

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial



**Estudio comparativo del software
específico para el cálculo de instalaciones
de urbanismo industrial. Aplicación a un
caso concreto.**

Titulación: Ingeniería Industrial
Intensificación: Construcciones e
Instalaciones Industriales
Alumno/a: Juan Luis Paredes Ortiz
Director/a/s: M^a Socorro García Cascales

Cartagena 20 de Junio de 2008

MEMORIA PFC

Índice

1.0 Introducción y objeto del proyecto.....	3
2.0 Descripción global de los programas utilizados.....	5
2.1 DMelect 2006.....	5
2.2 CYPE ingenieros 2007.....	8
2.3 Procedimientos Uno 2004.....	11
2.4 Comparativa global y conclusiones.....	16
3.0 Estudio individual de cada uno de los módulos para el cálculo de infraestructuras urbanas.....	19
3.1 Módulos para el cálculo de instalaciones eléctricas.....	19
3.1.1 Introducción: Descripción del diseño de una red de suministro eléctrico.....	19
3.1.2 Módulo de electrificación de DMelect: Instalaciones de urbanización.....	23
3.1.3 Módulo de electrificación de CYPE.....	44
3.1.4 Módulo de electrificación de Procedimientos Uno: BTwin.....	61
3.1.5 Comparativa de los módulos de electrificación y conclusiones.....	76
3.2 Módulos para el cálculo de instalaciones de abastecimiento de agua.....	89
3.2.1 Introducción: Descripción del diseño de una red de abastecimiento de agua.....	89

3.2.2 Módulo de abastecimiento de agua de DMelect: ABASTwin.....	91
3.2.3 Módulo de abastecimiento de agua de CYPE.....	101
3.2.4 Módulo de abastecimiento de agua de Procedimientos Uno: RAWin.....	115
3.2.5 Comparativa de los módulos de abastecimiento de agua y conclusiones.....	129
3.3 Módulos para el cálculo de instalaciones de alcantarillado.....	140
3.3.1 Introducción: Descripción del diseño de una red de alcantarillado.....	140
3.3.2 Módulo de alcantarillado de DMelect: ALCANwin....	143
3.3.3 Módulo de alcantarillado de CYPE.....	153
3.3.4 Módulo de alcantarillado de Procedimientos Uno: SUwin.....	168
3.3.5 Comparativa de los módulos de alcantarillado y conclusiones.....	183
4.0 Aplicación a un caso concreto.....	195
4.1 Resultados para el cálculo de la instalación eléctrica.....	196
4.2 Resultados para el cálculo de la instalación de abastecimiento de agua.....	222
4.3 Resultados para el cálculo de la instalación de alcantarillado..	248
5.0 Conclusiones finales.....	271
6.0 Apéndices.....	275

1.0 - Introducción y objeto del proyecto -

El proyecto que se va a desarrollar a continuación surge dentro del ámbito de la asignatura de urbanismo industrial, dentro de la titulación de ingeniero industrial de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales (ETSII) de la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT), como Proyecto Fin de Carrera para la obtención del título de Ingeniero Industrial. El urbanismo se puede entender como el “arte de proyectar” y construir zonas de concentración humana de manera que se garanticen todas las premisas que aseguren para el hombre una vida digna o como en nuestro caso, al tratarse de un polígono industrial, se cubran las necesidades para el desarrollo de la actividad industrial que va a llevarse a cabo en la zona. Se hará necesario, por tanto, un sistema de instalaciones que sea capaces cubrir las necesidades de la zona, tales como una adecuada red de abastecimiento de agua, una red de alcantarillado, una red eléctrica y de alumbrado público, una red de transmisión de la información e incluso una red de gas.

Pues bien, para poder diseñar y calcular dichas instalaciones urbanas, surgen dentro del mercado distintos tipos de software capaces de abarcar este problema. Dado que cada uno de estos programas presenta su propia idiosincrasia, el objeto de este proyecto será describir y analizar el funcionamiento de cada uno de ellos, para finalmente realizar un estudio comparativo de las ventajas e inconvenientes que presentan. Así nos centraremos en tres de los más importantes tipos de software para el cálculo y diseño de instalaciones urbanísticas como son DMelect 2006, CYPE 2007 y Procedimientos Uno (comúnmente llamado Procuno). He de decir que dada la dificultad de poder trabajar con una versión más moderna de Procuno sin licencia, la versión que utilizaremos será del 2004, que para el objetivo de poder realizar la comparativa será suficiente.

El guión que se va a seguir en el desarrollo del proyecto va a ser el siguiente: En primer lugar voy a hacer una breve descripción del software que utilizaré para el desarrollo del proyecto, así como de la empresa encargada de desarrollar dicho software. Esto consiste en describir globalmente cada uno de los programas y los módulos que los integran (pues como veremos los programas con los que trabajaremos no se limitan sólo al cálculo de instalaciones de urbanismo sino que son más globales). A continuación pasaré a describir, analizar y comparar de una manera más profunda cada uno de los módulos específicos para el cálculo de instalaciones urbanas, para finalmente aplicar cada uno de los distintos programas a un caso concreto de polígono industrial, de manera que se

vean en la practica las ventajas e inconvenientes anteriormente analizadas. Una vez hecho esto, veremos a que conclusiones finales nos lleva todo lo anterior.

2.0 - Descripción global de los Programas -

Como se ha comentado, en primer lugar se va hacer una breve descripción a nivel global del software que utilizare a lo largo del proyecto, la empresa encargada de desarrollar dicho software y los módulos que integran cada uno de los programas. Una vez hecho esto, se va a llevar a cabo una comparativa a nivel global de los tres programas objeto de este proyecto, para ver que tipo de instalaciones urbanas son capaces de abordar cada uno de ellos.

2.1 - DMelect -

Se trata de una empresa situada en Albox (Almería), dedicada al desarrollo de software para instalaciones de ingeniería, arquitectura y construcción. Lleva desarrollando este tipo de software desde el año 1.989 y es una empresa líder en este sector. Es un punto de referencia para otras empresas y profesionales, que siempre ha estado en vanguardia en investigación y desarrollo.

El software técnico desarrollado por DMelect es capaz de resolver un proyecto de forma completa (memoria descriptiva, anexo de cálculos, pliego de condiciones, medición y planos) de una forma fácil e intuitiva. Como veremos más adelante, se trata del programa que posee el manejo más sencillo, y del programa que resuelve nuestro proyecto de la manera más completa de los tres programas objeto de nuestra comparativa.

Entre el tipo de software que desarrolla encontramos dos grandes grupos. Por un lado desarrolla un tipo de software específico para instalaciones de edificación, y por el otro para instalaciones de urbanización y que será el que utilizaré para el desarrollo de mi proyecto. Veamos cuales son los módulos que integran cada uno de los programas:

1-) Software para instalaciones de edificación: Esta integrado por los siguientes módulos:

- a) CIEBT: Es un programa de cálculo de instalaciones eléctricas de baja tensión en edificios singulares de cualquier uso (administrativo, residencial, docente, hospitalario, etc), locales comerciales con cualquier actividad (reunión, espectáculos públicos, etc) e industrias de todo tipo (alimentaria, textil, productos químicos, vidrio, cerámica y cemento, metálica básica, transporte, transformados metálicos, almacenaje, etc).

- b) VIVI: Es un programa de cálculo de instalaciones eléctricas en edificios de viviendas o en los que haya una centralización de contadores. Cálculo de la previsión de cargas del edificio, de las instalaciones de enlace y de todos los cuadros particulares (viviendas, servicios generales, garaje, locales, etc). Viviendas de grado básico y elevado, caída de tensión específica para viviendas (diferente a cuadros para otros usos), etc.
- c) FONTA: Es un programa de cálculo de instalaciones de fontanería (agua fría y agua caliente sanitaria) en edificios de cualquier uso (vivienda, administrativo, residencial, docente, etc), locales comerciales con cualquier actividad e industrias de todo tipo. Grifos, hidromezcladores y fluxores, depósitos, grupos de presión, válvulas reductoras, circuito de retorno de agua caliente, calentadores, etc.
- d) SANEA: Es un programa de cálculo de instalaciones de saneamiento en edificios de cualquier uso (vivienda, administrativo, residencial, docente, etc), locales comerciales con cualquier actividad e industrias de todo tipo. Evacuación de aguas residuales, fecales y pluviales con cualquier sistema de evacuación: unitario, separativo o mixto. Bombeo de aguas bajo cota del alcantarillado urbano.
- e) IPCI: Es un programa de cálculo de instalaciones de protección contra incendios por agua en edificios de cualquier uso (vivienda, administrativo, residencial, docente, garaje o aparcamiento, etc), locales comerciales con cualquier actividad e industrias de todo tipo. Redes contra-incendios para BIES, hidrantes y rociadores. Redes malladas y ramificadas.
- f) GASCOMB: Es un programa de cálculo de instalaciones receptoras de gases combustibles en edificios de cualquier uso (vivienda, residencial, hospitalario, etc), locales comerciales con cualquier actividad e industrias de todo tipo. Gas manufacturado (ciudad), gas natural, propano y butano. Conexión a red o a depósitos de almacenamiento con cualquier presión (AP, MPB, MPA o BP).
- g) AIRE-COMP: Es un programa de cálculo de instalaciones de aire comprimido y gases industriales (oxígeno, nitrógeno, acetileno, etc) en edificios de cualquier uso (residencial, hospitalario, etc), locales comerciales con cualquier actividad e industrias de todo tipo. Conexión a red o a compresores, depósitos de almacenamiento, reductores de presión, etc.

- h) CATE: Es un programa de cálculo de cargas térmicas para invierno y verano en edificios de cualquier uso (vivienda, comercial, administrativo, residencial, docente, etc) con diseño totalmente gráfico en planta.
- i) CONDUCTOS: Es un programa de conductos de aire para ventilación y climatización con diseño totalmente gráfico en planta. Como su propio nombre indica, este programa le permitiría dibujar y calcular instalaciones para ventilación de edificios (parkings, cocinas industriales, restaurantes, industrias, etc) y climatización de todo tipo de establecimientos en régimen de refrigeración o calefacción, siempre y cuando el sistema empleado sea el de conductos de aire. Ventiladores o acondicionadores, codos, derivaciones, bifurcaciones, transiciones, obstáculos, entradas y salidas de aire, etc.

2-) Software para instalaciones de urbanización: Esta integrado por los siguientes módulos:

- a) ALP: Es un programa de cálculo de redes de alumbrado público situadas en urbanizaciones de todo tipo (uso vivienda, comercial, industrial, servicios, etc), en el medio rural, en túneles, viales de travesías, vías rápidas, etc. Luminarias de cualquier potencia.
- b) REDBT: Es un programa de cálculo de redes eléctricas de distribución de baja tensión situadas en urbanizaciones de todo tipo (uso vivienda, comercial, industrial, servicios, etc) y en el medio rural. Trabaja con redes malladas o ramificadas bien sean aéreas, subterráneas o receptoras interiores.
- c) REDAT: Es un programa de cálculo de redes eléctricas de distribución de alta tensión situadas en urbanizaciones de todo tipo (uso vivienda, comercial, industrial, servicios, etc) y en el medio rural. Redes malladas y ramificadas hasta 66 kV.
- d) CMBT: Es un programa de cálculo mecánico de líneas eléctricas aéreas de baja tensión situadas en el medio rural o en urbanizaciones donde no se pueda ejecutar la red eléctrica enterrada en zanja o posada sobre fachada. Cálculo mecánico de conductores, apoyos y cimentaciones en todas las hipótesis reglamentarias.
- e) CMAT: Es un programa de cálculo mecánico de líneas eléctricas aéreas de alta tensión situadas en el medio rural o en urbanizaciones donde no se pueda ejecutar la red eléctrica enterrada en zanja.

Cálculo mecánico de conductores, aisladores, apoyos y cimentaciones en todas las hipótesis reglamentarias.

- f) CT: Es un programa de cálculo de centros de transformación de interior tipo prefabricado, de interior tipo obra y tipo intemperie.
- g) ABAST: Es un programa de cálculo de redes de abastecimiento de agua situadas en urbanizaciones de todo tipo (uso vivienda, comercial, industrial, servicios, etc) y en el medio rural. Redes malladas y ramificadas.
- h) ALCAN: Es un programa de cálculo de redes de alcantarillado situadas en urbanizaciones de todo tipo (uso vivienda, industrial, servicios, etc) y grandes áreas comerciales. Sistemas unitario y separativo.

Nota: Los tres primeros módulos (ALP, REDBT y REDAT) están integrados en un único programa llamado instalaciones de urbanización.

2.2 - CYPE Ingenieros -

Se trata de una empresa cuya sede principal esta situada en Alicante, y se dedicada al desarrollo de software específico aplicado a ingeniería, arquitectura y construcción. Leva más de 20 años desarrollando este tipo de software y actualmente ocupa una posición de liderazgo gracias al éxito de sus programas, avalados por la certificación de calidad ISO 9002/94, y que abarcan diversos campos dentro del mundo de la ingeniería, arquitectura y construcción, tales como cálculo de estructuras (CYPECAD y Metal), elementos estructurales de contención y de aislamiento, obra civil e instalaciones de edificación y urbanización. También es capaz de generar presupuestos y precios de obra, así como gestionar diversos aspectos dentro de un proyecto de edificación o urbanización como certificaciones o pliegos de condiciones. Es por tanto un tipo de software más global que DMelect que se limita a instalaciones de edificación y urbanización.

Veamos un poco la descripción de cada uno de los programas que forman parte de CYPE y de los módulos que los integran:

1-) Cálculo de estructuras CYPECAD: Concebido para realizar el cálculo y dimensionamiento de estructuras de hormigón armado y metálicas, sometidas a acciones horizontales y verticales, para viviendas, edificios y proyectos de obra civil. Incluye elementos como vigas, soportes, forjados, escaleras y cimentaciones.

2-) Calculo de estructuras Metal: Concebido para realizar cálculos de estructuras en tres dimensiones de barras de acero, madera, hormigón o cualquier otro material. Si la estructura es de barras de madera o de acero, puede obtener su dimensionamiento y optimización de perfiles. Está compuesto por los siguientes módulos:

a) Metal 3D: Es un ágil y eficaz programa pensado para realizar el cálculo de estructuras en 3 dimensiones de barras de madera y de acero, incluida su cimentación con zapatas, encepados, correas de atado y vigas centradoras. Además, obtiene su redimensionamiento y optimización máxima.

b) Nuevo Metal 3D: Coexiste con Metal 3D y se ha desarrollado para ofrecer al usuario un software de mayores prestaciones con relación al dimensionamiento de estructuras de acero y de madera (cálculo de uniones, tirantes, etc).

c) Generador de pórticos: Es una útil herramienta con la que es posible dimensionar las correas metálicas de cubiertas y laterales de fachadas, optimizando el perfil y la separación entre correas.

3-) Generador de precios de la construcción: Se trata de una herramienta informática que permite a los arquitectos y responsables de los proyectos obtener precios con las previsiones de costes ajustadas al máximo a la realidad dependiendo de la zona geográfica en la que se encuentren dentro del territorio español.

4-) Predimensionadores de mediciones y presupuestos: Son los programas informáticos que generan presupuestos y mediciones de viviendas con estructura de capítulos, desglose de partidas y medición detallada que podrá exportar a Arquímedes (Programa de Mediciones, Presupuestos, Certificaciones, Pliegos de Condiciones, Libro del Edificio y control de obra de CYPE Ingenieros) o a cualquier otro programa de mediciones y presupuestos actual mediante el formato estándar FIEBDC-3. También genera automáticamente el pliego de condiciones adaptado al CTE para poder imprimirlo desde Arquímedes.

5-) Generadores de presupuestos: Son los programas informáticos que recogen los presupuestos de viviendas generados por los Predimensionadores de mediciones y presupuestos de CYPE Ingenieros para optimizarlos. Por tanto, heredan las ventajas que aportan tanto los Predimensionadores de mediciones y presupuestos, como el Generador de precios de la construcción.

6-) Grupo gestión de obra: Esta formado por una serie de módulos interconectados que permiten realizar las siguientes tareas:

- Con Arquímedes, se puede crear un presupuesto de obra, con mediciones, certificaciones, y pliegos de condiciones.
- Con Arquímedes y Control de Obra, podrá realizar un control presupuestario de obra, además de todas las utilidades de Arquímedes descritas anteriormente. Es posible utilizar diferentes niveles de control. Cada nivel incluye las posibilidades y comprobaciones del anterior.
- Con Cypedoc. Manual de Uso y Mantenimiento del Edificio, podrá generar el manual de uso y mantenimiento del edificio. La obtención de la documentación puede ser automática utilizando algunos de los bancos de precios más representativos del sector.
- Con Cypedoc. Libro del Edificio, podrá elaborar toda la documentación relacionada con el libro del edificio, incluido el manual de uso y mantenimiento. La obtención de la documentación puede ser automática, del mismo modo que para Cypedoc. Manual de Uso y Mantenimiento.

7-) Elementos estructurales: conjunto de programas para el cálculo, dimensionamiento y dibujo de elementos singulares de las estructuras. Algunos de ellos son resueltos por CYPECAD, pero por el hecho de ser elementos tan importantes y repetitivos dentro de una obra merecen que tengan un software propio. Está formado por diversos módulos: Análisis de Punzonamiento, Escaleras, Losas Macizas Apoyadas, Ménsulas Cortas, Muros de Sótano, Vigas de gran canto y Elementos de Cimentación.

8-) Elementos de contención: Programas para el cálculo y dimensionamiento de elementos de contención. Incluye dos módulos: muros en ménsula de hormigón armado (Programa diseñado para el dimensionamiento y comprobación de muros de hormigón armado, trabajando en ménsula, para contención de tierras) y muros pantalla (Diseñado para el dimensionamiento y comprobación de muros pantalla genéricos de cualquier material, de hormigón armado, de pilotes de hormigón in situ, de cortinas de micropilotes, y de tablestacas metálicas; con dimensionamiento de las armaduras para los de hormigón armado).

9-) Obra civil: Actualmente está disponible el programa Marcos para pasos inferiores de carreteras, no obstante CYPE Ingenieros tiene como proyecto desarrollar más programas dirigidos al campo de la Ingeniería Civil.

10-) Elementos de aislamiento: Elementos de aislamiento es un grupo de programas desarrollados para obtener las Fichas justificativas relativas al aislamiento térmico y acústico de un edificio. Está formado por 3 módulos: Ahorro de energía, condiciones acústicas en los edificios y cálculo del coeficiente de transmisión térmica.

11-) Instalaciones de edificación: Está compuesto por dos módulos:

a) Instalaciones del edificio: Calcula, dimensiona y comprueba instalaciones de fontanería, gas, contra incendios (BIE y rociadores), saneamiento, telecomunicaciones, electricidad, y climatización y aislamiento en los edificios.

b) CYPELEC: Instalaciones eléctricas de baja tensión: Calcula, dimensiona y comprueba instalaciones eléctricas en baja tensión para viviendas, locales comerciales, oficinas, industrias e instalaciones generales de edificación.

12-) Instalaciones de urbanización: Es formado por cuatro módulos desarrollados para el cálculo, diseño, comprobación y dimensionamiento óptimo automático de conducciones de alcantarillado, agua potable, gas y energía eléctrica. Es por tanto la parte del programa CYPE en la que me centraré para la comparativa con DMelect y Procuno.

Nota: El módulo de electrificación de CYPE calcula tanto instalaciones eléctricas tanto de alta como de baja tensión. En el caso de instalaciones de baja tensión, a diferencia del módulo de DMelect (REDBT) y del módulo de Procuno (BTwin), se limita al cálculo de redes eléctricas aéreas y subterráneas, pues el cálculo de instalaciones receptoras interiores lo abarca CYPELEC. Tampoco calcula, como veremos, redes de alumbrado público.

2.3 - Procedimientos Uno -

Procedimientos Uno está ubicado en el Parque Tecnológico de Andalucía, en Campanillas (Málaga) y se dedica al desarrollo de software técnico específico para arquitectura, ingeniería industrial y construcción desde 1.989. Al igual que CYPE es más global que DMelect, pues abarcan diversos campos dentro del mundo de la ingeniería, arquitectura y construcción, tales como cálculo de estructuras en 2D y 3D (Hormigón, acero, madera, cimentaciones y otros) , instalaciones en edificios,

infraestructuras urbanas, proyectos y gestión, y conjuntos de aplicaciones en línea con el código técnico de la edificación (Seguridad estructural, seguridad contra incendios, salubridad, Protección ruido, ahorro de energía y seguridad de utilización).

Veamos un poco la descripción de cada uno de los programas que forman parte de Procuno y de los módulos que los integran:

1-) Calculo de estructuras en 2D: Conjunto de aplicaciones aisladas, adaptadas al CTE, para el cálculo de elementos específicos en condiciones bien determinadas, cubriendo ámbitos desde las naves industriales hasta el cálculo de muros y cimentaciones. Las aplicaciones cuentan con herramientas de dibujo en plano, intercambio de ficheros de dibujo DWG/DXF, modelado de los elementos de la estructura, impresión de planos, medición de material, obtención de diagramas de esfuerzos, etc.

Podemos distinguir entre 4 subgrupos:

- a) Hormigón. Lo integran las siguientes aplicaciones: CHwinEXE (control de calidad del hormigón y del acero), DPwinEXE (Piscinas y depósitos), MHwinEXE (Muros ménsula), MSwinEXE (Muros de sótano) y PCwinEXE (Muros pantalla).
- b) Acero. Integrado únicamente por ENwin (Estructuras para naves).
- c) Cimentaciones. Lo integran las siguientes aplicaciones: ZawinEHE (Zapatas aisladas), ZCwinEXE (Zapatas continuas) y ZNwinEHE (Zapatas de naves industriales).
- d) Otros. Integrado únicamente por NSwin (Norma sismorresistente).

2-) Calculo de estructuras en 3D ESwin: Aplicación modular, adaptada al CTE, integrada para el diseño y cálculo estructural tridimensional. La aplicación base de cálculo tridimensional, ESwin, cuenta con módulos genéricos y especializados según material y tipología estructural. La aplicación cuenta con herramientas de dibujo en plano y el espacio, siendo uno de los mejores motores gráficos del mercado con opciones de intercambio de ficheros de dibujo DWG/DXF, modelado de los elementos de la estructura, impresión de planos, medición de material, obtención de diagramas de esfuerzos, etc.

Podemos distinguir entre 5 subgrupos:

- a) Hormigón. Lo integran las siguientes aplicaciones: EHwin (Estructuras de hormigón armado), FUwin (Forjados unidireccionales), LHwin (Losas de cimentación), LMwin (Forjados de losa maciza), VFwin (vigas flotantes de cimentación) y ZEwin (zapatas en estructuras).
- b) Acero. Lo integran las siguientes aplicaciones: CUwin (Cubiertas ligeras de acero), EAwin (Estructuras de acero), NAwin (Nudos apoyos de acero) y NUwin (Nudos uniones de acero).
- c) Madera. Lo integran las siguientes aplicaciones: CMwin (Cubiertas y forjados de madera) y EMwin (estructuras de madera).
- d) Cimentaciones. Lo integran las siguientes aplicaciones: LHwin (Losas de cimentación), VFwin (Vigas flotantes de cimentación) y ZEwin (Zapatas en estructuras).
- e) Otros. Lo integran las siguientes aplicaciones: CEwin (Cargas en estructuras, ESwin (Estructuras tridimensionales), GEwin (Generador de estructuras), RFwin (Estabilidad al fuego de las estructuras) y SBwin (Superficies bidireccionales).

3-) Instalaciones en edificios: Conjunto de aplicaciones para el diseño y cálculo de instalaciones adaptadas a la normativa vigente. Desde aplicaciones para el campo de la electrotecnia hasta los sistemas de climatización pasando por instalaciones industriales. Orientadas tanto a las instalaciones edilicias de vivienda como las aplicaciones industriales, las aplicaciones cuentan con herramientas de dibujo para trabajar en planta, completado en la mayor parte de ellas con visualizaciones tridimensionales, e intercambio con ficheros de dibujo DWG/DXF.

Está formado por 8 subgrupos:

- a) Eléctricas. Lo integran las siguientes aplicaciones: BTwin (Instalaciones de baja tensión), CRwin (Instalaciones conectadas a red), IFwin (Instalaciones fotovoltaicas), ILwin (Iluminación de interiores), BCwin (Baterías de condensadores) y MTwin (Memorias técnicas de diseño).
- b) Climatización. Lo integran las siguientes aplicaciones: STwin (instalaciones solares térmicas), CLwin (Cargas térmicas para climatización), DAwin (Distribución de aire), HUwin (Chimeneas),

ICwin (Climatización por agua), SRwin (Calefacción por suelo radiante).

c) Fontanería y gas. Lo integran las siguientes aplicaciones: TK-HS4 (Suministro de agua), TK-IG (Instalaciones receptoras de gas), SEwin (Saneamiento en edificios) y ASwin (Agua caliente sanitaria).

d) Seguridad e incendios. ROwin (Rociadores automáticos de agua), TK-SI (Seguridad en caso de incendio), TK-SU8 (Calculo de protección contra el rayo), ERwin (Evaluación del riesgo de incendio) y SIwin (Seguridad contra incendios en industrias).

e) Telecomunicaciones. Formado únicamente por ITwin (Infraestructura común de telecomunicaciones).

f) Industriales. Lo integran las siguientes aplicaciones: ACwin (Instalación y distribución de aire comprimido), CFwin (Cámaras frigoríficas), DDwin (Depósitos de combustibles y derivados del petróleo) y SIwin (Seguridad contra incendios en industrias).

g) Energías renovables. Lo integran las siguientes aplicaciones: STwin (Instalaciones solares térmicas), CRwin (Instalaciones conectadas a red) y IFwin (Instalaciones fotovoltaicas).

h) Otros. Lo integran las siguientes aplicaciones: Tekton 3D (Edificación e instalaciones), AIwin (Calidad del aire interior) e IAWin (Ascensores).

4-) Infraestructuras urbanas: Conjunto de aplicaciones para el diseño y cálculo de infraestructuras urbanas de todo tipo adaptadas a la normativa vigente. Orientadas a las infraestructuras urbanas, las aplicaciones cuentan con herramientas de dibujo para trabajar en planta y sobre un topográfico del terreno con intercambio con ficheros de dibujo DWG/DXF. Mediciones en formato estándar. Esta será la parte del programa en la que nos centraremos para realizar la comparativa.

Está formado por 3 subgrupos:

a) Agua y alcantarillado. Lo integran las siguientes aplicaciones: DRwin (Depuración de aguas residuales), RAWin (Redes de abastecimiento de agua) y SUwin (Saneamiento urbano).

b) Eléctricas. Lo integran las siguientes aplicaciones: BTwin (Instalaciones de baja tensión subterráneas o receptoras interiores), CTwin (Centro de transformación), ETwin (Electrodos de tierra), LAwin (Líneas aéreas de alta tensión) y LBwin (Líneas aéreas de bata tensión).

c) Gas. Lo integran las siguientes aplicaciones: GSwIn (instalaciones de gas) y DGwin (Depósitos de gas).

5-) Gestión y proyectos: Aplicaciones que facilitan la obtención de la documentación de un proyecto: mediciones, presupuestos y certificaciones de obra, pliego de condiciones generales, anexos de seguridad y salud, etc. Aplicaciones de uso general para el diseñador, estudio de arquitectura o gabinete de ingeniería que permiten: Edición y tratamiento de archivos DXF/DWG, dibujos y textos parametrizados. Y aplicaciones destinadas a la contabilidad y gestión del estudio profesional.

Está formado por 3 subgrupos:

a) Proyectos. Lo integran las siguientes aplicaciones: EBwin (Estudio básico de seguridad y salud), MPwin (Mediciones y presupuestos), PLwin (pliegos de condiciones) y SSwIn (seguridad y salud).

b) Gestión. Integrado por un único módulo: CNwin (Contabilidad profesional para estudios).

c) Normativa y documentos. Lo integran las siguientes aplicaciones: TPwin (Topografía y perfiles longitudinales), DXwin (Gestor de DFX), GDwin (Gestión de documentos), MEwin (Mantenimiento del edificio), PRwin (Parametrizador de documentos) y PXwin (Parametrizador de planos).

Vemos por tanto que Procedimientos uno esta formado por muchas aplicaciones, que en algunos casos son extremadamente específicas, lo que nos permite escoger exactamente el programa que estamos buscando. Además, de los tres programas objeto de la comparativa, es el más completo de todos pues posee módulos específicos, que por ejemplo no tienen ni DMelect ni CYPE, como DGwin (Cálculo de depósitos de gas) u otras aplicaciones para climatización como STwin (instalaciones solares térmicas) o energías renovables IFwin (Instalaciones fotovoltaicas). Eso si en cuanto a calidad de los programas ofertados el más reconocido es CYPE ingenieros.

2.4 - Comparativa global y conclusiones -

Veamos un poco a modo de comparativa los módulos de que disponemos con cada programa para el cálculo y diseño de instalaciones urbanas, que será en la parte en la que nos centraremos durante la realización del proyecto:

Módulos disponibles para cada programa			
Tipo de Instalación	DMelect	CYPE	Procuno
Abastecimiento de agua	Módulo ABAST	Módulo de abastecimiento de agua	Módulo RAwin
Alcantarillado	Módulo ALCAN	Módulo de Alcantarillado	Módulos SUwin y DRwin
Red Eléctrica	Módulos REDBT, REDAT, CMBT, CMAT y CT	Módulo de Electrificación	Módulos BTwin, LBwin, LAwin, CTwin.
Red de alumbrado público	Módulo ALP	No tiene módulo	Módulo BTwin y ETwin
Red de Gas	No tiene módulo	Módulo de gas	Módulos GSwIn y DGwin

Tabla 1: Tabla comparativa de los módulos de cada programa

Viendo la tabla, podemos sacar las siguientes conclusiones:

1-) Para el abastecimiento de agua, cada programa posee un único modulo (ABAST, módulo de abastecimiento de agua y RAwin respectivamente). Las ventajas e inconvenientes que presentan cada uno de ellos ya se verán más adelante.

2-) En cuanto al saneamiento, vemos que los tres programas tienen un modulo general para cálculo de redes de alcantarillado (ALCAN, Módulo de alcantarillado y SUwin respectivamente) cuyas ventajas e inconvenientes analizaremos más adelante. Procuno además incluye un modulo específico de depuración de aguas residuales (DRwin) que no poseen ni CYPE ni DMelect.

3-) Para las instalaciones eléctricas tenemos que:

a) Para el cálculo de redes eléctricas de baja tensión disponemos de los siguientes módulos: REDBT (Redes aéreas, subterráneas o interiores receptoras), Módulo de electrificación (Redes aéreas y subterráneas) y BTwin (Redes subterráneas o interiores receptoras) respectivamente. Nosotros nos centraremos en comparar las ventajas e inconvenientes de estos módulos. Aquí hay que indicar Procuno utiliza un módulo diferente (LBwin) en el caso que la instalación de baja tensión sea aérea. Además este módulo realiza el cálculo mecánico de la línea aérea. DMelect para el cálculo mecánico de líneas aéreas de baja tensión tiene un módulo específico (CMBT). CYPE que sólo posee un único módulo electrificación, puede calcular líneas eléctricas tanto aéreas como subterráneas. Sin embargo no calcula mecánicamente la línea, en caso de que esta sea aérea, ni tampoco calcula instalaciones eléctricas en baja tensión receptoras interiores, pues como ya dije este tipo de instalaciones lo abarca CYPELEC.

b) Para el cálculo de redes eléctricas de alta tensión DMelect posee un módulo específico para su cálculo (REDAT) y otro específico para su cálculo mecánico en caso que sea aérea (CMAT). Por otro lado el módulo de electrificación de CYPE también calcula redes eléctricas de alta tensión, aunque no las calcula mecánicamente en caso de que estas sean aéreas. Por último, Procuno sólo tiene un módulo adaptado (LAWin) para el cálculo eléctrico y mecánico de líneas aéreas, luego no calcula redes de alta tensión en caso que estas sean subterráneas.

c) Por último para el cálculo de centros de transformación solo DMelect y Procuno dispone de módulos específicos para su cálculo (CT y CTwin respectivamente).

4-) En cuanto al alumbrado público, sólo DMelect y Procuno poseen módulos para su cálculo (ALP y BTwin respectivamente). Además Procuno incluye un módulo específico para el cálculo de los electrodos de puesta tierra para la protección frente a contactos indirectos ETwin. En el caso de DMelect esto está ya incluido dentro del módulo ALP, aunque Procuno al tener un módulo adicional para este tipo de cálculos es más completo que DMelect.

5-) Por último, para el cálculo de redes de gas sólo CYPE y Procuno poseen módulos para su cálculo (Módulo de gas y GSwIn respectivamente). De nuevo Procuno incluye un módulo específico para el cálculo de depósitos de gas DGwin.

En conclusión podemos decir que Procuno es en cuanto a nivel global, el programa más completo de todos pues mientras que, por ejemplo, DMelect no posee módulo para instalaciones de gas y CYPE no posee módulo para el cálculo de alumbrado público, Procuno posee módulos para abordar todo tipo de instalaciones, bien sean de abastecimiento, alcantarillado, eléctricas, alumbrado o de gas. Además Procuno tiene módulos muy específicos, que en algunas ocasiones se adaptan justo a lo que estamos buscando. Por contra, deberemos adquirir licencias adicionales para poder utilizarlos.

Eso sí, en cuanto al tema del cálculo de instalaciones eléctricas, el programa más completo de los tres a nivel global es DMelect, pues calcula redes eléctricas de baja y alta tensión tanto aéreas como subterráneas (recordar que Procuno sólo calcula líneas de alta tensión en caso que sean aéreas con LAwin), así como su cálculo mecánico. Además como vimos, al igual que Procuno, también permite calcular centros de transformación. Muy atrás en este apartado queda CYPE, pues solo dispone de un módulo de electrificación que como vimos no hace el cálculo mecánico de líneas aéreas, ni calcula instalaciones eléctricas receptoras interiores, ni tampoco calcula centros de transformación.

3.0 - Estudio individual de cada uno de los módulos de cálculo de instalaciones urbanas -

A continuación, paso a describir cada uno de los módulos para cálculo de instalaciones urbanas para cada uno de los programas objeto de nuestra comparativa. Nos centraremos en instalaciones eléctricas de baja tensión, abastecimiento de agua y alcantarillado, pues son los tres tipos de infraestructuras más básicas a la hora de concebir un polígono industrial y porque además los tres programas analizados pueden abordar este tipo de instalaciones. Una vez hecha esta descripción, y siguiendo con el esquema llevado hasta ahora, haré una comparativa entre los módulos y llegaré una serie de conclusiones que luego veremos.

3.1 - Módulos de electrificación -

3.1.1 - Introducción: Descripción del diseño de una red de suministro eléctrico -

El objetivo fundamental en el diseño de una red de suministro eléctrico es proporcionar la potencia requerida en cada punto de consumo asegurando además la calidad que la reglamentación exige. El problema puede abordarse desde dos puntos de vista:

- 1-) Diseño: Suele ser el caso más habitual, en el que a partir de una serie de datos de consumo, que más adelante veremos como tenerlos en cuenta, se desea obtener las secciones adecuadas de los conductores eléctricos.
- 2-) Comprobación: A partir de una instalación ya diseñada, se desea conocer si cumple con las limitaciones de diseño impuesta por la reglamentación o consideradas a juicio del técnico.

Como veremos más adelante tanto CYPE como DMelect como Procuno, que son los tres programas objeto de nuestra comparativa, son capaces de abordar el problema desde los dos puntos de vista antes mencionados.

Por otro lado, tanto si se desea diseñar como comprobar es necesario tener en cuenta las siguientes pautas:

- 1-) Condiciones de suministro de potencia a los puntos de consumo: Como dijimos se hace necesario que la potencia eléctrica llegue a su punto de destino asegurando una calidad mínima exigida por el reglamento.

2-) Facilidad de construcción: Uso de materiales, secciones y otros elementos fácilmente disponibles en el mercado que se ajusten al reglamento tanto en sus dimensiones como en su comportamiento.

3-) Mantenimiento: Conseguir un buen funcionamiento de la instalación para evitar un excesivo y costoso mantenimiento correctivo facilitando el mantenimiento preventivo.

4-) Economía: Parte fundamental. En todos los proyectos se debe conseguir un coste razonable evitando en lo posible sobredimensionar.

Antes de comenzar el cálculo, para el cual cada programa tiene como veremos mas adelante su propia formulación, tenemos que haber recogido todos los datos necesarios:

1-) Tipo de instalación: Podemos tener de media (MT) y baja tensión (BT) o de alumbrado público. Nosotros nos centraremos en la red de BT que encargada de distribuir la potencia desde los centros de transformación hasta los nudos de consumo y de alumbrado público que distribuye la potencia necesaria para alimentar los puntos de luz que configuran la instalación. Como veremos CYPE, a diferencia de DMelect y Procuno NO calcula redes de alumbrado público.

2-) Potencia y numero de centros de transformación: Viene determinado por la potencia consumida de cada un de los sectores de la zona que queremos electrificar. Sabiendo los distintos usos del suelo la potencia total prevista se obtiene como la suma de:

$P_t = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7$ (kW), siendo

P_t Potencia total prevista.

P_1 Potencia total prevista para uso de viviendas.

P_2 Potencia total prevista para uso de centros de enseñanza.

P_3 Potencia total prevista para locales de uso publico.

P_4 Potencia total prevista para establecimientos hoteleros.

P_5 Potencia total prevista para establecimientos deportivos.

P_6 Potencia total destinada para uso industrial.

P_7 Potencia total destinada a abastecer la red de alumbrado.

Como es lógico nosotros nos centraremos en el cálculo de la P_6 y la P_7 que corresponden a consumos de zonas de suelo industrial. Para la estimación de P_6 se suele tomar 125 W/m² de planta, para edificios destinados a concentración de industrias, con un mínimo de 10.350 W a 230 V por local.

Con todo como norma general puede adoptarse un criterio único de asignar 250 KVA por hectárea de parcela lo que hace más sencillo la asignación de potencias. Por otro lado para la red de alumbrado público P7 se adoptará el valor de 2 W/m² de superficie de viales y espacios libres. También existen tablas con las que podemos determinar directamente la potencia destinada al alumbrado público P7 para el caso que dispongamos de un número determinado de luminarias de igual potencia. Una vez tenemos P6 y P7 pasamos a calcular el número teórico de centros de transformación necesarios para atender a la demanda solicitada en cuanto a densidad de energía resultante. Para ello calculamos la incidencia de potencia en baja tensión a nivel del centro de transformación, que para el caso de polígonos industriales se calcula del siguiente modo:

$$PCT(kVA) = \frac{\sum PBT(kW) \times 0.64}{0.9}$$

El término 0.64 que aparece en la ecuación es el resultado de aplicar un coeficiente por utilización de 0.8 y uno de simultaneidad de 0.8. Ni que decir tiene que, el término PBT es el resultado de sumar P6 y P7. Una vez tenemos esto, el número teórico de centros de transformación se determina en función de la densidad de energía y del tipo de CT adoptado del siguiente modo:

Densidad d = PCT(MVA)/Km ²	Número de CT
0 < d < 2	PCT(kVA)/250
2 < d < 4	PCT(kVA)/400
4 < d	PCT(kVA)/630

3-) Intensidad de los conductores: Es una de las principales limitaciones a la hora de dimensionar una red eléctrica. Cada material, dependiendo de su composición, aislamiento e instalación tiene una intensidad máxima admisible la cual corresponde a la que circulando por el cable en régimen permanente no causa desperfectos. Esta intensidad admisible, como veremos más adelante, viene especificada por el reglamento en función de las características de la instalación (Tipo de canalización, tipo de aislamiento, temperatura, número de agrupaciones de cables etc....).

4-) Tensión de consumo: Es la otra limitación a la hora de diseñar una red eléctrica. Será necesario asegurar en los puntos de consumo una tensión de alimentación cercana a la tensión nominal de la red eléctrica. Según el reglamento, como veremos, esta caída de tensión no debe superar, para el caso de instalaciones dedicadas al uso industrial o comercial, el 5 %

respecto a la nominal en instalaciones de BT y un 3% respecto a la nominal para la red de alumbrado.

5-) Selección de tipo de cable: Como dijimos a la hora del diseño de una instalación eléctrica es fundamental el tipo y la sección del cable, de manera que, la intensidad de diseño sea menor que la intensidad máxima admisible y que además se asegure una tensión mínima de consumo respecto de la nominal. A la hora de seleccionar el tipo de cable entran en juego los siguientes factores:

a) Material del conductor: Prácticamente los dos únicos utilizados son el cobre y el aluminio. El material determina la resistencia eléctrica del conductor y se expresa en Ω/Km .

b) Aislamiento: El nivel de aislamiento determina dos parámetros básicos. El rango de tensión válido para su uso, así como la reactancia del cable medida en Ω/Km , aunque a efectos prácticos en instalaciones de BT se suele despreciar dada su escasa importancia.

c) Secciones: Para cada material hay series predefinidas de secciones normalizadas. Como dijimos, la sección deberá ser la adecuada para que su intensidad admisible este por encima de la intensidad de diseño. Además secciones mayores proporcionan caídas de tensión menores pero a cambio encarecen el coste de la instalación.

6-) Normativa aplicable: Dependiendo del tipo de instalación eléctrica que tengamos (aérea, subterránea o receptora interior), el reglamento electrotécnico de baja tensión dispone de una serie de instrucciones técnicas complementarias, que contienen la normativa relacionada para cada tipo de instalación. Durante el proyecto, como veremos, sólo vamos a trabajar con instalaciones de baja tensión subterráneas, luego para no sobrecargar mucho la memoria, sólo voy a aportar la normativa que regula este tipo de instalaciones, es decir, la norma ITC-BT-07 aunque, eso sí, no la incluiré entera, solamente los apartados que me interesen. Más adelante, cuando estudiemos cada programa por separado haré referencia a la normativa que utiliza cada módulo a la hora de realizar los cálculos de cualquier tipo de instalación, bien sea subterránea, aérea o receptora interior, aunque no la incluiré pues como he dicho esto sobrecargaría innecesariamente la memoria. Todo esto puede verse con detalle en el apéndice 1. También puede verse la normativa relacionada (un poco de manera resumida, de nuevo con la idea de no sobrecargar mucho la

memoria) con la protección de redes eléctricas frente a sobretensiones, es decir, la norma UNE 20460, ITC-BT-22.

3.1.2 - Módulo de electrificación de DMelect: Instalaciones de urbanización -

Descripción básica

Este programa está compuesto por 4 módulos a los que se puede acceder pinchando en la pestaña correspondiente. Así esta compuesto por un módulo base, utilizado para la configuración gráfica de la urbanización, el módulo ALP utilizado para el cálculo y diseño de instalaciones de alumbrado público, y los módulos REDBT y REDAT concebidos para el cálculo y diseño de instalaciones eléctricas de baja y alta tensión respectivamente. Esta configuración del programa difiere claramente como veremos frente a CYPE y Procuno pues estos están formados por un único módulo.

1-) Modulo base: Configuración gráfica de la urbanización

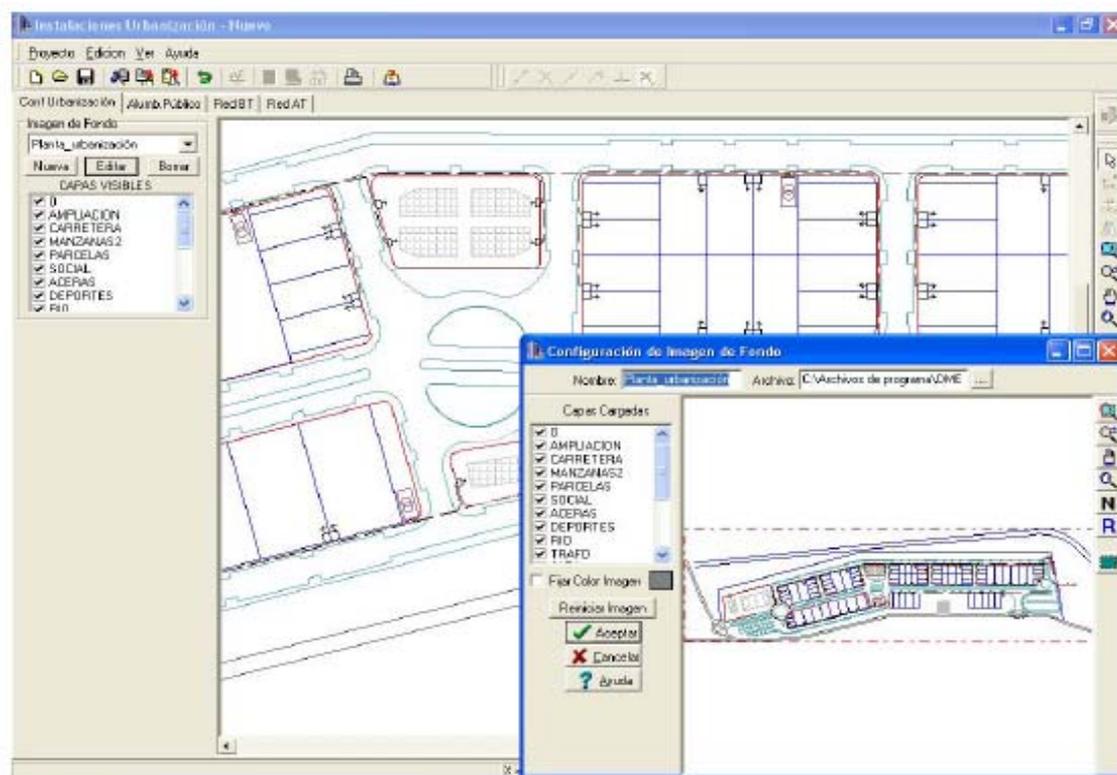


Fig. 1: Aspecto general del módulo base

Es la herramienta de tratamiento gráfico de la imagen la de urbanización. En la ventana lateral izquierda se encuentra la ventana de propiedades donde están todas las opciones de tratamiento de la imagen: Selección de

una imagen, cargar una imagen nueva, editar o borrar la imagen cargada así como seleccionar las capas visibles.

Por otro lado en la zona central de la pantalla aparecerá la imagen cargada tras una previa configuración de la imagen de fondo. La ventana de configuración de imagen de fondo puede resultar sencilla pero tiene opciones bastante útiles como:

1-) Descartar las capas que no vayamos a necesitar.

2-) Cambiar el nombre del archivo.

3-) Capturar solo una zona del dibujo : Una de las aplicaciones mas importantes es que hay casos en los que la imagen importada tiene una zona de influencia muy grande de manera que el dibujo del polígono nos aparece muy pequeño, de hay que si capturamos sólo la imagen pequeña del polígono el programa descarta el resto del dibujo y la imagen nos aparece con un tamaño adecuado.

4-) Fijar color de la imagen de fondo : Asocia un mismo color a todas las entidades del dibujo. Además si le asociamos un color difuso como gris oscuro, permite que las instalaciones bien de alumbrado, BT o AT resalten sobre el resto del dibujo, mejorando su apreciación.

2-) Modulo I ALP: Redes de alumbrado público.

Este modulo permite dibujar y calcular eléctricamente redes de alumbrado publico (no realiza cálculo luminotécnico al no disponer de datos luminotécnicos) con distribución ramificada, mallada o mixta, con cualquier sistema de canalización, suministro y material.

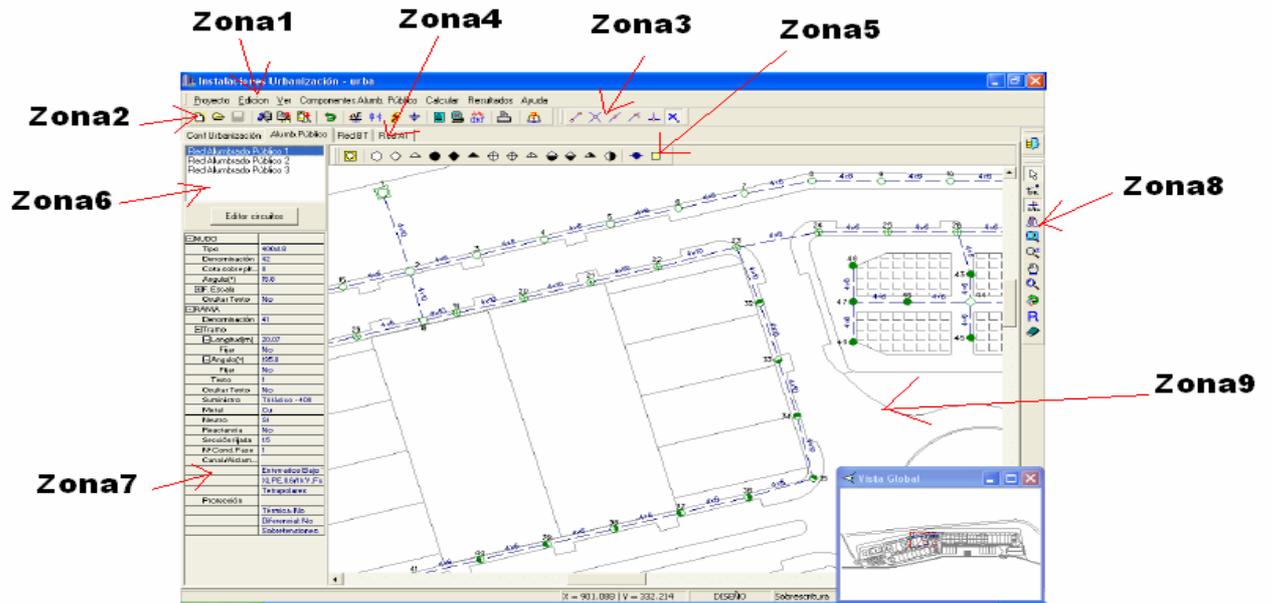


Fig. 2: Aspecto general del módulo de alumbrado

A grandes rasgos el programa presenta 9 zonas bien diferenciadas:

- Zona 1: Menú general de opciones que engloba todas las funciones y opciones que se pueden ejecutar con el programa y que se encuentra en la parte alta de la pantalla: Proyecto, edición, ver, componentes de alumbrado, calcular, resultados y ayuda. Entre los componentes que podemos introducir en la red de alumbrado tenemos:

- a) Cuadro de mando: Es el nudo que suministra energía eléctrica a la red e incluye las protecciones.
- b) Luminarias (puntos de luz): Podemos introducir luminarias de diversas potencias: 18, 35, 50, 70, 80, 100, 125, 150, 250, 400, 600, 700 y 1000 W.
- c) Cajas de registro o derivación y arquetas: Útiles para derivar la instalación en otras. Las cajas de registro se utilizan para redes aéreas mientras que las arquetas son utilizadas en redes subterráneas.
- d) Tramos: Permite introducir cables de distintos materiales y tamaños.

- Zona 2: Botonera de acceso directo a los comandos más usuales tales como comenzar, abrir y salvar un nuevo proyecto, calcular un proyecto, visualizar los informes del cálculo, imprimir etc. Esto nos permite agilizar nuestro trabajo.

- Zona 3: Paleta de referencia de objetos, que permite introducir una red de alumbrado público tomando referencias de la imagen de fondo si la hay o de la propia red. Por defecto el programa no toma ninguna referencia salvo que se lo indiquemos nosotros.
- Zona 4: Pestañas de selección de instalación con la que podemos cambiar de módulo.
- Zona 5: Paleta de componentes gráficos que refleja todos los tipos de nudos necesarios para dibujar una red de alumbrado publico y descritos anteriormente.
- Zona 6: Editor de circuitos que nos permite calcular diferentes circuitos en un mismo proyecto.
- Zona 7: Ventana de propiedades de los componentes que se utiliza para la introducción o modificación de valores de nudos o ramas. Entre las opciones que incluye la ventana de propiedades tenemos:

<input type="checkbox"/> NUDO	
Tipo	Arqueta
Función	Derivación
Denominación	2
Cota sobre plt...	0
Angulo(*)	149.39
<input type="checkbox"/> F. Escala	
Ocultar Texto	No
<input type="checkbox"/> RAMA	
Denominación	2
<input type="checkbox"/> Tramo	
<input type="checkbox"/> Longitud(m)	20.07
Fijar	No
<input type="checkbox"/> Angulo(*)	15.7
Fijar	No
Texto	1
Ocultar Texto	No
Suministro	Trifásico - 400
Metal	Cu
Neutro	Sí
Reactancia	No
Sección fijada	1.5
Nº Cond. Fase	1
Canal./Aislam....	
	Enterrados Bajo Tubo
	XLPE,0.6/1kV ,Fc:0.8
	Tetrapolares
Protección	
	Térmica: No
	Diferencial: No
	Sobretensiones: No

Fig. 3: Ventana de propiedades módulo ALP

a) Datos y parámetros de Nudos. Tenemos las siguientes opciones:

- La opción tipo sirve para modificar la representación gráfica de un nudo una vez introducido en la red.
- La opción función permite identificar al nudo como paso (simple registro o cambio de dirección) o derivación (derivación de la red en otra rama).
- La opción denominación se utiliza para numerar los nudos del circuito a conveniencia (caso de obviar esta opción el programa asigna automáticamente una numeración sucesiva).
- La cota se utiliza para definir la altura del nudo sobre la urbanización.
- El ángulo permite rotar los nudos de la red.
- El factor escala permite representar el nudo y su texto asociado de mayor o menor tamaño.
- La opción ocultar texto permite ocultar o visualizar el texto asociado al nudo.

b) Datos y parámetros de las ramas. Tenemos las siguientes opciones:

- La opción denominación se utiliza para numerar la rama a conveniencia (caso de obviar esta opción el programa asigna automáticamente una numeración sucesiva).
- Las opciones Fijar Longitud y Angulo permiten prefijar los valores de longitud y ángulo al introducir un nudo y una rama en la zona de edición gráfica.
- La opción ocultar texto permite ocultar o visualizar el texto asociado a una rama.
- La opción suministro hace referencia al nº de fases y tensión del tramo, el metal indica la constitución del conductor.
- Podemos escoger si el neutro va a ser distribuido o no (si el neutro transporta el neutro en redes trifásica no solo dispondremos de la

tensión de línea a 400 V sino también la tensión monofásica a 230 V).

- La reactancia influye en la caída de tensión de la línea eléctrica, pero normalmente en instalaciones de BT como es una instalación de alumbrado se puede despreciar de ahí que tengamos la opción de considerarla o no.
- También podemos fijar la sección y nº de conductores por fase así como el sistema de canalización empleado, aislamiento y nivel de aislamiento del conductor y polaridad de los cables.
- La protección puede ser térmica (protección frente a sobrecargas y cortocircuitos), diferencial (defectos de aislamiento que provocan tensiones de contacto peligrosas) y contra sobretensiones (caída de rayos en las líneas que provocan sobretensiones transitorias o averías en la instalación por corte de neutro que provocan sobretensiones permanentes).
- Zona 8: Paleta de herramientas que permite un acceso directo a las operaciones mas usuales de edición grafica y visualización de la red tales como modo selección, modo enlace, modo orto, distintos tipos de zoom (de todo, previo, de ventana y en tiempo real) redibujar y borrar.
- Zona 9: Zona de edición grafica que es la zona sobre la que introducimos todos los bloques gráficos de la red de alumbrado publico para su posterior cálculo.

Un poco a modo de resumen, la zona 1 engloba todas las opciones del modulo, mientras que las 8 zonas restantes nos permite un acceso rápido a prácticamente todas las opciones del programa de forma directa, lo que le da una enorme versatilidad al programa.

3-) Modulo II REDBT: Redes eléctricas de distribución en baja tensión.

Este modulo permite dibujar y calcular eléctricamente redes de baja tensión (bien sean aéreas, subterráneas o receptoras interiores) con distribución ramificada, mallada o mixta, con cualquier sistema de canalización, suministro y material. Salvo por los componentes propios del modulo, la descripción de este modulo es exactamente igual que la del modulo anterior y su aspecto general es:



Fig. 4: Aspecto general del módulo de redes de baja tensión

- Zona 1: Menú general de opciones que engloba todas las funciones y opciones que se pueden ejecutar con el programa y que se encuentra en la parte alta de la pantalla: Proyecto, edición, ver, componentes de alumbrado, calcular, resultados y ayuda. Entre los componentes que podemos introducir en la red de baja tensión tenemos:

- a) Nodos de suministro: Transformadores o cajas de derivación si el suministro se realiza a través de otro circuito.
- b) Nodos de consumo y de paso o derivación: Pueden ser postes o cajas de derivación si la línea es aérea (la diferencia es que el poste actúa como sujeción de la red) y arquetas si la línea es subterránea. En los tres casos si definimos un consumo (solo podemos definir consumos directos pues no tenemos la opción de introducir consumos por dotación) será nudo de consumo y sino no lo hacemos tendremos un nudo de derivación o de paso.
- c) Tramos: Permite introducir cables de distintos materiales y tamaños.

- Zona 2: Botonera de acceso directo a los comandos más usuales tales como comenzar, abrir y salvar un nuevo proyecto, calcular un proyecto, visualizar los informes del cálculo, imprimir etc. Esto nos permite agilizar nuestro trabajo.

- Zona 3: Paleta de referencia de objetos, que permite introducir una red de baja tensión tomando referencias de la imagen de fondo si la hay o de la propia red. Por defecto el programa no toma ninguna referencia salvo que se lo indiquemos nosotros.
- Zona 4: Pestañas de selección de instalación con la que podemos cambiar de módulo.
- Zona 5: Paleta de componentes gráficos que refleja todos los tipos de nudos necesarios para dibujar una red de baja tensión y descritos anteriormente.
- Zona 6: Editor de circuitos que nos permite calcular diferentes circuitos en un mismo proyecto.
- Zona 7: Ventana de propiedades de los componentes que se utiliza para la introducción o modificación de valores de nudos o ramas y que es muy parecida a la que describimos en el módulo de alumbrado público. Entre las opciones que incluye la ventana de propiedades tenemos:

<input type="checkbox"/> NUDO	
Tipo	Arqueta
Función	Derivación
Denominación	10
Cota sobre plta(m)	0
Angulo(°)	0
<input checked="" type="checkbox"/> F. Escala	
Ocultar Texto	No
Carga 1 Nudo	5
Carga 2 Nudo	5
Unidad Cargas	kW
Rotar Carga	
<input type="checkbox"/> RAMA	
Denominación	9
<input type="checkbox"/> Tramo	
<input type="checkbox"/> Longitud(m)	42.19
Fijar	No
<input type="checkbox"/> Angulo(°)	180
Fijar	No
Texto	1
Ocultar Texto	No
Suministro	Trifásico - 400
Metal	Al
Neutro	SH2
Sección min. neutro	0
Reactancia	No
Sección fijada	1.5
Nº Cond. Fase	1
Canal./Aislam./Polar.	
	Enterrados Bajo Tubo
	XLPE,0.6/1 kV ,Fc:0.8
	Tres Unipolares
Protección	
	Térmica: No
	Diferencial: No

Fig. 5: Ventana de propiedades módulo REDBT

a) Datos y parámetros de Nudos. Tenemos las siguientes opciones:

-La opción tipo sirve para modificar la representación gráfica de un nudo una vez introducido en la red.

- La opción función permite identificar al nudo como paso (simple registro o cambio de dirección) o derivación (derivación de la red en otra rama).

- La opción denominación se utiliza para numerar los nudos del circuito a conveniencia (caso de obviar esta opción el programa asigna automáticamente una numeración sucesiva).

- La cota se utiliza para definir la altura del nudo sobre la urbanización.

- El ángulo permite rotar los nudos de la red.

- El factor escala permite representar el nudo y su texto asociado de mayor o menor tamaño.

- La opción ocultar texto permite ocultar o visualizar el texto asociado al nudo.

- Como dijimos las cargas se introducen de forma directa (no tenemos la opción de introducir cargas por dotación). Además podemos seleccionar la unidad de la carga que puede ser A, W, kW o CV.

- Por ultimo, la opción rotar carga permite girar la flecha (consumo) hasta apuntar hacia la parcela.

b) Datos y parámetros de las ramas. Tenemos las siguientes opciones:

- La opción denominación se utiliza para numerar la rama a conveniencia (caso de obviar esta opción el programa asigna automáticamente una numeración sucesiva).

- Las opciones Fijar Longitud y Angulo permiten prefijar los valores de longitud y ángulo al introducir un nudo y una rama en la zona de edición gráfica.

- La opción ocultar texto permite ocultar o visualizar el texto asociado a una rama.
- La opción suministro hace referencia al nº de fases y tensión del tramo, el metal indica la constitución del conductor.
- Podemos escoger si el neutro va a ser distribuido o no (si el neutro transporta el neutro en redes trifásica no solo dispondremos de la tensión de línea a 400 V sino también la tensión monofásica a 230 V) así como elegir la sección mínima para el mismo.
- La reactancia influye en la caída de tensión de la línea eléctrica, pero normalmente en instalaciones de BT como es una instalación en baja tensión se puede despreciar de ahí que tengamos la opción de considerarla o no.
- También podemos fijar la sección y nº de conductores por fase así como el sistema de canalización empleado, aislamiento y nivel de aislamiento del conductor y polaridad de los cables.
- La protección puede ser térmica (protección frente a sobrecargas y cortocircuitos), diferencial (defectos de aislamiento que provocan tensiones de contacto peligrosas) y contra sobretensiones (caída de rayos en las líneas que provocan sobretensiones transitorias o averías en la instalación por corte de neutro que provocan sobretensiones permanentes).
- Zona 8: Paleta de herramientas que permite un acceso directo a las operaciones mas usuales de edición grafica y visualización de la red tales como modo selección, modo enlace, modo orto, distintos tipos de zoom (de todo, previo, de ventana y en tiempo real) redibujar y borrar.
- Zona 9: Zona de edición grafica que es la zona sobre la que introducimos todos los bloques gráficos de baja tensión para su posterior cálculo.

Un poco a modo de resumen, la zona 1 engloba todas las opciones del modulo, mientras que las 8 zonas restantes nos permite un acceso rápido a prácticamente todas las opciones del programa de forma directa, lo que le da una enorme versatilidad al programa.

4-) Modulo III REDAT: Redes eléctricas de distribución en alta tensión.

Este modulo permite dibujar y calcular eléctricamente redes de alta tensión con distribución ramificada, mallada o mixta, con cualquier sistema de canalización, suministro y material. Salvo por los componentes propios del modulo, la descripción de este modulo es exactamente igual que la del modulo anterior. No la desarrollaré debido a que prácticamente no aporta nada de nuevo respecto a los módulos anteriores.

Filosofía de trabajo

La filosofía de trabajo para el diseño de instalaciones bien sean de alumbrado público, BT o AT es muy parecida. Para el caso de que sea una instalación de baja tensión, que será el tipo de instalación con la que trabajaremos, los pasos a seguir son:

1-) Antes de comenzar el diseño de la instalación será conveniente realizar la configuración gráfica de sector del polígono sobre el que vamos a trabajar. Para ello utilizaremos el modulo base de manera que importaremos una imagen de fondo (En formato preferiblemente DWG pues al ser ficheros de menor tamaño la aplicación trabajará mas rápidamente, pero también se admite formato DXF, BMP, TIF o JPG) y habilitaremos las capas del dibujo que nos sean necesarias. Es importante tener en cuenta que si el formato es DWG o DXF la escala del dibujo debe ser 1:1 ya que una unidad de dibujo en el CAD representa 1 m en la imagen del sector del polígono. Este paso es común tanto para alumbrado público, BT o AT.

2-) Una vez tenemos cargada la imagen de fondo, el siguiente paso consistirá en definir las condiciones generales:

a) Datos: Elegimos el modo de calculo (diseño o comprobación), la tensión (normalmente trifásica a 400 V y monofásica a 230 V para redes de BT y alumbrado publico), la caída de tensión máxima (5 % para redes de BT y 3 % para alumbrado), el factor de potencia, el coeficiente de simultaneidad, la temperatura a considerar para ver la variación de la conductividad con la temperatura, el coeficiente de intensidad de fusión de fusibles y disparo del relé térmico del automático que ya veremos mas adelante lo que significa, el tipo de nudo de suministro (trafo o caja de derivación) y las luminarias en el caso de alumbrado público.



Fig. 6: Ventana de condiciones generales I

b) Simbología gráfica: Permite definir el factor de escala de los símbolos utilizados para los nudos y ramas, y de los textos para cada nudo y rama. También permite configurar las ramas y los nudos de consumo de tal modo que podamos seleccionar el texto que va a ir asociado a los mismos.



Fig. 7: Ventana de condiciones generales II

c) Secciones: Podemos elegir los materiales con los que vamos a trabajar, según el tipo de instalación que tengamos (aérea, subterránea o receptora interior), así como las secciones que

queremos que se utilicen para calcular el proyecto. Esto nos permite adaptarnos a las normas particulares de la compañía suministradora.



Fig. 8: Ventana de condiciones generales III

3-) Realizamos el diseño grafico de la instalación mediante la paleta de componentes que la aplicación pone a nuestra disposición según el tipo de instalación.

4-) Simultáneamente al diseño grafico iremos definiendo las características de los elementos y los valores de las variables en la ventana de propiedades de los elementos.

5-) Una vez dibujada toda la instalación se calcula el proyecto. Podemos realizar tres tipos de cálculo:

a) Cálculo de proyecto : Mediante esta opción el programa calcula automáticamente las secciones de acuerdo al calentamiento (intensidad máxima admisible soportada por el conductor) y a la caída de tensión máxima, así como el diámetro exterior de los tubos.

b) Cálculo frente a sobrecargas : Mediante esta opción el programa calcula automáticamente las protecciones frente a sobrecargas (Fusibles, automáticos y relés térmicos), contactos indirectos (relés diferenciales), sobretensiones (si fuese necesario) y secciones necesarias para soportar las sobrecargas.

c) Cálculo frente a cortocircuito : Con esto el programa calcula automáticamente la intensidad de c.c en el inicio y final de la línea, el poder de corte de las protecciones, la sección del conductor y otros cálculos que aseguren la protección de la línea frente a cortocircuitos.

d) Puesta a tierra : Se calcula para redes de alumbrado público con objeto, principalmente, de limitar la tensión que en un momento dado pueden presentar las masas metálicas de la instalación respecto a tierra (lo cual puede poner en peligro la vida de las personas), asegurar la actuación de las protecciones y eliminar el riesgo que supondría una avería del material utilizado.

6-) Una vez tenemos calculado el proyecto nos vamos al menú de resultados obteniendo la siguiente información:

a) Memoria descriptiva: Documento en el cual se describe toda la instalación. Esta generada en formato RTF y que es el fichero de intercambio de cualquier programa de tratamiento de texto.

b) Anexo de cálculos: Documento en el cual se desarrollan, minuciosamente, todos los cálculos de dicho proyecto.

c) Pliego de condiciones: Documento en el cual se describen de forma minuciosa las características constructivas y de ejecución de todas las instalaciones proyectadas, así como las responsabilidades que debe asumir cada una de las partes que interviene en la ejecución de la obra.

d) Medición: Documento donde se contabiliza toda la aparamenta del proyecto.

e) Esquemas DXF: Es la representación grafica de la red en planta, donde se detallan las características (secciones etc.) que se desprenden de los cálculos del proyecto y que serán la referencia para la ejecución y control de la instalación.

Notas de interés:

- Podemos trabajar tanto con redes bien sean aéreas, subterráneas o receptoras interiores, tanto ramificadas, malladas o mixtas y calcular las secciones respetando el criterio de calentamiento y caída de tensión. Sin embargo, si la red es mallada no es posible calcular la protección frente a sobrecargas ni a cortocircuitos pues el programa a priori no puede saber la zona de influencia de cada protección dentro de la red mallada.

Por ello para calcular las protecciones deberemos abrir la red por el punto más desfavorable estimado por la compañía suministradora. Otra posibilidad y en la practica es la opción más habitual, es abrir por el punto de mínima tensión y que corresponde a la rama que aparece remarcada en verde.

- Disponemos de una base de datos en la que están almacenados todos los elementos que intervienen en el cálculo. Esta base de datos puede ser modificada incluso ampliada para adaptarla a nuestras necesidades o a la compañía suministradora.

- El programa es capaz de realizar dos copias de seguridad, una copia temporal (*.TMP) y una copia de ultimo proyecto salvado (*.BAK). Esto es muy útil si tenemos algún problema a la hora de salvar el proyecto debido por ejemplo a un fallo del suministro eléctrico. Para recuperar la copia de seguridad únicamente tendremos que renombrar la extensión del fichero de seguridad (*.TMP o *.BAK) a *.IUR que es la extensión propia de los proyectos que es capaz de leer el programa. Estas copias de seguridad las podemos encontrar en el directorio “Proyectos de urbanización”.

- Se trata de un programa de manejo fácil, intuitivo y rápido. Basta con pensar una operación, irnos a la botonera correspondiente, y ejecutarla en la zona de edición gráfica. Además dispone de una serie de opciones que proporcionan toda la versatilidad y modo de trabajo que ofrece una herramienta en entorno Windows:

- 1-) Como dijimos, podemos calcular varios circuitos en un mismo proyecto utilizando el editor de circuitos.

- 2-) Disponemos una opción muy útil de vista global que permite tener siempre una visión global de nuestra instalación.

- 3-) Como ya adelanté se puede trabajar tanto en modo diseño de una instalación eléctrica como en modo comprobación. En este ultimo caso los elementos que no estén bien dimensionados, bien porque la caída de tensión es superior a la permitida o porque la sección es insuficiente, aparecerán marcados en rojo. También podemos hacer un solo clic sobre el mensaje de error que aparece en la ventana de mensajes que aparece al calcular el proyecto, y el programa nos relaciona el error con el nudo o rama remarcándola en azul. Si hacemos un doble clic el programa localizara automáticamente el nudo o rama seleccionado.

4-) Podemos cambiar las propiedades (material, etc.) de un gran número de ramas y/o nudos manteniendo pulsada la tecla ctrl. lo cual es muy típico en programas de entorno Windows.

5-) Se puede variar el ángulo y longitud de cualquier rama utilizando el modo inserción o sobrescritura. La diferencia esta que en el modo inserción un cambio de longitud o de ángulo no afecta al resto de la instalación (en el caso de cambio de ángulo toda la instalación rota para que no se viera afectada ninguna rama) y en sobrescritura la rama adyacente se acortara o se alargará para que la longitud total no varíe. Un cambio de ángulo afectara solo a la rama adyacente pero no al resto de la instalación.

6-) Podemos cortar, borrar, copiar y pegar nudos y ramas, así como deshacer cambios introducidos en el esquema.

Fundamentos de cálculo

Como ya adelantamos, a la hora de calcular instalaciones eléctricas se puede actuar de dos maneras diferentes: modo diseño en la cual el programa calcula y optimiza automáticamente las instalación más sencilla y modo comprobación en la cual partimos de unas secciones dadas diseñadas por el usuario y el programa comprueba que no ha habido errores. Por otro lado el programa es capaz de calcular instalaciones eléctricas bien sean aéreas (no realiza el cálculo mecánico, pues para ello hay un módulo específico CMBT), subterráneas y receptoras interiores, pues trabaja con la normativa necesaria para abordar este tipo de instalaciones, es decir, la ITC-BT-06, ITC-BT-07 y la ITC-BT-19 respectivamente (ver apéndice 1).

Nos centraremos en el modo de diseño. Para ello bastará con definir los datos y parámetros de cada nudo y rama y el programa calculará automáticamente la sección necesaria para que se cumpla el criterio del calentamiento (ninguna línea se verá recorrida por una intensidad mayor que la admisible), el de caída de tensión total (en ningún nudo por alejado que este, sufrirá una caída de tensión mayor que la especificada en las condiciones generales). Además, como sabemos, también es capaz de calcular la sección y la protección necesaria para que la línea este protegida frente a sobrecargas y cortocircuitos, para lo que utiliza la normativa relacionada con este tipo de cálculos, es decir, la norma UNE 20460, ITC-BT-22 (ver apéndice 1).

Para ello, la base fundamental en la que se apoya el programa es el cálculo matricial con algoritmos de optimización que le permite resolver indistintamente sistemas mallados, ramificados o mixtos. La formulación que utiliza es la siguiente:

Calculo eléctrico en régimen permanente

Como cargas se utilizan las potencias consumidas en cada uno de los nudos, las intensidades consumidas en cada nudo las obtendremos del siguiente modo:

Sistema Trifásico:

$$I = P_c / \sqrt{3} \times U \times \cos \phi \quad (A)$$

Sistema Monofásico:

$$I = P_c / U \times \cos \phi \quad (A)$$

De donde es:

P_c = Potencia de Cálculo en Watios.

U = Tensión de Servicio en Voltios (Trifásica ó Monofásica).

$\cos \phi$ = Coseno de ϕ . Factor de potencia global para toda la obra.

2-) Para las caídas de tensión en cada una de las ramas utilizaremos la ley de Ohm:

Sistema Trifásico:

$$e = \sqrt{3} \times I [(L \times \cos \phi / k \times S \times n) + (X_u \times L \times \sin \phi / 1000 \times n)] \quad (V)$$

Sistema Monofásico:

$$e = 2 \times I [(L \times \cos \phi / k \times S \times n) + (X_u \times L \times \sin \phi / 1000 \times n)] \quad (V)$$

De donde es:

P_c = Potencia de Cálculo en Watios.

L = Longitud de Cálculo en metros.

e = Caída de tensión en Voltios.

K = Conductividad.

I = Intensidad en Amperios.

U = Tensión de Servicio en Voltios (Trifásica ó Monofásica).

S = Sección del conductor en mm^2 .

$\cos \phi$ = Coseno de ϕ . Factor de potencia global para toda la obra.

n = N° de conductores por fase.

X_u = Reactancia por unidad de longitud en $\text{m } \Omega / \text{m}$.

Por otro lado sabemos que la caída de tensión de una rama depende de la resistencia, que a su vez depende de la conductividad. DMElect tiene en cuenta la variación de la conductividad con la temperatura (debido al paso de la corriente a través de los conductores hace que la temperatura de los mismos varíe), a través de la siguiente formulación:

$$K = 1/\rho$$
$$\rho = \rho_{20}[1 + \rho(T-20)]$$
$$T = T_0 + [(T_{\max}-T_0) (I/I_{\max})^2]$$

Siendo,

K = Conductividad del conductor a la temperatura T .

ρ = Resistividad del conductor a la temperatura T .

ρ_{20} = Resistividad del conductor a 20°C .

$$Cu = 0.018$$

$$Al = 0.029$$

ρ = Coeficiente de temperatura:

$$Cu = 0.00392$$

$$Al = 0.00403$$

T = Temperatura del conductor ($^\circ\text{C}$).

T_0 = Temperatura ambiente ($^\circ\text{C}$):

$$\text{Cables enterrados} = 25^\circ\text{C}$$

$$\text{Cables al aire} = 40^\circ\text{C}$$

T_{\max} = Temperatura máxima admisible del conductor ($^\circ\text{C}$):

$$\text{XLPE, EPR} = 90^\circ\text{C}$$

$$\text{PVC} = 70^\circ\text{C}$$

I = Intensidad prevista por el conductor (A).

I_{\max} = Intensidad máxima admisible del conductor (A).

Calculo de Sobrecargas

Como puede verse en la norma UNE 20460, ITC-BT-22 (apéndice 1), las características de funcionamiento de un dispositivo que proteja una canalización contra las sobrecargas debe satisfacer las dos condiciones siguientes:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 I_z$$

Donde:

I_b : intensidad de diseño utilizada en el circuito (A).

I_z : intensidad admisible de la canalización (A). Esta intensidad nos la indica la norma según el tipo de instalación (aérea → ITC-BT-06, subterránea ITC-BT-07, receptora interior → ITC-BT-19).

I_n : intensidad nominal del dispositivo de protección (A). Para los dispositivos de protección regulables, I_n es la intensidad de regulación escogida.

I_2 : intensidad que asegura efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección (A). En la práctica I_2 se toma igual:

- a la intensidad de fusión en el tiempo convencional, para los fusibles ($1,6 I_n$). Esto supone que si sustituimos en la segunda ecuación tenemos que: $1,1 I_n \leq I_z$ lo que significa que cuando la protección se realiza mediante fusibles, la intensidad admisible del cable I_z deberá ser mayor que la intensidad nominal del fusible I_n mayorada por un factor 1,1. Esto es lo que define el programa como coeficiente de intensidad de los fusibles y que podemos variar si queremos siempre y cuando no este por debajo de 1.

- a la intensidad de funcionamiento en el tiempo convencional, para los interruptores automáticos ($1,45 I_n$ como máximo) luego esto significa que con que se cumpla la primera condición automáticamente se cumple la segunda. Por tanto aquí el coeficiente de intensidad del automático será de 1.

Fórmulas Cortocircuito

Como puede verse en la norma UNE 20460, ITC-BT-22 (apéndice 1), las características de funcionamiento de un dispositivo que proteja una canalización contra cortocircuitos debe satisfacer las dos condiciones siguientes:

I) Criterio del poder de corte: $P.d.C. \geq (I_{cc})_{max}$, es decir el poder de corte del dispositivo de protección debe estar por encima del valor de la intensidad máxima de cortocircuito.

II) Criterio de tiempo de corte: $t \times (I_{cc})_{max.} \leq [(k \times S)^2]_{admisible}$, es decir el tiempo t de apertura del dispositivo de protección debe evitar que se sobrepase la energía máxima que es capaz de absorber el conductor $(k \times S)^2$, siendo S la sección del conductor y k es un valor característico que depende del material empleado, tamaño de la sección, temperatura de trabajo y tipo de aislamiento.

DMElect calcula para cada tramo, siempre y cuando la red sea ramificada con un solo suministro, las intensidades de cortocircuito al inicio de la línea (intensidad máxima de cortocircuito) y al final de la línea (intensidad mínima de cortocircuito) del siguiente modo:

Intensidad máxima de cortocircuito: Se calcula para cada tramo provocando un cortocircuito en el nudo más cercano a la fuente de alimentación, pues un cortocircuito en cualquier otro punto del cable debería contar con la impedancia de la parte del tramo abarcada por el corto, reduciendo la intensidad. Con esto podemos determinar el poder de corte de las protecciones.

$$I_{pccI} = C_t U / \sqrt{3} Z_t$$

Siendo,

I_{pccI} : intensidad permanente de c.c. en inicio de línea en kA.

C_t : Coeficiente de tensión.

U : Tensión trifásica en V.

Z_t : Impedancia total en mohm, aguas arriba del punto de c.c. (sin incluir la línea o circuito en estudio).

Intensidad mínima de cortocircuito: Se calcula para cada tramo en el punto más alejado de cada ramal, pues abarcará toda la impedancia posible y por tanto la intensidad será la menor posible. Se calcula para conocer la sensibilidad mínima de las protecciones que deben proteger la instalación.

$$I_{pccF} = C_t U_F / 2 Z_t$$

Siendo,

I_{pccF} : Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en kA.

C_t : Coeficiente de tensión.

U_F : Tensión monofásica en V.

Z_t: Impedancia total en mohm, incluyendo la propia de la línea o circuito (por tanto es igual a la impedancia en origen mas la propia del conductor o línea).

La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:

$$Z_t = (R_t^2 + X_t^2)^{1/2}$$

Siendo,

R_t: R₁ + R₂ + + R_n (suma de las resistencias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

X_t: X₁ + X₂ + + X_n (suma de las reactancias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

$$R = L \cdot 1000 \cdot C_R / K \cdot S \cdot n \quad (\text{mohm})$$

$$X = X_u \cdot L / n \quad (\text{mohm})$$

R: Resistencia de la línea en mohm.

X: Reactancia de la línea en mohm.

L: Longitud de la línea en m.

C_R: Coeficiente de resistividad, extraído de condiciones generales de c.c. y que vimos como se calculaba

K: Conductividad del metal.

S: Sección de la línea en mm².

X_u: Reactancia de la línea, en Ohm por metro.

n: n° de conductores por fase.

Nota: DMelect calcula la intensidad de cortocircuito en bornes del secundario del trafo (cabecera de la instalación), considerando que la red es capaz de aportar una potencia infinita en caso de cortocircuito, es decir, supone una potencia de cortocircuito infinita. Esto supone que la intensidad obtenida será mayor que la real lo que supone un pequeño sobredimensionamiento de la sección y de la protección necesaria en cabecera de la instalación

Es interesante ver como DMelect permite la introducción de un coeficiente de tensión C_t y de resistividad C_r, que permite introducir un coeficiente de seguridad a gusto del usuario. Por defecto se toma 1, pues corresponde a las formulas analíticas teóricas.

Por otro lado también es capaz de calcular el tiempo que soporta un conductor la corriente de cortocircuito, el tiempo de fusión de fusibles y la longitud máxima protegida a cortocircuito.

$$t_{mcc} = C_c \cdot S^2 / I_{pcc}^2$$

Siendo:

t_{mcc} : Tiempo máximo en sg que un conductor soporta una I_{pcc} .

C_c : Constante que depende de la naturaleza del conductor y de su aislamiento.

S : Sección de la línea en mm^2 .

I_{pcc} : Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

$$t_{ficc} = cte. fusible / I_{pcc}^2$$

Siendo:

t_{ficc} : tiempo de fusión de un fusible para una determinada intensidad de cortocircuito.

I_{pcc} : Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

$$L_{max} = 0,8 U_F / 2 \cdot I_{F5} \cdot \sqrt{(1,5 / K \cdot S \cdot n)^2 + (X_u / n \cdot 1000)^2}$$

Siendo:

L_{max} : Longitud máxima de conductor protegido a c.c. (m) (para protección por fusibles)

U_F : Tensión de fase (V)

K : Conductividad

S : Sección del conductor (mm^2)

X_u : Reactancia por unidad de longitud (mohm/m). En conductores aislados suele ser 0,1.

n : nº de conductores por fase

$C_t = 0,8$: Es el coeficiente de tensión.

$C_R = 1,5$: Es el coeficiente de resistencia.

I_{F5} = Intensidad de fusión en amperios de fusibles en 5 sg.

Además dispone de una serie de curvas válidas para la protección frente a cortocircuitos mediante el uso de interruptores automáticos dotados de Relé electromagnético:

CURVA B	$I_{MAG} = 5 I_n$
CURVA C	$I_{MAG} = 10 I_n$
CURVA D Y MA	$I_{MAG} = 20 I_n$

Como vemos la formulación utilizada por DMelect para el calculo de cortocircuitos, corresponde a formulas analíticas teóricas, a las que incluso para el calculo de las intensidades máximas y mínimas de cortocircuito podemos añadirle un coeficiente de seguridad. Esto nos da la seguridad de que las protecciones calculadas con DMelect frente a cortocircuitos son realmente efectivas.

3.1.3 - Modulo de electrificación de CYPE -

Descripción básica

Este programa está pensado para el cálculo, diseño, comprobación y dimensionamiento de redes eléctricas bien sean aéreas o subterráneas, tanto ramificadas malladas o mixtas de suministro eléctrico en alta y baja tensión con cualquier sistema de canalización, suministro y material. A diferencia de DMelect, no calcula redes de alumbrado público y ni que decir tiene que no realiza cálculos luminotécnicos. Tampoco sirve para el cálculo para instalaciones receptoras interiores, más que nada porque no realiza el cálculo de protecciones frente a sobreintensidades, contactos indirectos o sobretensiones. Para este tipo de cálculos utiliza otro módulo específico fuera del cálculo de infraestructuras urbanas (CYPELEC).

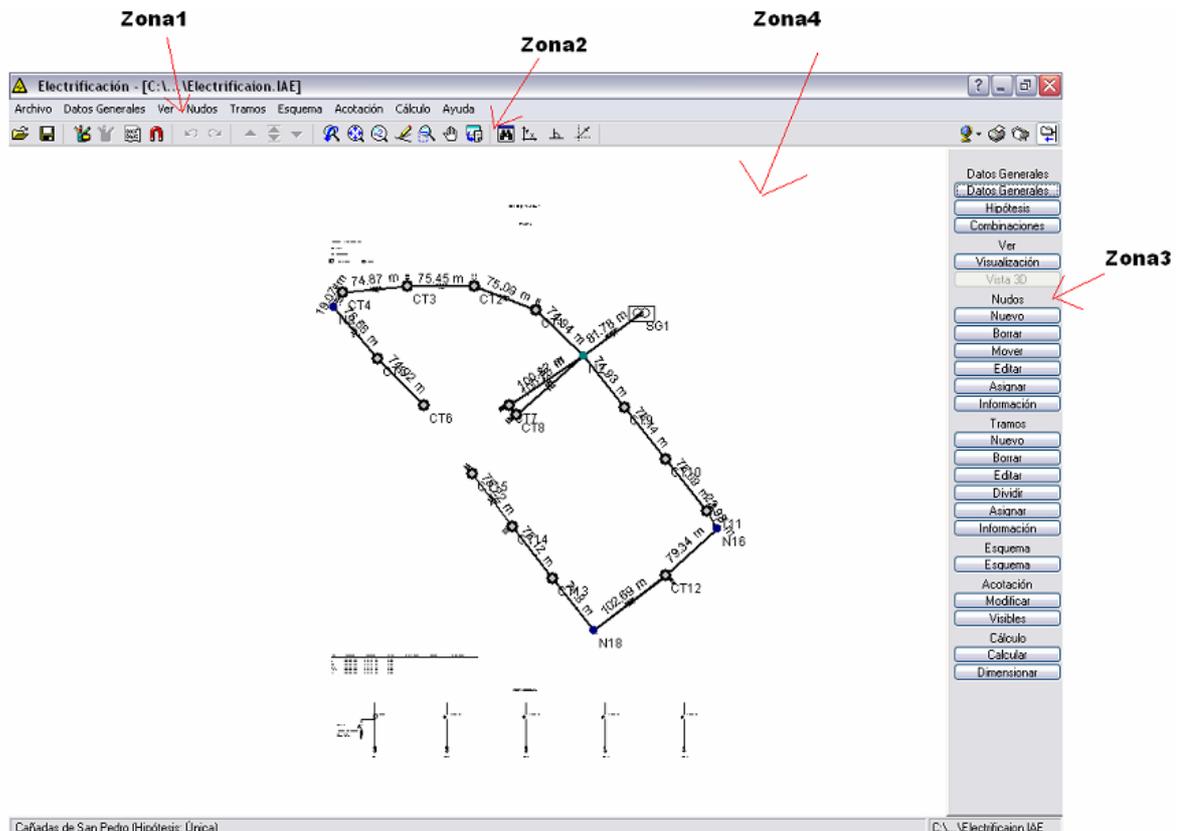


Fig. 1: Aspecto general del módulo de electrificación de CYPE

A grandes rasgos el programa presenta 4 zonas bien diferenciadas:

- Zona 1: Menú general de opciones que engloba todas las funciones y opciones que se pueden ejecutar con el programa y que se encuentra en la parte alta de la pantalla: Archivo, datos generales, ver, nudos, tramos, esquema unifilar, acotación, calculo y ayuda. El esquema unifilar es una opción muy útil que no posee DMelect, pues normalmente los circuitos eléctricos vienen representados de esta forma. Entre los componentes que podemos introducir para nuestra instalación eléctrica tanto si es de AT como de BT tenemos:

a) Nudos de suministro: CYPE, a diferencia de DMelect, no diferencia entre transformadores o derivaciones de otra red eléctrica, sino que de manera genérica los denomina nudos de suministro general, pues dentro de la instalación su comportamiento es el mismo. Tan solo nos interesa la potencia capaz de aportar a nuestra instalación. Por tanto esta en nuestras manos elegir el símbolo particular para cada nudo de manera que podamos diferenciar si es un transformador o un punto de derivación de otra red eléctrica. Esto resta velocidad e intuitividad al proceso de edición gráfica.

b) Nudos de consumo y de transición: De nuevo CYPE no diferencia que tipo de nudo de consumo tenemos. De nuevo esta en nuestras manos elegir el símbolo particular del símbolo para indicar si es una arqueta (redes subterráneas) o un poste (redes aéreas). Eso si, tenemos una ventaja sobre DMelect: podemos introducir los consumos de forma directa o por dotación, mientras que en DMelect solo podíamos introducir consumos de forma directa.

c) Tramos: Permite introducir cables de distintos materiales y tamaños.

- Zona 2: Una barra de herramientas donde encontramos diversas operaciones útiles que agilizan el trabajo:

- Gestión de archivos, salvar y editar recursos. Estas opciones agilizan la gestión de archivos.

- Editar plantillas, capturas de plantillas (opción utilizada para hacer referencias a objetos), que permiten importar y editar una imagen de fondo.

- Deshacer o rehacer modificaciones.

- Mover pantalla, redibujar, imprimir vista actual, visualizar el mapa de la red eléctrica, modo orto, activación de la introducción por coordenadas y diversos zooms (pantalla completa y de ventana. Para utilizar el zoom en tiempo real podemos utilizar directamente la ruedecita del ratón, lo cual es mucho más cómodo que seleccionarlo en la barra de herramientas como ocurría con DMelect). Estas opciones agilizan la edición gráfica y visualización.

- Selección de combinación de hipótesis (como veremos mas adelante a diferencia de DMelect aquí podemos combinar hipótesis).

- Un menú desplegable que nos permite configurar diversos aspectos de CYPE: Unidades, impresora, envíos de obra, planos, detalles y color de fondo.

- Por último encontramos los listados de obra (que no es más que el anexo de cálculo, que a diferencia de DMelect podemos exportar en diversos formatos: TXT, PDF, RTF y HTML que es el formato estándar utilizado por las páginas Web) y los planos de obra en DXF. Aquí a diferencia de DMelect tenemos diversas opciones para editar el plano como añadirle un cajetín, activar o desactivar capas etc. lo cual nos permite obtener un plano de referencia listo para utilizar durante la ejecución de obra, sin necesidad de hacer ninguna modificación con Autocad.

- Zona 3: Un menú lateral desplegable en la zona derecha de la pantalla que nos permite acceder rápidamente a todas las opciones de la zona 1 salvo las opciones de archivo, lo cual agiliza el proceso de edición grafica y calculo del proyecto. Desde luego no ofrece la misma versatilidad que ofrece DMelect, pues allí el acceso era directo, pero la rapidez de trabajo conseguida es más que aceptable. Tanto si es un nudo o una rama podemos



realizar las siguientes operaciones (operaciones que siempre se harán nudo a nudo o rama a rama lo que puede llegar a hacer le proceso de edición gráfica un poco tedioso):

a) Nuevo: Permite introducir un nudo o una rama nueva en la red.

b) Borrar: Permite borrar un nudo o una rama de la red.

c) Mover: Permite mover un nudo. Aquí habrá que tener en cuenta que si movemos un nudo las ramas adyacentes verán modificada su longitud y su ángulo.

d) Dividir: Permite dividir un tramo en varios segmentos introduciendo nudos de paso o de derivación. Esta opción es muy útil si se quiere una derivación de la red en una de las ramas.

e) Asignar: Permite modificar valores en nudos (Potencia consumida y factor de potencia) y ramas (Longitud, material y sección). Esta última opción agiliza algo el proceso de edición gráfica ya que nos aparece una ventana auxiliar que nos permite pasar directamente de un elemento a otro.



f) Información: Permite acceder directamente a información sobre nudos (Potencia consumida, tensión y caída de tensión.) y ramas (sección, material, intensidad máxima admisible, intensidad circulante caída de tensión en la rama y pérdidas) una vez calculado el proyecto.

g) Editar: Permite modificar diversos aspectos asociados a nudos o ramas desplegando una ventana del nudo o rama en cuestión:

1-) Nudos: Podemos modificar el tipo de nudo, la potencia consumida (directa, por dotación, por intensidad o por potencia aparente consumida), el factor de potencia, el coeficiente de uso, el porcentaje máximo de caída de tensión y el símbolo asociado al nudo. Esto último es muy útil y supone una gran ventaja sobre DMelect pues podemos establecer unas condiciones particulares para cada nudo de caída de tensión, coeficiente de uso y factor de potencia lo que nos permitirá afinar en los cálculos.

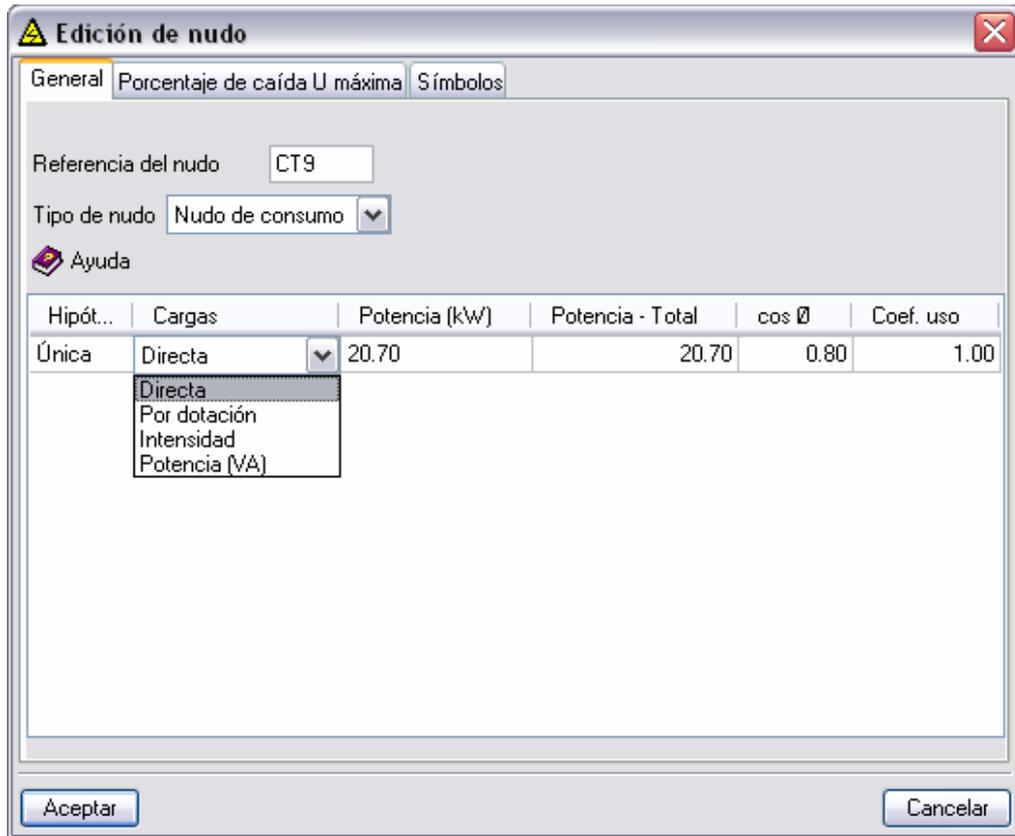


Fig. 2: Ventana de edición de nudos I

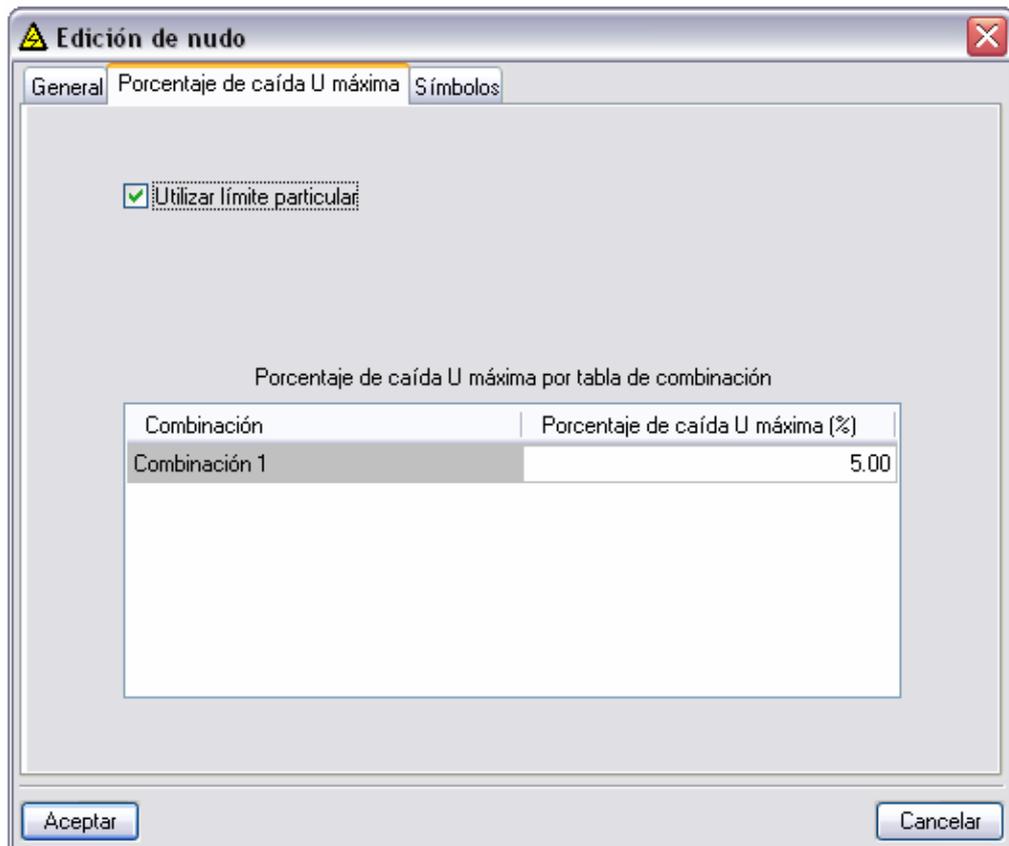


Fig. 3: Ventana de edición de nudos II



Fig. 4: Ventana de edición de nudos III

2-) Tramos: Permite modificar el material, la sección y la longitud del cable y el número de conductores en paralelo. También nos da la opción de medir la excavación. Además podemos definir para cada tramo un coeficiente corrector y un coeficiente de simultaneidad. Esto último es muy útil y supone una gran ventaja sobre DMelect pues podemos establecer unas condiciones particulares para cada tramo.

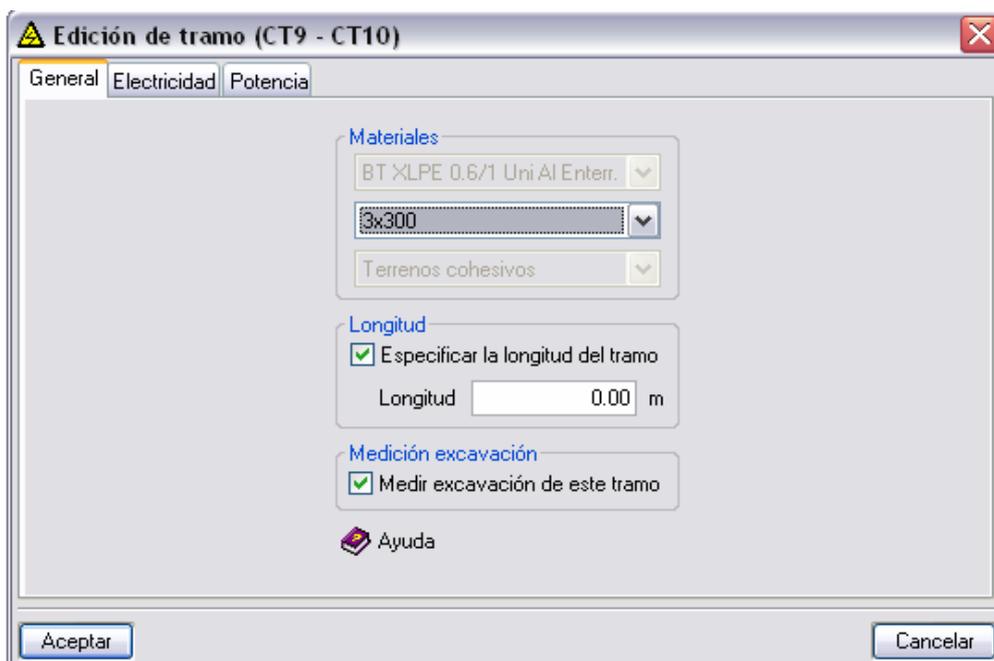


Fig. 5: Ventana de edición de ramas I

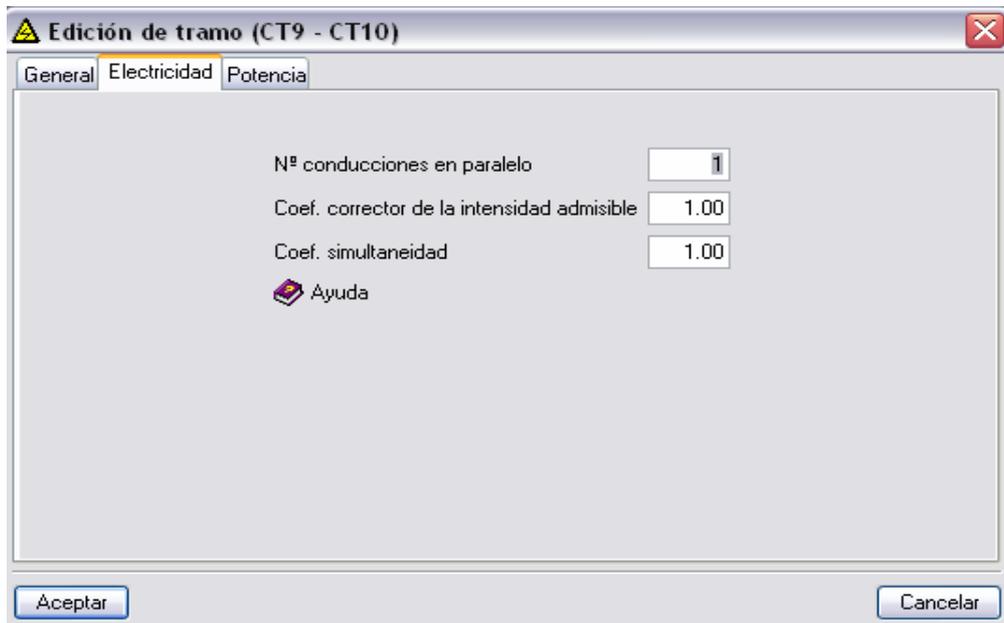


Fig. 6: Ventana de edición de nudos II

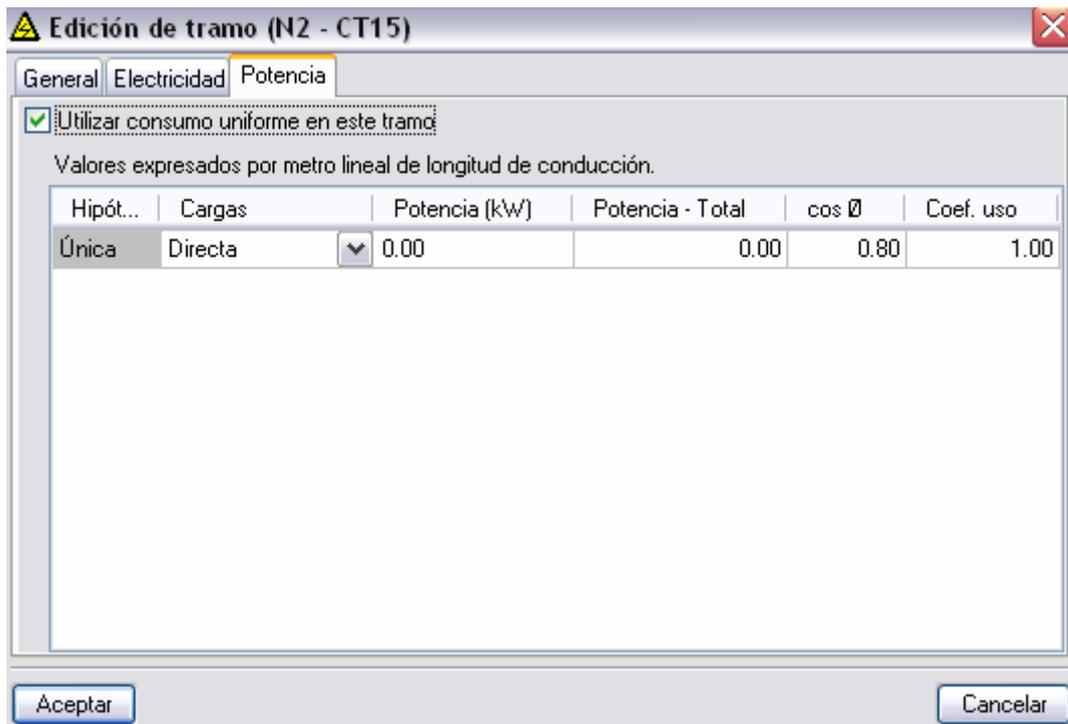


Fig. 7: Ventana de edición de nudos III

Destacar que, a diferencia de DMelect, podemos introducir consumos uniformes a lo largo de un tramo, no tiene porqué tiene que ser necesariamente un consumo puntual.

- Zona 4: Por ultimo nos encontramos con la zona de edición grafica que es la zona sobre la que introducimos todos los bloques gráficos de la red de alta o baja tensión para su posterior cálculo.

Filosofía de trabajo

La filosofía de trabajo para el diseño de instalaciones eléctricas, bien sean de baja o alta tensión es la misma, y consiste en seguir básicamente los siguientes pasos:

1-) Lo primero que tenemos que hacer es definir un nuevo proyecto e introducir los datos generales de la instalación que serán comunes tanto para la instalación de BT o AT. Para ello introduciremos los siguientes datos:

a) Datos generales: Título, dirección, población, fecha y notas, así como los materiales que intervendrán en la obra y el tipo de suelo que tengamos (cohesivo, suelto o roca). A diferencia de DMelect, con CYPE si podemos escoger el tipo de suelo.



Fig. 8: Ventana de introducción de datos generales I

b) Parámetros: Definiremos la distribución (trifásica o monofásica) así como el rango de tensión nominal en el que nos movamos, el factor de potencia y la potencia de cortocircuito.



Fig. 9: Ventana de introducción de datos generales II

c) Límites: Limitaremos la caída de tensión máxima admisible (como dijimos un 5% para instalaciones en BT y un 3 % para las de alumbrado).

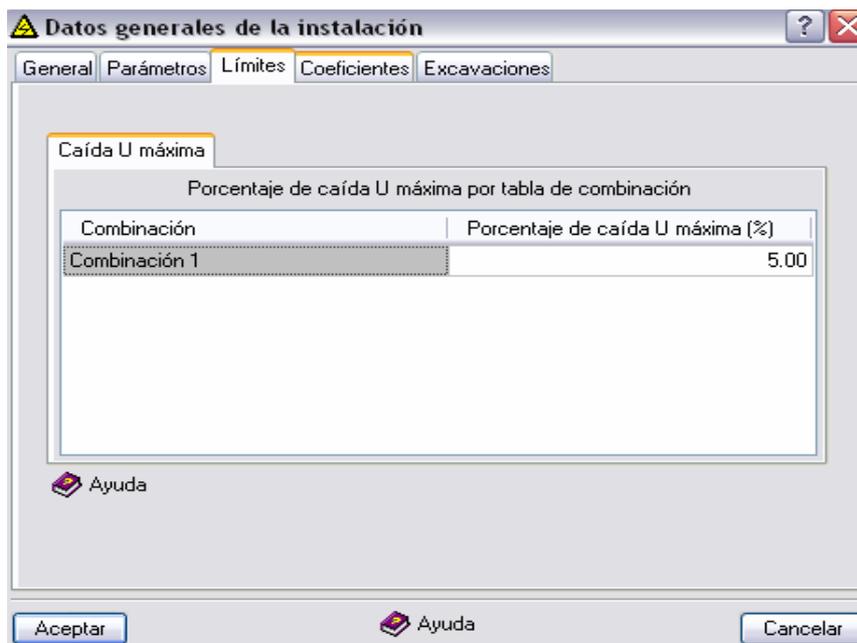


Fig. 10: Ventana de introducción de datos generales III

d) Coeficientes: Definiremos el coeficiente de simultaneidad, mayoración (equivalente al coeficiente de tensión y de resistividad que vimos de DMelect), las dotaciones (directa o por dotación) así como las referencias a nudos.



Fig. 11: Ventana de introducción de datos generales IV

e) Excavaciones: Indicamos tanto la profundidad mínima de la instalación (medida desde la cota de rasante, es decir desde la superficie pavimentada) como el espesor del firme (determina la diferencia entre la cota de rasante y la cota de terreno).



Fig. 12: Ventana de introducción de datos generales V

Además CYPE, a diferencia de DMelect, nos permite combinar diversas hipótesis de cálculo. Así por ejemplo podemos hacer varias hipótesis de caída máxima de tensión permitida sin necesidad de recalcularlo cada vez que modificamos una hipótesis.

2-) Antes de seguir con el diseño de la instalación será conveniente realizar la configuración gráfica de sector del polígono sobre el que vamos a trabajar. Para ello seleccionamos la opción editar plantillas de la barra de herramientas teniendo en cuenta que CYPE solo admite formato DWG y DXF y habilitaremos las capas del dibujo que nos sean necesarias. Se podría decir que esta opción de la barra de herramientas es la equivalente al módulo base de DMelect. Sin embargo aquí a diferencia de DMelect no tenemos la posibilidad ni de fijar el color de la imagen de fondo, ni de quedarnos solo con una parte del dibujo para centrarnos en esa zona del polígono. En su favor, permite situar el origen de coordenadas donde más nos convenga de forma que nos facilite una posterior introducción de datos por coordenadas.

3-) Una vez definida la plantilla pasamos a la introducción y edición de los distintos nudos y tramos. Aquí encontramos una desventaja con DMelect y es que aquí no podemos utilizar la tecla ctrl. lo que supone ir editando nudo a nudo y tramo a tramo para cambiar las características de los mismos (material etc.) lo cual ralentiza el proceso de edición gráfica. Además tampoco tenemos paleta de componentes de acceso directo, sino que tenemos que hacerlo a través del menú desplegable que aparece a la derecha de la pantalla, lo que ralentiza más si cabe el proceso de edición.

4-) Una vez dibujada toda la instalación se calcula el proyecto. A diferencia con DMelect, CYPE solo calcula las secciones acorde al criterio del calentamiento y de caída máxima de tensión permitida. Luego no calcula las protecciones necesarias frente a sobrecargas y cortocircuitos. Únicamente nos calcula las intensidades máximas y mínimas de cortocircuito para cada uno de los ramales, así como los cortocircuitos de los transformadores de manera que queda en mano del diseñador colocar las protecciones frente a sobrecargas y cortocircuito que considere adecuadas.

5-) Una vez calculado el proyecto CYPE únicamente nos proporciona un anexo de cálculos y unos esquemas DXF del proyecto. No nos proporciona por tanto, una memoria de cálculos, un pliego de condiciones y un estado de las mediciones. Eso sí, como ya comenté los esquemas DXF los podemos editar de tal manera que podamos utilizarlos directamente como

planos de obra. De echo la opción de CYPE que permite realizar esto se llama “planos de obra”

Notas de interés:

- Contiene una biblioteca de conductores (cobre y aluminio) con amplia gama de secciones y sus características eléctricas. Además al igual que DMelect podemos modificar e incluir nuevas secciones y tipos de conductores que se adapten a las necesidades del usuario.
- Como ya dijimos, ofrece un esquema unifilar con la referencia de nudos y la longitud de los tramos que no ofrecía DMelect.
- Dispone una opción muy útil de vista global que permite tener siempre una visión global de nuestra instalación al igual que DMelect.
- Como ya adelanté se puede trabajar tanto en modo diseño de una instalación eléctrica como en modo comprobación. En este ultimo caso los elementos que no estén bien dimensionados, bien porque la caída de tensión es superior a la permitida o porque la sección es insuficiente, aparecerán marcados en rojo. Aquí a diferencia de DMelect no podemos localizar los errores de manera automática lo que resta al programa agilidad a la hora de realizar un proyecto.
- Tenemos la posibilidad de cambiar la longitud y el ángulo de cualquier rama de nuestro circuito sin que afecte al resto de la instalación

Fundamentos de cálculo

Como ya adelantamos, a la hora de calcular instalaciones eléctricas se puede actuar de dos maneras diferentes: modo diseño en la cual el programa calcula y optimiza automáticamente las instalación más sencilla y modo comprobación en la cual partimos de unas secciones dadas diseñadas por el usuario y el programa comprueba que no haya habido errores. Por otro lado el programa es capaz de calcular instalaciones eléctricas bien sean aéreas (no realiza el cálculo mecánico) y subterráneas, pues trabaja con la normativa necesaria para abordar este tipo de instalaciones, es decir, la ITC-BT-06, ITC-BT-07 respectivamente. Sin embargo, a diferencia de DMelect, no calcula instalaciones receptoras interiores. Como dije, para este tipo de cálculos utiliza otro modulo (CYPELEC).

Nos centraremos en el modo de diseño. Para ello bastará con definir los datos y parámetros de cada nudo y rama y el programa calculará

automáticamente la sección necesaria para que se cumpla el criterio del calentamiento (ninguna línea se verá recorrida por una intensidad mayor que la admisible), el de caída de tensión total (en ningún nudo por alejado que este, sufrirá una caída de tensión mayor que la especificada en las condiciones generales). Además, como ya adelanté, CYPE a diferencia de DMelect no es capaz de calcular la sección y la protección necesaria para que la línea esté protegida frente a sobrecargas y cortocircuitos.

La base fundamental en la que se apoya el programa es en una variante del método de elementos finitos discretizado, que le permite resolver indistintamente sistemas mallados, ramificados o mixtos. El método de elementos finitos es una de las herramientas más potentes y fiables a la hora de resolver problemas en ingeniería, luego en este sentido supera a DMelect. La formulación utilizada por el programa es la siguiente:

Calculo eléctrico en régimen permanente

Como cargas se utilizan las potencias consumidas en cada uno de los nudos, las intensidades consumidas en cada nudo las obtendremos del siguiente modo:

$$I_{trifásica} = \frac{P}{\sqrt{3}U_n \cdot \cos \varphi_{nudo}}$$
$$I_{monofásica} = \frac{P}{U_n \cdot \cos \varphi_{nudo}}$$

Donde:

I: Intensidad consumida en el nudo (A).

P: Potencia demandada (W).

Un: Tensión nominal de la instalación. Para instalaciones trifásicas se utiliza la tensión compuesta o de línea.

Cos φ_{nudo} = Factor de potencia de la carga. Por lo general se utilizara en la medida de lo posible el mismo factor de potencia que se emplea a nivel general para toda la obra. Puede modificarse puntualmente para penalizar el consumo de potencia en nudos con cos φ peores. Esto como vemos es una ventaja sobre DMelect en la que solo definíamos un factor de potencia global.

Para las caídas de tensión, el programa utiliza la ley de Ohm para cada una de las ramas:

$$\Delta U_{Trifásica} = \sqrt{3}L \cdot (R \cdot \cos \varphi_{obra} + X \cdot \text{sen} \varphi_{obra}) \cdot I$$
$$\Delta U_{monofásica} = 2L \cdot (R \cdot \cos \varphi_{obra} + X \cdot \text{sen} \varphi_{obra}) \cdot I$$

Donde:

ΔU : Caída de tensión a lo largo del tramo (V).

L: Longitud resistente del tramo (m).

Sen φ_{obra} : Factor de potencia reactiva global de la obra.

Cos φ_{obra} : Factor de potencia global de la obra.

R: Resistencia por unidad de longitud del tramo (Ω/m).

X: Reactancia lineal del tramo ($\Omega r /m$).

I: Intensidad circulante por el tramo (A).

CYPE, a diferencia de DMelect, no tiene en cuenta la variación de la conductividad con la temperatura (debido al paso de de la corriente a través de los conductores hace que la temperatura de los mismos varíe), lo que puede suponer una ligera imprecisión a la hora del cálculo de las caídas de tensión si las temperaturas son elevadas lo que puede desembocar en un aumento de la sección para que se cumpla el criterio de máxima tensión admisible.

Fórmulas Cortocircuito

CYPE calcula para cada tramo, siempre y cuando la red sea ramificada con un solo suministro, las intensidades de cortocircuito al inicio de la línea (intensidad máxima de cortocircuito) y al final de la línea (intensidad mínima de cortocircuito) del siguiente modo:

Corriente de cortocircuito máxima: Se calcula para cada tramo provocando un cortocircuito en el nudo más cercano a la fuente de alimentación, pues un cortocircuito en cualquier otro punto del cable debería contar con la impedancia de la parte del tramo abarcada por el corto, reduciendo la intensidad. Con esto podemos determinar el poder de corte de las protecciones.

$$I_{cc} = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_{cc} + R)^2 + (X_{cc} + X)^2}}$$

$$R_{cc} = \frac{\varepsilon_{Rcc} \cdot U_n^2}{S_n} \quad X_{cc} = \frac{\varepsilon_{Xcc} \cdot U_n^2}{S_n} \quad \varepsilon_{cc} = \sqrt{\varepsilon_{Rcc}^2 + \varepsilon_{Xcc}^2}$$

Donde:

I_{cc}: Intensidad de cortocircuito (A).

U_n: Tensión nominal (la que hay en la instalación un instante antes de producirse el cortocircuito) (V).

R_{cc}: Resistencia de cortocircuito del transformador (Ω).

X_{cc}: Reactancia de cortocircuito del transformador (Ωr).

ε_{cc}, ε_{Rcc}, ε_{Xcc}: Porcentajes de tensión de cortocircuito. Se especifican en las características del transformador. Se expresan en %, pero se emplean en la formulación en tanto por uno.

R: Resistencia de los cables que forman el camino desde la fuente de alimentación hasta el nudo donde se produce el cortocircuito (Ω).

X: Reactancia de los cables que forman el camino desde la fuente de alimentación hasta el nudo donde se produce el cortocircuito (Ωr).

S_n: Potencia del transformador (VA).

Corriente de cortocircuito mínima: Se calcula para cada tramo en el punto más alejado de cada ramal, pues abarcará toda la impedancia posible y por tanto la intensidad será la menor posible. Se calcula para conocer la sensibilidad mínima de las protecciones que deben proteger la instalación.

$$I_{cc} = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_{cc} + R)^2 + (X_{cc} + X)^2}}$$

$$R_{cc} = \frac{\varepsilon_{Rcc} \cdot U_n^2}{S_n} \quad X_{cc} = \frac{\varepsilon_{Xcc} \cdot U_n^2}{S_n} \quad \varepsilon_{cc} = \sqrt{\varepsilon_{Rcc}^2 + \varepsilon_{Xcc}^2}$$

Donde:

I_{cc}: Intensidad de cortocircuito (A).

U_n: Tensión nominal, que es la tensión que hay en la instalación un instante antes de producirse el cortocircuito (V).

R_{cc}: Resistencia de cortocircuito del transformador (Ω).

X_{cc}: Reactancia de cortocircuito del transformador (Ωr).

ε_{cc}, ε_{Rcc}, ε_{Xcc}: Porcentajes de tensión de cortocircuito. Vienen especificados en las características del propio transformador (por lo

general en su protocolo de ensayos). Se expresan en %, pero se emplean en la fórmula en tanto por uno.

R: Resistencia de los cables que forman el camino desde la fuente de alimentación hasta el nudo donde se produce el cortocircuito (Ω).

X: Reactancia de los cables que forman el camino desde la fuente de alimentación hasta el nudo donde se produce el cortocircuito (Ωr).

S_n: Potencia del transformador (VA).

Además CYPE también calcula para cada nudo de alimentación de la red las corrientes de cortocircuito que generaría un cortocircuito en bornes del primario y secundario del transformador.

Corriente de cortocircuito en el primario: Esta intensidad permite calcular la línea de alimentación requerida para el transformador.

$$I_{ccp} = \frac{S_R}{\sqrt{3} \cdot U_p}$$

Donde:

I_{cc,p}: Intensidad permanente de cortocircuito en el primario (A).

S_R: Potencia de cortocircuito de la red eléctrica. Los valores usuales suelen rondar los 350 MVA. Este valor es proporcionado por los servicios técnicos de la compañía eléctrica suministradora (VA).

U_p: Tensión nominal del primario del transformador (V).

Con esto podemos hacer un estudio de los efectos a nivel térmico. Para un estudio a nivel electrodinámico se emplea la intensidad máxima de cortocircuito dada por:

$$I_{cc,m\acute{a}x} = 2.5 \cdot I_{cc,p}$$

Corriente de cortocircuito en el secundario: Esta intensidad se utiliza para calcular la protección necesaria en cabecera de la instalación.

1-) Caso de potencia de cortocircuito de la red eléctrica infinita.

$$I_{cc,s} = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_{cc}^2 + X_{cc}^2}}$$

$$R_{cc} = \frac{\varepsilon_{Rcc} \cdot U_n^2}{S_n} \quad X_{cc} = \frac{\varepsilon_{Xcc} \cdot U_n^2}{S_n} \quad \varepsilon_{cc} = \sqrt{\varepsilon_{Rcc}^2 + \varepsilon_{Xcc}^2}$$

Donde:

$I_{cc,s}$: Intensidad de cortocircuito en el secundario (A).

U_n : Tensión nominal, que es la tensión que hay en la instalación un instante antes de producirse el cortocircuito (V).

R_{cc} : Resistencia de cortocircuito del transformador (Ω).

X_{cc} : Reactancia de cortocircuito del transformador (Ω_r).

ε_{cc} , ε_{Rcc} , ε_{Xcc} : Porcentajes de tensión de cortocircuito. Vienen especificados en las características del propio transformador (por lo general en su protocolo de ensayos). Se expresan en %, pero se emplean en la fórmula en tanto por uno

S_n : Potencia del transformador (VA).

2-) Caso de potencia de cortocircuito de la red eléctrica finita. Esta forma de calcular la intensidad de cortocircuito, y que no hace DMelect, es más fina que considerando una potencia de cortocircuito infinita, y supone obtener una intensidad de cortocircuito menor. De todas formas, como CYPE no calcula la sección ni la protección frente a cortocircuitos no es que nos sea de mucha utilidad.

$$Z_t = 1 + \left(\frac{\varepsilon_{cc} \cdot S_R}{S_n} \right)$$
$$S_{cc} = \frac{S_R}{Z_t} \quad I_{cc,s} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U_n}$$

Donde:

S_R es la potencia de cortocircuito de la red eléctrica. Este valor es proporcionado por los servicios técnicos de la compañía eléctrica suministradora. Los valores usuales suelen rondar los 350 MVA (VA).

De nuevo estas intensidades se calculan para el estudio de los efectos térmicos. Para hacerlo a nivel de efectos electrodinámicos se emplea la siguiente fórmula:

$$I_{cc,m\acute{a}x} = 2.5 \cdot I_{cc,p}$$

Como ya dije, CYPE no calcula ni las secciones ni las protecciones necesarias para proteger la red frente a sobrecargas y cortocircuitos, luego esto queda a cargo del diseñador a partir de los resultados de cálculo de cortocircuito que proporciona el programa.

3.1.4 - Modulo de electrificación de Procedimientos Uno: BTwin -

Descripción básica

BTwin es un módulo independiente pensado para el cálculo, diseño, comprobación y dimensionamiento de instalaciones eléctricas para baja tensión y alumbrado público con cualquier sistema de canalización, suministro y material. Calcula redes eléctricas tanto subterráneas como receptoras interiores. Para el cálculo eléctrico y mecánico de redes aéreas, posee un módulo específico como ya vimos (LBwin).

La principal novedad que presenta Procuno respecto a CYPE y DMelect es que la zona de edición gráfica pues simula un CAD 2D (Diseño Asistido por Computador en 2 dimensiones). Esto hace que en cuanto al tema de la edición gráfica Procuno sea el programa más completo de los tres. Además como veremos más adelante el programa presenta dos modalidades de trabajo que además pueden combinarse entre si.

A grandes rasgos el programa se divide en tres zonas bien diferenciadas:

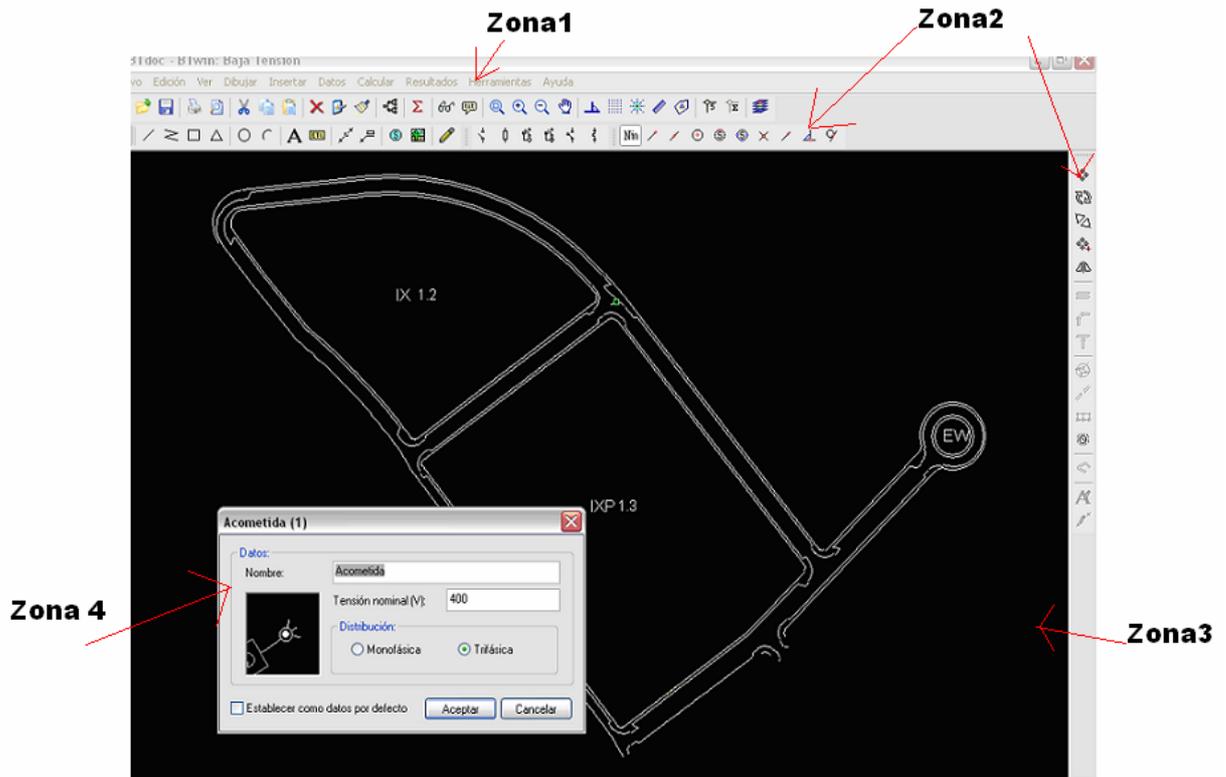


Fig. 1: Aspecto general del modulo de electrificación de Procuno

- Zona 1: Menú general de opciones que engloba todas las funciones y opciones que se pueden ejecutar con el programa y que se encuentra en la parte alta de la pantalla: Archivo, edición, ver, dibujar, insertar, datos, calcular, resultados, herramientas y ayuda. Destacar las opciones de dibujo (líneas, polilíneas, círculos, arcos, textos, símbolos, bocetos etc.) y herramientas de dibujo (gestión de capas, estilos de acotación, calibrar plano, modo ortogonal, medir distancias y áreas etc.) que simulan un entorno gráfico de CAD 2D y que hace que Procuno cuente con el editor gráfico más potente de los tres programas que estamos comparando. Por otro lado entre los componentes que podemos introducir en nuestra instalación tenemos:

a) Nudos de suministro: Acometidas que será el origen de todo circuito y transformadores. Aquí, al igual que DMelect cada nudo tiene su simbología particular lo que da mayor intuitividad al proceso de edición gráfica. Además dada la potencia del editor grafico, podemos editar símbolos particulares para cada uno de los nudos que introduzcamos en nuestra instalación.

b) Nudos de consumo y de transición: Tenemos luminarias de diversos tipos (puntos de luz incandescente y por tubo de descarga y emergencia incandescente o por tubo de descarga), motores, consumos directos y tomas de corriente. Como no podemos

introducir consumos por dotación, pero aún así en cuanto a tipos de nudos de consumo Procuno es el más completo de los tres.

c) Tramos: Los introduciremos a través de líneas y polilíneas y permite introducir cables de distintos tamaños y materiales.

d) Protecciones: Podemos introducir fusibles, interruptores automáticos, magnetotérmicos, interruptores automáticos, diferenciales, interruptores térmicos y aparata de corte y maniobra. Como ya dije cada uno de estos elementos tiene su símbolo particular modificable lo que le proporciona mayor intuitividad al proceso de edición gráfica.

Todos estos elementos, al igual que DMelect, tienen asociado su símbolo particular, lo que hace que no tengamos que seleccionarlo nosotros para diferenciar el tipo de nudo que tenemos como ocurría con CYPE. Esto da mayor rapidez e intuitividad al proceso de edición gráfica.

- Zona 2: Diversas barras de herramientas que contienen botones de acceso directo a prácticamente todas las opciones del programa. Veamos cuales son:

a) Estándar. Consiste en la barra de herramientas principal del programa, y permite el acceso rápido a las funciones más comunes del mismo: guardar, abrir y nuevo proyecto, imprimir, vista preliminar, opciones de edición gráfica (cortar, copiar, pegar y eliminar nudos o ramas), propiedades de nudos y ramas, copiar propiedades de nudos y ramas (especialmente útil para editar rápidamente elementos con las mismas características), ver/ocultar entidades conectadas, calcular, etiquetas informativas, diversos zooms (zoom de todo, de ventana y previo. Al zoom dinámico se accede manteniendo pulsada la tecla ctrl.+botón derecho del ratón), modo ortogonal, vista dinámica, medir distancias y áreas, ver/ocultar puntos conectados y gestión de capas. Destacar que no tenemos la posibilidad de deshacer o rehacer modificaciones. Eso si tenemos opciones útiles de edición gráfica que no teníamos con DMelect o CYPE tales como medir distancias, aéreas y perímetros o copiar propiedades de nudos o ramas. Con esto ya empezamos a ver el porqué de en cuanto al tema de edición gráfica Procedimiento uno es el programa más completo de todos.

b) Barra de propiedades del dibujo: Se trata de una barra flotante que muestra y permite modificar las propiedades de dibujo de las

entidades seleccionadas, o en caso de no haber, muestra y permite modificar las propiedades de dibujo que se asignarán a las entidades nuevas que se vayan dibujando. Contiene una lista desplegable con todas las capas definidas en el dibujo y permite seleccionar el color de trazo, el estilo de trazo, el color de relleno y estilo de relleno para cada una de las capas de nuestro dibujo. Esto es muy útil pues permite definir nuestra imagen de fondo a nuestro gusto. También permite hacer visible o bloquear capas. Por tanto podemos ver que Procedimiento uno comparte gran número de opciones que posee el gestor de capas de un CAD 2D. Esto confirma lo que adelanté en cuanto a que Procedimiento uno posee muchas opciones similares a las de un CAD 2D haciendo del un programa con un potente editor gráfico.

c) Dibujo: Barra de herramientas que contiene opciones típicas de programas de diseño gráfico como Autocad. Así podemos dibujar líneas, polilíneas, círculos, curvas etc. o bien podemos realizar acotaciones, introducir textos, realizar bocetos, introducir diversos símbolos eléctricos (librería de símbolos) o incluir mapas de bits.

d) Edición: Barra de herramientas cuyos botones permiten el acceso rápido a las opciones de edición gráfica de entidades en el área de dibujo tales como mover girar duplicar simetría, prolongar, dividir, convertir en polilínea etc. Sin duda esta barra de herramientas y la anterior son novedosas con respecto a CYPE y DMelect y confirma que Procuno posea el módulo de edición gráfica más potente de los tres programas pues simula que estamos trabajando con un CAD 2D.

e) Símbolos: Barra de herramientas que agrupa todas las opciones que permiten insertar en el área de dibujo los distintos tipos de símbolos que el programa contempla, a excepción de aquellos que identifican a los dispositivos de protección, que poseen su propia barra de herramientas.

f) Protecciones: Barra de herramientas que agrupa todas las opciones que permiten insertar en el área de dibujo los distintos tipos de símbolos que identifican a los dispositivos de protección.

g) Referencias: Barra de herramientas que permite tomar referencias sobre el dibujo.

- Zona 3: Se trata de la zona de edición gráfica que es la zona sobre la que introducimos todos los bloques gráficos de la red de baja tensión para su posterior cálculo. Procuno permite trabajar de dos maneras:

a) Trabajar en planta: Es la forma en la que hemos trabajado hasta el momento con CYPE y DMelect y como sabemos, consiste en importar una imagen de fondo (formatos admitidos DWG y DXF) y utilizarla como plantilla para dibujar la instalación eléctrica. La principal ventaja de esta modalidad de trabajo es la toma de longitudes de forma automática una vez calibrado el plano. Al igual que CYPE, BTwin creará de forma automática el esquema unifilar de nuestra instalación para facilitar su posterior comprensión.

b) Trabajar en esquema: Consiste en dibujar directamente el esquema unifilar pues dada la potencia del editor gráfico de Procuno podemos dibujar prácticamente cualquier esquema con cualquier tipo de símbolo y referencias. Como adelanté se puede combinar este modo de trabajo con el anterior, es decir, podemos cargar la imagen de fondo que queramos como referencia y a partir de ella dibujar nuestro esquema unifilar.

Como ya he comentado varias veces el punto fuerte del programa es el editor gráfico. Veamos cuáles son sus principales características:

- Permite importar planos en formato DXF o DWG, que son los formatos típicos que manejan los programas de tipo CAD. Dicho plano puede ser calibrado (herramientas → calibrar plano) de manera que podemos adaptarnos a la escala a la que este dibujado el plano que utilizemos como imagen de fondo, ventaja sobre DMelect y CYPE. Para ello, requiere primero medir una distancia sobre el dibujo, y después indicar la distancia real en metros. Así si medimos una distancia de 100 m e indicamos que la medida real son 200 m significaría que el plano de que disponíamos estaba a escala 1/2 y trabajaríamos sobre el como si estuviera a escala real.

- Permite dibujar entidades simples de dibujo gracias a la barra de herramientas de dibujo vista anteriormente. También permite modificar entidades ya existentes utilizando para ello opciones (ya vistas anteriormente cuando describí las distintas barras de herramientas) como selección, cortar, copiar, pegar, eliminar, seleccionar todo, mover, girar, escalar, duplicar, simetría, paralela, esquina, prolongar, partir y descomponer, convertir en polilínea y propiedades de los textos.

- Posee una librería de símbolos que almacena los símbolos existentes (los definidos en las barras de herramientas de símbolos y protecciones por ejemplo) y va añadiendo símbolos nuevos definidos por el usuario. Esto es otra novedad respecto a DMelect y CYPE.
 - Tiene una lista de capas personalizable por el usuario a través de la opción gestión de capas y que es más completa que la de CYPE y DMelect, pues tenemos opciones que no teníamos allí como definir el estilo de trazo o indicar el color de relleno. Además podemos trabajar con varias capas simultáneamente (lo que nos permite definir varios circuitos sobre una misma imagen de fondo) que sería por así decirlo el equivalente al editor de circuitos de DMelect.
 - Dispone de herramientas que permiten identificar puntos en pantalla, medir distancias y medir áreas y perímetros y que se encuentran en la barra de herramientas estándar.
- Zona 4: Por último podríamos decir que el Procuno tiene una cuarta zona y que se correspondería a las ventanas de propiedades de cada uno de los elementos que introducimos en nuestra red eléctrica. Veamos como son estas ventanas de propiedades elemento a elemento:

1-) Acometidas y transformadores.



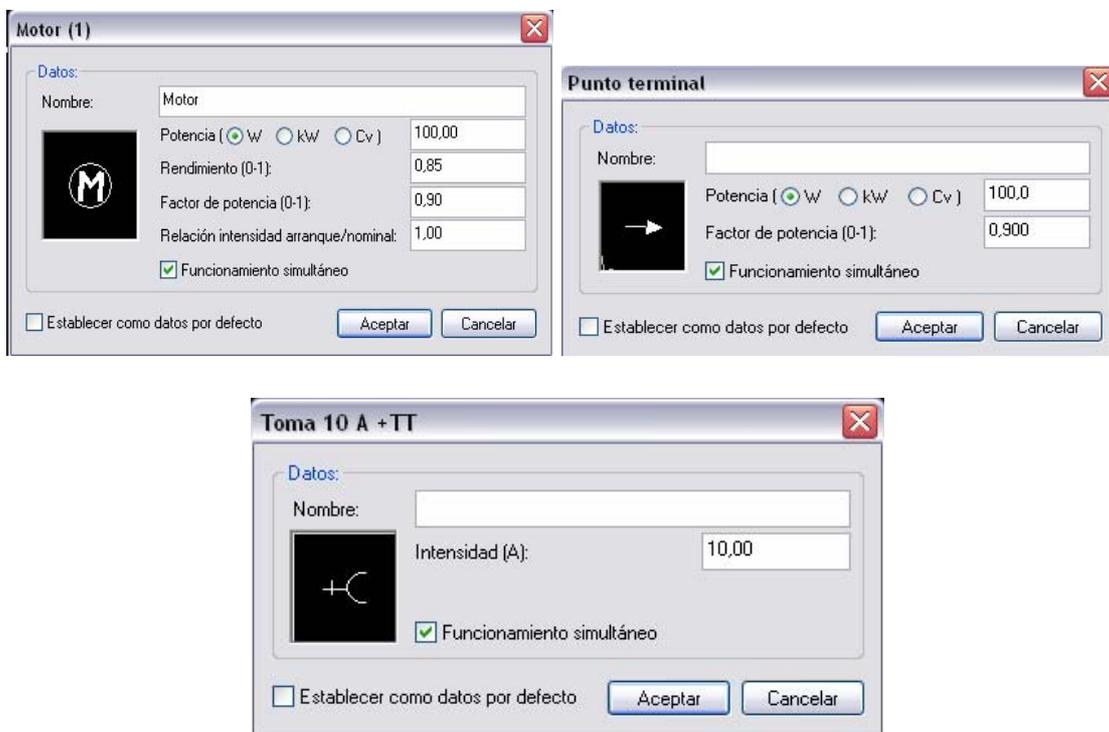
Destacar que en la acometida podemos introducir tanto distribuciones trifásicas como monofásicas. Por otro lado, a diferencia de DMelect y CYPE, Procuno tiene en cuenta las pérdidas del transformador en el cobre (material de las bobinas que forman el transformador).

2-) Puntos de luz incandescentes y por tubo de descarga.



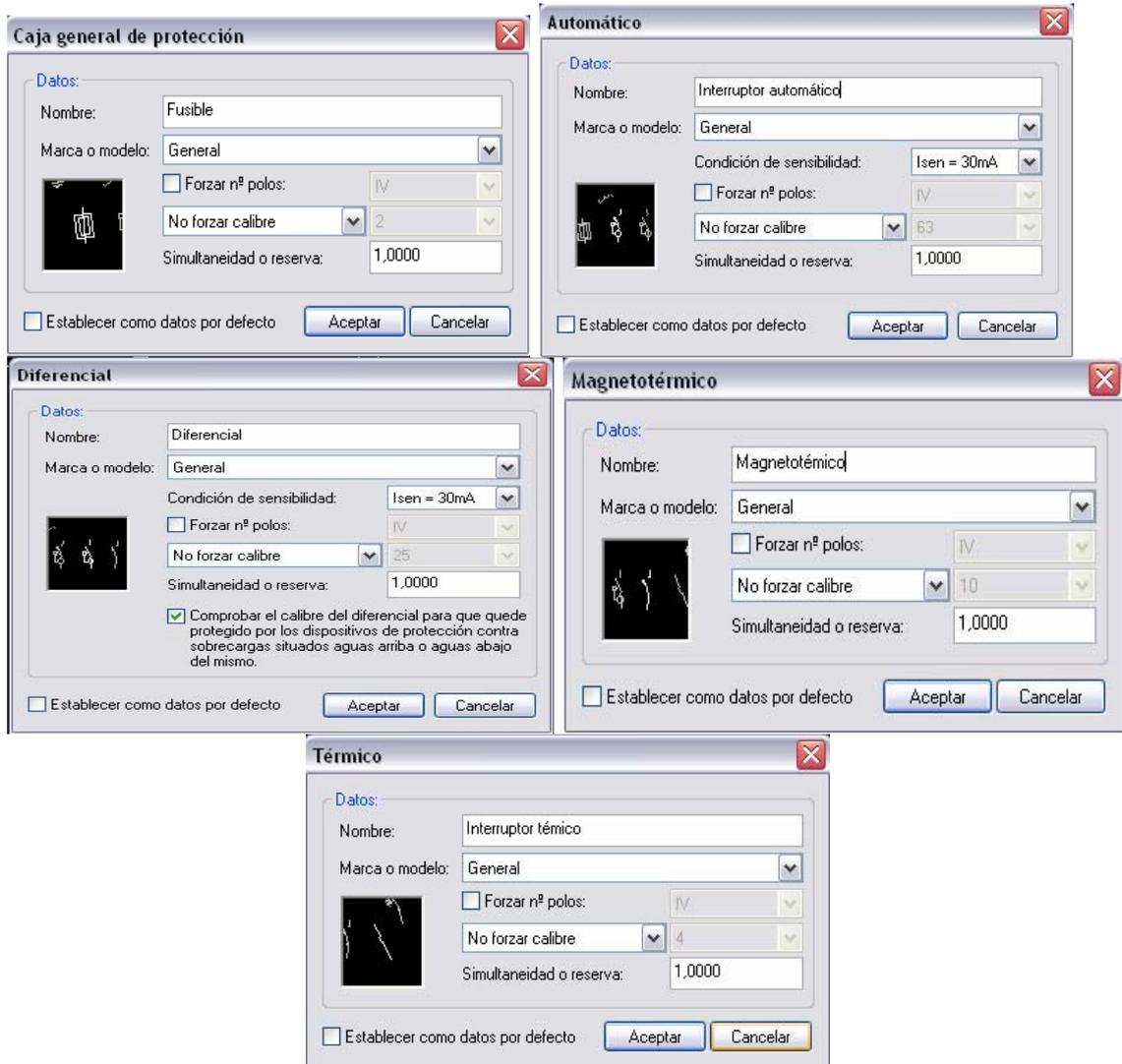
Destacar que en las luminarias, a diferencia de DMelect podemos introducir luminarias de cualquier potencia y factor de potencia, además de poder elegir entre puntos de luz incandescentes o por tubo de descarga.

3-) Motores, consumos y tomas de corriente.



Destacar que con Procuno a diferencia de DMelect y CYPE podemos introducir motores y tomas de corriente, elementos característicos de instalaciones interiores receptoras. Además al igual que con CYPE podemos definir un factor de potencia particular para cada nudo de consumo. En este sentido CYPE va más allá permitiendo además particularizar la caída de tensión máxima admisible en el nudo, así como el coeficiente de uso.

4-) Elementos de protección: Fusibles, interruptores automáticos, diferenciales, magnetotérmicos e interruptores térmicos.



Como vemos tenemos la opción de forzar los calibres de los elementos de protección de forma que se adapten a los catálogos de que disponemos opción muy útil que no teníamos en DMelect.

5-) Elementos de maniobra (interruptores manuales y contactores) y puesta a tierra.





Aquí a diferencia de DMelect tenemos elementos de maniobra que no tenemos allí como los interruptores manuales y los contactores (normalmente asociados a motores).

6-) Tramos de cable.



Destacar que podemos añadir al tramo una longitud extra distinta a las condiciones generales para tener en cuenta la diferencia de alturas, cosa que no podíamos hacer con DMelect o CYPE, salvo que pusiéramos directamente un longitud mayor sobre el dibujo, lo que podría llevar a confusiones y no saber que esa longitud extra de cable es para salvar una diferencia de alturas. Por lo demás, al igual que CYPE, podemos particular para cada rama el factor de simultaneidad, aunque en este sentido CYPE va más allá permitiendo definir un factor corrector de intensidad máxima admisible.

Filosofía de trabajo

Como ya dije, tenemos dos formas de trabajar: trabajar en planta, que es como lo hemos venido haciendo de manera parecida con CYPE y con DMelect, o trabajar en esquema.

Trabajo en planta

La filosofía de trabajo seguida para trabajar en planta consiste en los siguientes pasos:

1-) Lo primero que haremos será importar una imagen de fondo de nuestro polígono en formato DXF o DWG. También podemos dibujarla directamente aprovechando las prestaciones de la interfaz gráfica ya vistas anteriormente. La ventaja de trabajar en planta es que el programa toma automáticamente las longitudes para las líneas. Para ello debemos, como ya comente antes, calibrar el dibujo en planta a través de la función herramientas/calibrar plano que se halla en el menú general de opciones. Esta herramienta nos permite adaptar la escala del dibujo de modo que una unidad de dibujo corresponda a un metro.

2-) A continuación definimos los datos generales de nuestra instalación. Nos aparece un cuadro de dialogo que se divide en los siguientes apartados:

a) Secciones mínimas: En este apartado podemos introducir los valores mínimos para la sección en circuitos de alumbrado, baja tensión así como del circuito de protección. Esto último es otra novedad respecto a CYPE y DMelect, pues con Procuno podemos también hacer el diseño del circuito de protección asociado a la puesta a tierra.

b) Máxima caída de tensión: Definimos la máxima caída de tensión tanto para nuestro circuito de alumbrado como de baja tensión (como sabemos es normalmente un 3% para alumbrado y un 5% para baja tensión).

c) Red de distribución: En este apartado asignaremos uno de los dos datos: Potencia de cortocircuito (dato que debe ser proporcionado por la compañía suministradora), o intensidad de cortocircuito. Depende del dato que tengamos más a mano. Ambos sirven para determinar la intensidad de cortocircuito en todos los puntos de la instalación, y con ello, para seleccionar el poder de corte de algunos dispositivos de protección como fusibles, automáticos o magnetotérmicos. Ya veremos como se utiliza este dato más detalladamente en los fundamentos de cálculo.

d) Opciones: Aquí definiremos el factor de seguridad para cálculo de las secciones, el factor de aumento de longitud de los tramos (de forma que tengamos en cuenta los posibles cambios de altura. Esto es novedoso respecto a CYPE y DMelect) y elegiremos la forma en que se aplica el factor de 1,8 a aplicar en receptores con lámparas de descarga (bien se multiplica directamente por la potencia en vatios de la lámpara o bien se multiplica una vez aplicado el factor de potencia). También podemos forzar la misma sección para un mismo circuito (hace que el programa, durante el proceso de cálculo, fuerce la sección de todos los tramos de un mismo circuito al valor calculado para el primero de ellos. Esto sólo se cumple cuando la sección calculada para dichos tramos es inferior a la del primero. En caso contrario, se mantendrá la sección de cálculo), así como aumentar de forma automática la sección de un circuito cuando no haya margen suficiente entre su I_n y su $I_{máx}$ para seleccionar un calibre adecuado del dispositivo de protección que tenga aguas arriba (esta última opción supone una gran ventaja sobre CYPE y DMelect ya que podemos adaptar nuestra instalación a las protecciones que disponemos por catálogo).

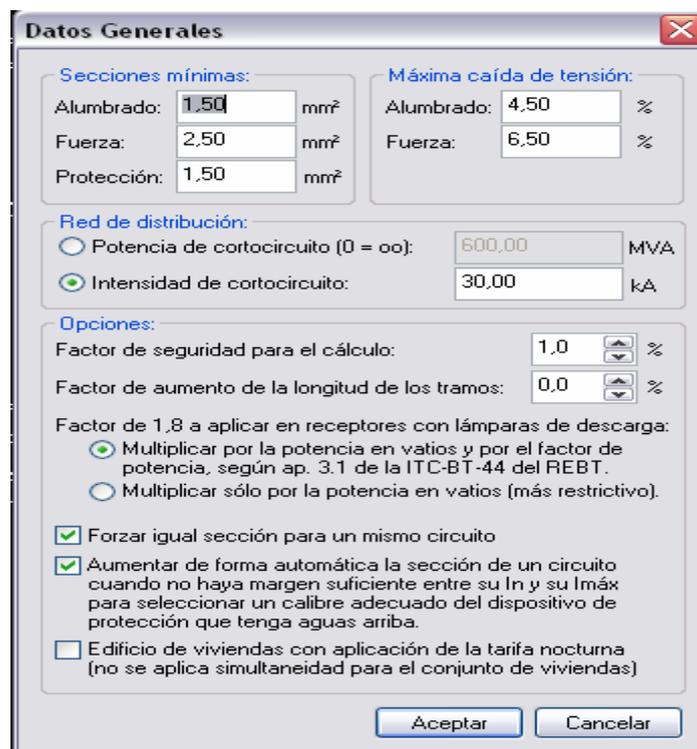


Fig. 2: Ventana de datos generales de Procuno

3-) Una vez tenemos definida la planta y los datos generales pasamos a la introducción de los distintos nudos, tramos y elementos de protección. Para el dibujo de los nudos de la instalación, debemos utilizar los símbolos de la librería, que como ya vimos es personalizable. Para el dibujo de los cables,

o circuitos que unen los elementos singulares, debe utilizar entidades de tipo Línea ó Polilínea. Toda instalación debe comenzar por un elemento del tipo Acometida. Todos los elementos de la instalación han de pertenecer a capas de cálculo. Las capas de cálculo las define el usuario y separa las capas de la imagen de fondo de los elementos nuevos que introducimos para la instalación eléctrica. Una ventaja de esta forma de trabajo es que podemos definir varias capas de cálculo de forma que para una misma imagen de fondo podemos editar varios circuitos. Además siempre se podrán mover entidades de una capa a otra mediante la barra de propiedades.

4-) Simultáneamente al diseño gráfico iremos definiendo las características de los elementos y los valores de las variables en la ventana de propiedades de los elementos. Podemos tener acceso a dicha ventana haciendo tan sólo un doble clic sobre cada elemento. Además al igual que con DMelect podemos variar las características de varios elementos a la vez a través de la opción copiar propiedades que se encuentra en la barra de herramientas estándar, lo cual agiliza mucho el proceso de edición gráfica.

5-) Una vez dibujada toda la instalación se calcula el proyecto. El programa calculará las secciones necesarias de acuerdo con el criterio del calentamiento y de caída de tensión máxima. Además calculará la sección necesaria para que la línea esté protegida frente a sobrecargas y cortocircuitos con las protecciones dispuestas en la instalación. También, a diferencia de DMelect, si hemos señalado esa opción en los datos generales de la instalación, aumentará de forma automática la sección de un circuito cuando no haya margen suficiente entre su I_n y su $I_{máx}$ para seleccionar un calibre adecuado del dispositivo de protección que tenga aguas arriba, de forma que adaptemos nuestra instalación al catálogo de elementos de protección disponibles.

6-) Una vez tenemos calculado el proyecto nos vamos al menú de resultados obteniendo la siguiente información:

a) Un memoria del proyecto en formato RTF, que es el fichero de intercambio de cualquier programa de tratamiento de texto, en el que se incluyen los siguientes apartados:

- Memoria descriptiva: Incluye datos de proyecto y del autor del proyecto a rellenar por el usuario. A diferencia de DMelect esta memoria NO describe la instalación.

- Memoria justificativa de cálculos: Justifica como se han realizado los cálculos del proyecto, así como la normativa aplicada para dichos cálculos. Se echa en falta que no justifique de manera completa la forma en que se han realizado los cálculos. Esto último ya se verá más en detalle.
- Cuadros resumen por circuitos, por tramos y de protecciones.
- Medición: Documento donde se contabiliza toda la aparatamenta del proyecto.

b) Unos esquemas unifilares que facilitan la comprensión de nuestra instalación eléctrica.

c) Además a diferencia de CYPE y de DMelect permite generar tablas dentro de nuestra instalación con información como método de instalación, tipo de protección utilizada, tensión de la línea, sección elegida etc. lo facilita la comprensión del dibujo de nuestra instalación eléctrica.

Transformador							
Circuito	Método de instalación	Ltot (m)	Un (V)	Pcal (W)	Imáx (A)	Sección	Cdt (%)
	PVC 750V Cu Empotrado bajo tubo flexible PVC	1,45	400	100	17,5	(4x2,5)mm ² Al bajo tubo=20mm	0,0010

Como vemos, encontrarse con eso dentro de un dibujo de una instalación se agradece pues facilita la comprensión de la misma.

Trabajo en esquema

Por otro lado como ya dijimos la otra forma de trabajar es realizar el diseño de la instalación en esquema aprovechando el potente editor gráfico de que dispone Procuno. Para dibujar una instalación en forma de esquema unifilar no hace falta disponer del dibujo de la planta del edificio (aunque como dijimos podemos cargar una imagen de fondo que nos sirva como referencia y combinar esta modalidad de trabajo con la anterior). Tan sólo basta con partir de un elemento de tipo Acometida, y seguir trazando líneas, e insertando dispositivos de protección y receptores hasta tener configurada la topología en árbol de la instalación. A diferencia del método anterior, en este debemos introducir directamente la longitud de las líneas, pues esta no vendrá dada a escala del dibujo.

Por lo demás la filosofía de trabajo de trabajo es similar a la de trabajar en planta salvo las diferencias antes comentadas.

Nota: Realmente, con CYPE y con DMelect también podríamos trabajar en esquema y no utilizar imagen de fondo alguna, pero sería más dificultoso que con Procuno, pues estos programas están concebidos para trabajar sobre imágenes de fondo predefinidas. Como ya he dicho Procuno simula un CAD 2D lo que nos permite dibujar prácticamente cualquier tipo de instalación en esquema unifilar y cualquier tipo de símbolo ya que podemos personalizar la librería de símbolos disponibles de elementos de la instalación eléctrica.

Fundamentos de cálculo

Al igual que con CYPE y DMelect podemos actuar de dos maneras diferentes para calcular instalaciones eléctricas: modo diseño en la cual el programa calcula y optimiza automáticamente las instalación más sencilla y modo comprobación en la cual partimos de unas secciones dadas diseñadas por el usuario y el programa comprueba que no ha habido errores. Por otro lado el programa es capaz de calcular instalaciones eléctricas bien subterráneas o receptoras interiores, pues trabaja con la normativa necesaria para abordar este tipo de instalaciones, es decir, la ITC-BT-07 y la ITC-BT-19 respectivamente. Sin embargo, como vimos no calcula instalaciones en baja tensión en caso que sean aéreas, pues para ello ya dispone de un modulo específico (LBwin).

Nos centraremos en el modo de diseño. Para ello bastará con definir los datos y parámetros de cada nudo y rama y el programa calculará automáticamente la sección necesaria para que se cumpla el criterio del calentamiento (ninguna línea se verá recorrida por una intensidad mayor que la admisible), el de caída de tensión total (en ningún nudo por alejado que este, sufrirá una caída de tensión mayor que la especificada en las condiciones generales). Además, como sabemos, también es capaz de calcular la sección y la protección necesaria para que la línea este protegida frente a sobrecargas y cortocircuitos.

La base fundamental de cálculo en la que se apoya el programa no la especifica, aunque si puede resolver indistintamente sistemas radiales, mallados y mixtos. La formulación que utiliza es la siguiente:

Calculo eléctrico en régimen permanente

Como cargas se utilizan las potencias consumidas en cada uno de los nudos, las intensidades consumidas en cada nudo las obtendremos del siguiente modo:

Distribución monofásica:

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi}$$

Siendo:

- V = Tensión (V).
- P = Potencia (W).
- I = Intensidad de corriente (A).
- Cos φ = Factor de potencia.

Distribución trifásica:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi}$$

Siendo:

- V = Tensión entre hilos activos.

Para las caídas de tensión en cada una de las ramas utilizaremos la ley de Ohm:

- Distribución monofásica:

$$e = \frac{2 \cdot P \cdot L}{K \cdot S \cdot U_n}$$

Siendo:

- e = Caída de tensión (V).
- S = Sección del cable (mm²).
- K = Conductividad.
- L = Longitud del tramo (m).
- P = Potencia de cálculo (W).
- U_n = Tensión entre fase y neutro (V).

- Distribución trifásica:

$$e = \frac{P \cdot L}{K \cdot S \cdot U_n}$$

Siendo:

- U_n = Tensión entre fases (V).

Por otro lado sabemos que la caída de tensión de una rama depende de la resistencia, que a su vez depende de la conductividad. Procuro al igual que CYPE no tiene en cuenta este factor lo que supondrá una ligera imprecisión

a la hora de calcular las caídas de tensión en las ramas lo que puede desembocar en un aumento de la sección para que se cumpla dicho criterio. También, al igual que CYPE y DMelect, da la posibilidad de trabajar introduciendo un coeficiente de seguridad a la hora de realizar los cálculos, aunque como sabemos todo lo que sea tomar este factor superior a 1 puede suponer un sobredimensionamiento de la instalación lo que encarece el coste de la misma.

Calculo de Sobrecargas y cortocircuitos

Desgraciadamente el programa no especifica, ni en el manual ni en la memoria justificativa de cálculos, que formulación utiliza para el cálculo de la instalación frente a sobrecargas y cortocircuitos, ni tampoco las formulas empleadas para el cálculo de cortocircuitos. Simplemente indica que se ajusta al reglamento electrotécnico de baja tensión luego en teoría debería utilizar la misma formulación que vimos en el apéndice de la ITC-BT-07 para el calculo de la intensidad máxima admisible por el cable en caso de instalaciones subterráneas que son con las que trabajaremos, y la NORMA UNE 20460, ITC-BT-22 para el calculo de la línea frente sobrecargas y cortocircuitos. Pero aún así esto supone un inconveniente, pues alguien que desconozca el reglamento no tiene ni idea de que manera ha calculado los cortocircuitos y tampoco sabe de forma ha calcula la sección y la protección necesaria para que la línea quede protegida frente a sobrecargas y cortocircuitos. Si a esto le sumamos que tampoco indica la base fundamental de cálculo en la que se basa el programa (por lo que crea incertidumbre sobre la precisión del programa en los cálculos) podemos decir, que a falta de datos, es el programa que más pobremente realiza el diseño de una instalación eléctrica, o al menos el que más pobremente justifica los cálculos realizados. Luego veremos más adelante que el programa es bastante fiable a la hora de realizar los cálculos, pero de eso me he cerciorado una vez que he comparado los resultados obtenidos para un caso concreto con los tres programas. Por ello esto es un punto en contra de Procuno.

En su favor podemos decir que da la posibilidad de particularizar las condiciones para cada nudo o rama, como el factor de potencia en cada nudo o el factor de simultaneidad en cada rama.

3.1.5 - Comparativa de los módulos de electrificación y conclusiones -

Antes de empezar, es importante aclarar que en este apartado cuando hablo de DMelect, CYPE y Procuno me estoy refiriendo únicamente a los módulos descritos anteriormente, es decir, me estoy refiriendo al módulo

de instalaciones urbanas para DMelect, el módulo de electrificación de CYPE y el módulo BTwin de Procuno.

Interrelación con el usuario

En este apartado DMelect supera tanto a CYPE como a Procuno tanto a nivel de facilidad de manejo, versatilidad, y rapidez de trabajo. Justifiquemos el porqué:

1-) Con DMelect una vez definidas las condiciones iniciales, la filosofía de trabajo es muy sencilla. Tan solo tenemos que pensar en la operación que queremos realizar, señalarla en la botonera correspondiente (pues como vimos prácticamente todas las opciones del programa son directamente accesibles) y ejecutarla en la zona de edición gráfica. Por el contrario, con CYPE, aunque el proceso también es sencillo, es un poco más engorroso pues no tenemos acceso directo a las opciones de programa, sino que tenemos que hacerlo a través de un menú desplegable que nos aparece a la derecha de la pantalla. Además, como ya vimos en la descripción de CYPE, no diferencia entre el tipo de nudo que introducimos, sino que de manera genérica los denomina nudos de suministro general o de consumo. Por tanto esta en nuestras manos elegir el símbolo particular para cada nudo de manera que podamos diferenciar el tipo de nudo que tenemos. Esto resta velocidad e intuitividad al proceso de edición gráfica. Procuno sigue una filosofía de trabajo parecida en este sentido a DMelect, pues casi todas las opciones son directamente accesibles a través de las distintas barras de herramientas de que dispone el programa como vimos. Lo único a lo mejor que puede hacer un poco más difícil, es que siempre tenemos que trabajar como mínimo con dos capas: una capa para la imagen de fondo y otra capa que deberemos definir nosotros previamente como capa de cálculo, y que es donde editaremos todos los componentes de la instalación eléctrica. También tenemos que calibrar previamente la imagen, pero una vez hecho todo esto la filosofía de trabajo es parecida a DMelect.

Nota importante: Realmente lo que hace más difícil trabajar con Procuno que con DMelect, es que todos los símbolos que vamos introduciendo dentro de la red eléctrica aparecen con un determinado tamaño, dando igual el tamaño de la imagen de fondo. Esto supone que cuando tenemos que abarcar una gran superficie, como puede ser la manzana de un polígono industrial, los elementos de la red eléctrica aparecen demasiado pequeños, teniendo que escalar cada símbolo nuevo que vayamos introduciendo, lo que ralentiza el proceso de edición gráfica.

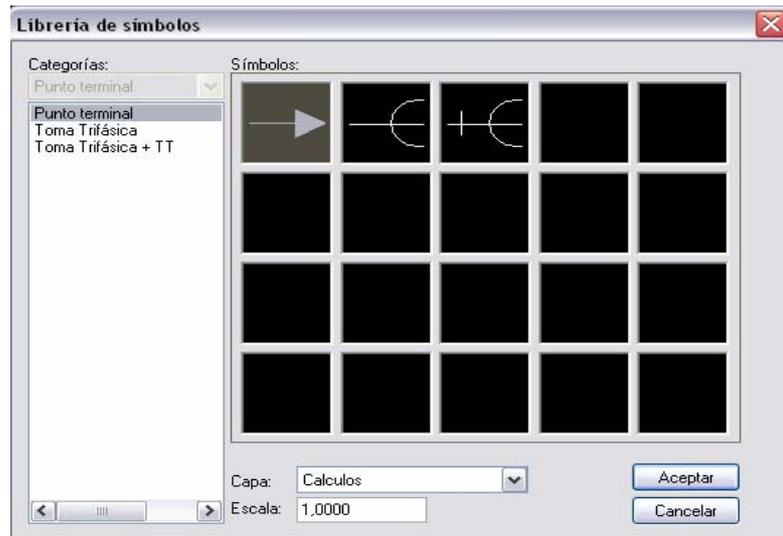


Fig. 1: Aspecto de la librería de símbolos para un consumo puntual con Procuno

2-) Con DMelect podemos editar distintos tramos y nudos de forma simultanea, pues permite seleccionar varios elementos a la vez si mantenemos pulsada la tecla ctrl. como lo haría cualquier herramienta de entorno Windows. Sin embargo con CYPE no tenemos más remedio que irnos al menú desplegable de derecha de la pantalla, elegir la opción de edición para nudos o ramas, e ir modificando los datos nudo a nudo y rama a rama. Esto ralentiza más si cabe el proceso de edición gráfica. Eso si, al menos tenemos la opción de “asignar” que como vimos permite modificar valores típicos en nudos (Potencia consumida y factor de potencia) y ramas (Longitud, material y sección). Esta última opción agiliza el proceso de edición gráfica, pero la modificación de datos sigue siendo elemento a elemento.



Fig. 2: Ventanas auxiliares para la edición de nudos y ramas con CYPE

Con Procuno, como vimos, tenemos la opción de copiar las propiedades de los elementos (siempre y cuando estos sean iguales), con lo que al igual que con DMelect podamos editar varios elementos a la vez. Quizás no sea tan directo como con DMelect, pues una vez copiamos las propiedades de un elemento tenemos que indicar que elemento queremos editar, pero desde luego es mejor que el sistema que utiliza CYPE (que sólo podemos modificar unas pocas propiedades de cada elemento), pues como vemos podemos copiar todas las propiedades del elemento en cuestión.

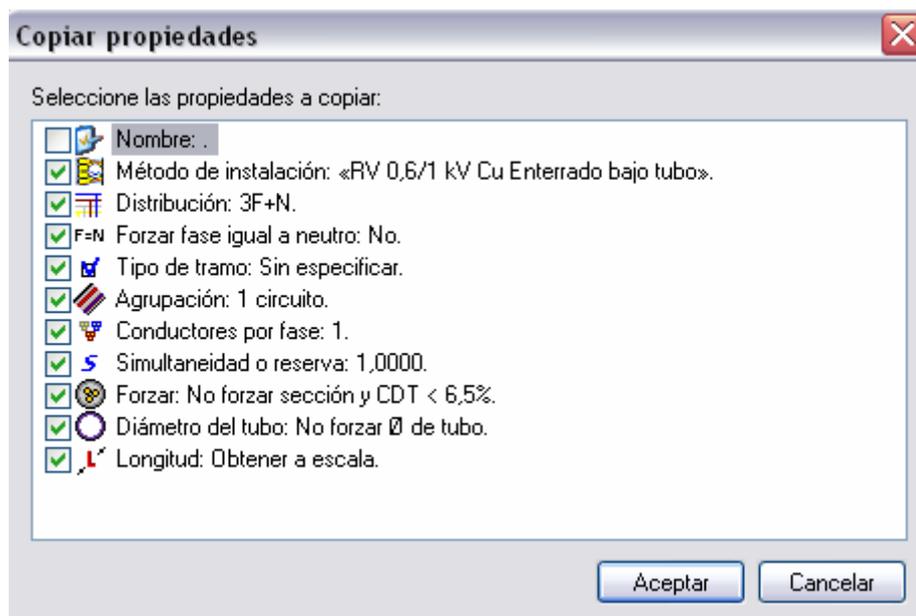


Fig. 3: Ventana de propiedades para una línea eléctrica con Procuno

3-) Con DMelect tenemos todas las posibilidades de edición de cualquier programa de entorno Windows: Podemos cortar, copiar y pegar elementos directamente utilizando los comandos Ctrl. + X, Ctrl. + C, Ctrl. + V respectivamente. Además podemos deshacer y rehacer un cierto número de modificaciones que hallamos realizado durante la fase de edición gráfica de nuestro proyecto. Esto último también es posible hacerlo con CYPE. Con Procuno, tal y como vimos, también podemos realizar las operaciones de cortar, copiar, pegar e incluso eliminar elementos a través de los correspondientes comandos de la barra de propiedades estándar. Sin embargo, se echa de menos no poder deshacer y rehacer modificaciones durante la fase de edición gráfica.

4-) Corregir los errores de diseño con DMelect es mucho más directo que con CYPE y con Procuno, ya que si calculamos el proyecto y hay errores nos aparece un cuadro de dialogo indicándonos las ramas y nudos erróneos. Haciendo un clic sobre cualquiera de los mensajes el programa nos relaciona el error cometido con la rama o nudo correspondientes remarcándolo en azul. Haciendo un doble clic nos lleva directamente al nudo o rama erróneos. Con CYPE, sin embargo no nos aparece ningún cuadro de diálogo, tan solo nos aparece remarcado de color rojo en la zona de edición gráfica los nudos y ramas erróneos, por lo que es tarea del usuario localizarlos. Con Procuno, al igual que con CYPE, tampoco nos aparece ningún cuadro de dialogo, tan sólo nos aparecen señalados los elementos erróneos de la red, aunque con una pequeña ventaja sobre CYPE y es que Procuno centra la vista en la zonas donde hay elementos erróneos, olvidándose del resto de la instalación, lo que facilita la tarea de localizar los errores.

5-) Para el calculo de protecciones frente a cortocircuitos en redes malladas un procedimiento muy habitual para obtener las corrientes máximas de cortocircuito es abrir la red por la rama de mínima tensión. DMelect, a diferencia de CYPE y Procuno, nos remarca la rama de mínima tensión en color verde lo que facilita su localización.

6-) El manual de usuario de DMelect es mucho más completo, extenso y claro que el que disponemos para CYPE y Procuno. Los manuales de DMelect nos explican detalladamente todas las posibilidades del programa, mientras que los manuales de CYPE y Procuno sólo nos dan pinceladas sobre las posibilidades del programa a la vez que resuelven un ejemplo, por lo que es probable que, si el usuario no tiene mucha experiencia omita muchas de las posibilidades que tiene el programa. Para hacerse una idea, sólo el manual de electrificación de DMelect ya es más extenso que los manuales de todos los módulos de infraestructuras de CYPE y Procuno. Como compensación, tanto CYPE como Procuno ofrecen una ayuda en línea, aunque como sabemos esto nunca será tan práctico como disponer de un manual completo del programa que nos dé una visión global de las posibilidades del mismo.

7-) Por último, señalar que con Procuno la navegación a lo largo de la zona de edición grafica es muy cómoda pues solo debemos mantener pulsada la tecla ctrl. mientras nos movemos con el ratón por la pantalla. Esto resulta novedoso respecto a CYPE y DMelect y lo cierto es que agiliza mucho el trabajo.

Por tanto, debido a lo señalado anteriormente, considero a DMelect superior a CYPE y Procuno en cuanto a nivel de interrelación con el usuario. DMelect es el programa que tiene un manejo más sencillo, pues prácticamente sin necesidad de tener ni tan siquiera que leer el manual, podemos intuir el manejo de DMelect, al menos en cuanto a sus opciones básicas. Otra cosa es que quisiéramos un manejo más avanzado, con lo que tendríamos que recurrir al manual de usuario que como ya comente DMelect dispone un manual completo que nos da una visión global de todas las posibilidades el programa. En segundo lugar estaría Procuno, dado que su filosofía de trabajo es parecida a la de DMelect. Además la posibilidad de copiar las propiedades de los elementos para editarlos a la vez, la posibilidad de poder cortar, copiar y pegar elementos, junto la facilidad de navegación a lo largo de la pantalla hace que se consiga una velocidad de trabajo más que aceptable. En este caso, CYPE quedaría en último lugar tanto en facilidad de manejo como en velocidad de trabajo.

Posibilidades del programa

Veamos las posibilidades que ofrece uno y otro programa:

1-) A nivel general, DMelect es el más completo, pues es capaz de diseñar y comprobar tanto redes de baja y alta tensión, como redes de alumbrado público (sin incluir el cálculo luminotécnico). Eso sí, esto implica tener que adquirir la licencia de los tres módulos de que esta compuesto el módulo de instalaciones urbanas (REDBT, REDAT y ALP). Sin embargo CYPE tan solo es capaz de diseñar y comprobar redes de alta o baja tensión mientras que Procuno (BTwin) sólo calcula redes de baja tensión y de alumbrado público, aunque habría que decir que estos dos últimos están compuestos por un único módulo. Si especificamos un poco más y nos centramos en lo que es el diseño de redes de baja tensión, DMelect es el más completo, pues calcula redes de baja tensión bien sean aéreas, subterráneas o receptoras interiores (módulo REDBT), mientras que CYPE sólo calcula si son aéreas o subterráneas y Procuno sólo si son subterráneas o receptoras interiores. Eso si, en cuanto al cálculo de instalaciones receptoras interiores el más completo es Procuno debido a que:

- a) Posee elementos típicos de este tipo de instalaciones que no posee DMelect tales como motores o tomas de corriente.
- b) Posee elementos de corte más específicos para este tipo de instalaciones como contactores (normalmente asociados a motores) o conmutadores.
- c) Permite definir luminarias de cualquier potencia y factor de potencia.
- d) Es capaz de diseñar el circuito de protección asociado a la puesta a tierra con el objetivo de evitar el riesgo de electrocución debido a contactos indirectos.
- e) Permite definir un factor de aumento de longitud de las líneas con la idea de salvar posibles diferencias de alturas.
- f) Permite forzar los calibres de los elementos de protección para adaptarnos a los catálogos de que dispongamos en ese momento (esto en general es útil para cualquier tipo de instalación eléctrica que tengamos).

Por todo esto se nota que Procuno esta más pensado para instalaciones receptoras interiores, mientras que DMelect y CYPE lo están más para instalaciones subterráneas y aéreas.

2-) A nivel de cálculo, con DMelect y Procuno definiendo los datos y parámetros de cada nudo y rama, el programa calcula la sección necesaria para que se cumpla el criterio del calentamiento (ninguna línea se verá recorrida por una intensidad mayor que la admisible), el de caída de tensión total (en ningún nudo por alejado que este, sufrirá una caída de tensión mayor que la especificada en las condiciones generales). Además, también es capaz de calcular la sección y la protección necesaria para que la línea este protegida frente a sobrecargas y cortocircuitos. Procuno en este sentido va más allá, pues es capaz de aumentar la sección automáticamente en caso de que no haya suficiente margen entre la intensidad máxima admisible del cable I_z y la intensidad nominal I_n del dispositivo de protección para que se cumpla el criterio de protección frente a sobrecargas. Sin embargo CYPE sólo calcula la sección para que se cumpla el criterio del calentamiento y el de caída de tensión máxima admisible. En ningún caso calcula la sección y la protección que necesitaríamos para que la línea esté protegida frente a sobrecargas y cortocircuitos. Únicamente nos calcula las corrientes de cortocircuito máximas y mínimas para cada rama y las corrientes de cortocircuito en bornes del primario y secundario del transformador para cada nudo, quedando en manos del diseñador el cálculo de las secciones y protecciones necesarias para la protección frente a sobrecargas y cortocircuitos.

3-) A nivel del resultados, DMelect nos proporciona una memoria descriptiva de proyecto, un anexo de calculo, un pliego de condiciones, una medición y unos esquemas DXF de la obra. Sin embargo CYPE tan solo nos ofrece una memoria de cálculo (donde incluye la medición) y unos esquemas DFX de la obra. Eso si la memoria de calculo ofrecida por CYPE es mucho más completa, clara y ordenada que la proporcionada por DMelect. Además podemos exportarla en diversos formatos: TXT, PDF, RTF y HTML que es el formato estándar utilizado por las páginas Web) .Por otro lado, como vimos, los esquemas DXF los podemos editar de tal manera que podamos utilizarlos directamente como planos de obra (podemos añadir un cajetín, centrar los planos, mover el dibujo etc.). De hecho la opción de CYPE que permite realizar esto se llama “planos de obra”. Por tanto podemos ver que en este sentido aunque CYPE ofrece menos resultados que DMelect, si lo hace de una forma por así decirlo más “profesional”. Procuno, por su parte, ofrece una memoria descriptiva (aunque lo cierto es que de muy poco interés, pues sólo incluye los datos de proyecto y del autor del proyecto a rellenar por el usuario y, a diferencia de

DMelect, NO describe la instalación), una memoria justificativa de cálculos (como ya dije incompleta, pues por ejemplo no justifica de que manera ha calculado las corrientes de cortocircuito, tan sólo hace mención a la norma y que todos los cálculos están hechos según la misma), unos cuadros de resultados (ordenados por nudos, ramas y protecciones, muy parecido a lo que hace CYPE) y por último una medición del proyecto. No incluye por tanto un pliego de condiciones como hace DMelect.

4-) En cuanto a posibilidades de edición gráfica Procuno es sin duda el programa más completo de los tres pues su editor gráfico simula un programa de CAD 2D. En segundo lugar estaría DMelect, que es más completo que CYPE, pues como vimos en la descripción del programa tiene un módulo base dedicado exclusivamente a ello. Veamos que posibilidades ofrecen unos y otros:

a) En primer lugar DMelect procesa imágenes de fondo no sólo en formato DXF y DWG (comúnmente utilizados por programas tipo CAD) como lo hace CYPE y Procuno, sino que también admite otros formatos como BMP (Comúnmente usado por los programas de Microsoft Windows y por el sistema operativo propiamente dicho), JPG (usado ampliamente para fotografías e imágenes de gran tamaño y variedad de color en la Web y por las cámaras digitales) y TIF (se utiliza masivamente en gráficos de imprenta).

b) DMelect, a diferencia de CYPE, tiene la opción de editar varios circuitos a la vez sobre una misma imagen de fondo para su posterior cálculo, lo que nos ahorra tener que realizar un nuevo proyecto para cada circuito distinto que tengamos. Procuno por su parte también es capaz de realizar esto. Tan sólo tenemos que definir una nueva capa donde dibujaríamos el nuevo circuito eléctrico.

c) DMelect permite capturar solo una zona del dibujo. Una de las aplicaciones mas importantes de esta opción es que hay casos en los que la imagen importada tiene una zona de influencia muy grande de manera que el dibujo del polígono nos aparece muy chiquitito, de hay que si capturamos solo la imagen chiquitita del polígono y el programa descarta el resto del dibujo. Sin embargo con CYPE no tendríamos mas remedio que editar previamente la imagen con Autocad para eliminar la zona de influencia no necesaria para la edición grafica. Con Procuno lógicamente no tendríamos este problema, pues simula un programa de CAD 2D y podemos hacer directamente las modificaciones que queramos sobre la imagen de fondo.

d) Con DMelect, al igual que con CYPE, podemos fijar el color de la imagen de fondo asociando un mismo color a todas las entidades del dibujo. Así si le asociamos un color difuso como gris oscuro, permite que las instalaciones bien de alumbrado, BT o AT resalten sobre el resto del dibujo, mejorando su apreciación. Además con CYPE podemos introducir el grosor de la línea de la imagen de fondo. Procuno es aún mas completo pues además podemos elegir el estilo de trazo y el color de relleno de la imagen de fondo.

e) CYPE tiene una opción muy útil que no tiene DMelect ni Procuno y es que podemos situar el origen de coordenadas donde más nos convenga al introducir la imagen de fondo, lo cual nos facilita una posterior introducción de datos por coordenadas.

Veamos otras opciones que posee exclusivamente Procuno y que hacen de él el programa mas completo de los tres con diferencia en cuanto a posibilidades de edición gráfica:

a) En primer lugar, podemos realizar las modificaciones que deseemos a la imagen de fondo directamente, sin necesidad de recurrir a otros programas como Autocad.

b) La potencia de su editor gráfico permite como ya vimos dos modalidades de trabajo que además se pueden combinar entre si: Trabajo en planta y trabajo en esquema.

c) Podemos prácticamente editar cualquier tipo de símbolo gracias a las herramientas de dibujo en 2D y librerías que posee.

d) Podemos medir distancias, áreas y perímetros. Además podemos calibrar la imagen de fondo en el caso de que esta no este dibujada a escala.

e) Permite, como ya vimos, generar tablas dentro de nuestra instalación con información como método de instalación, tipo de protección utilizada, tensión de la línea, sección elegida etc. lo facilita la comprensión del dibujo de nuestra instalación eléctrica.

Transformador							
Circuito	Método de instalación	Ltot (m)	Un (V)	Pcal (W)	Imáx (A)	Sección	Cdt (%)
	PVC 750V Cu Empotrado bajo tubo flexible PVC	1,45	400	100	17,5	(4*2,5)mm ² Al bajo tubo=20mm	0,0010

Fig. 4: Tabla de información sobre la instalación eléctrica de Procuno.

5-) Aunque en el apartado de cálculos DMelect es el más global (calcula instalaciones eléctricas bien sean aéreas, subterráneas o receptoras interiores) y en el de edición gráfica Procuno es más completo, CYPE tiene gran cantidad de opciones útiles que no tienen DMelect ni Procuno y que hace de él un programa mucho más práctico y “profesional”:

a) CYPE y Procuno, a diferencia de DMelect, nos proporciona un esquema unifilar de la red eléctrica en caso que sea ramificada, lo cual facilita la comprensión de la red eléctrica.

b) CYPE tiene en cuenta el tipo de suelo que tenemos (Suelto, cohesivo o roca), lo cual es especialmente útil si la red eléctrica va a ser subterránea pues posteriormente nos da una medición mas detallada que DMelect y Procuno de la excavación.

c) DMelect es capaz de realizar dos copias de seguridad, una copia temporal (*.TMP) y una copia de ultimo proyecto salvado (*.BAK). Esto es muy útil si tenemos algún problema a la hora de salvar el proyecto debido por ejemplo a un fallo del suministro eléctrico. Para recuperar la copia de seguridad únicamente tendremos que renombrar la extensión del fichero de seguridad (*.TMP o *.BAK) a *.IUR que es la extensión propia de los proyectos que es capaz de leer el programa. Estas copias de seguridad las podemos encontrar en el directorio “Proyectos de urbanización”. La ventaja de esta posibilidad sobre CYPE y Procuno es evidente.

d) CYPE posee un menú desplegable que nos permite configurar diversos aspectos de CYPE que DMelect y Procuno no permiten como configurar el sistema de unidades (sistema internacional, M.K.S o unidades inglesas), envíos de obra y planos (formato del plano A0, A1, A2, A3, A4).

e) CYPE tiene la opción de utilizar diversas hipótesis de calculo y combinarlas entre si. Así por ejemplo, para un mismo circuito podemos suponer diversas caídas de tensión máximas admisibles y calcular el proyecto para cada una de las caídas de tensión máximas admisibles supuestas. Además tenemos la posibilidad de fijar unas condiciones particulares para cada nudo y rama. Así para un nudo podemos fijar unas condiciones particulares de coeficiente de utilización, factor de potencia y caída de tensión máxima admisible, mientras que para una rama podemos fijar un coeficiente de simultaneidad, un coeficiente corrector de intensidad máxima admisible y el numero de cables en paralelo que van a formar la

rama. Con Procuno también podemos particularizar algunas condiciones como el factor de potencia en nudos, o el factor de simultaneidad y el número de cables en paralelo en ramas, pero como vemos no tenemos todas las posibilidades de particularización de condiciones que ofrece CYPE.

f) CYPE, a diferencia de DMelect y Procuno permite la introducción de cargas no solo de forma directa sino además por dotación. Además también permite definir consumos uniformemente distribuidos a lo largo de un tramo de instalación eléctrica.

En conclusión, CYPE tiene muchas posibilidades útiles como esquemas unifilares, combinación de hipótesis, edición de planos, memoria de cálculos clara y detallada, posibilidad de fijar condiciones particulares para cada nudo y rama, lo cual hace a CYPE un programa más “profesional” y práctico que DMelect y Procuno. Sin embargo CYPE no ofrece las posibilidades de cálculo que ofrece DMelect y Procuno (no calcula redes de alumbrado público, ni secciones y protecciones frente a sobretensiones), ni de edición gráfica (pues como vimos DMelect tiene un módulo dedicado a ese aspecto y Procuno directamente simula un CAD 2D), ni de resultados (CYPE no proporciona memoria del proyecto, ni pliego de condiciones) por lo que DMelect y Procuno en este sentido son más completos que CYPE. Ahora bien, si tuviera que decidir entre DMelect y Procuno, optaría por Procuno, pues no sólo está más preparado para el diseño de redes eléctricas receptoras interiores, sino que además tiene más posibilidades que DMelect (como dos modalidades de trabajo, particularizar condiciones de nudos y ramas, generar esquemas unificares etc.), además de contar con el editor gráfico más potente de los tres. Eso sí, a nivel global el más completo es DMelect pues es capaz de calcular redes eléctricas bien sean aéreas, subterráneas o receptoras interiores.

Fundamentos de cálculo

Comparemos ahora las bases de cálculo de cada programa:

1-) La base fundamental en la que se apoya CYPE es en una variante del método de elementos finitos discretizado, que le permite resolver indistintamente sistemas mallados, ramificados o mixtos. El método de elementos finitos es una de las herramientas más potentes y fiables a la hora de resolver problemas en ingeniería, luego en este sentido supera a DMelect cuya base fundamental en la que se apoya es en el cálculo matricial con algoritmos de optimización. De Procuno no puedo decir nada,

pues no especifica la base fundamental en la que se apoya para realizar los cálculos.

2-) Los tres programas utilizan las formulas analíticas teóricas para el calculo de intensidades, caídas de tensión, cortocircuitos etc. con la posibilidad de introducir un coeficiente de seguridad, lo que garantiza que los resultados obtenidos con uno y otro programa son válidos (eso si lo malo de Procuno es que como ya dije no justifica como realizar algunos cálculos como por ejemplo el cálculo de las intensidades de cortocircuito). Eso si, DMelect afina un poco más en los cálculos debido a que a diferencia de CYPE y Procuno tiene en cuenta la variación de la conductividad con la temperatura.

3-) CYPE y Procuno, a diferencia de DMelect permite la introducción de un coeficiente de potencia local para cada nudo, además de el que definimos como global en las condiciones generales del proyecto, por lo que podemos penalizar el consumo de potencia en nudos con cos ϕ peores. Además también podemos asignar un coeficiente de uso determinado, que por defecto el programa tomará 1, y una caída de tensión máxima admisible particular. Con todo CYPE como vimos va más allá: para un nudo, aparte del factor de potencia, podemos fijar unas condiciones particulares de coeficiente de utilización y caída de tensión máxima admisible, mientras que para una rama podemos fijar un coeficiente corrector de intensidad máxima admisible. Por otro lado, todos estos valores particulares que tomamos para cada nudo o rama se pueden combinar entre si para obtener distintos anexos de cálculos para las distintas hipótesis realizadas. Esto último no es posible hacerlo con Procuno.

4-) Más adelante se hará una comparativa detallada entre las memorias de calculo y los resultados obtenidos para un caso concreto.

Por tanto en cuanto a nivel de cálculo, y a falta de comparar resultados y memorias de cálculo, podemos concluir que es los programas más fiables son CYPE y DMelect, pues no sólo especifican la base fundamental en la que se apoyan para sus cálculos, sino que además justifica de qué manera los han hecho. Procuno en este apartado quedaría atrás, por lo anteriormente comentado, pues ni indica su base fundamental de calculo, ni justifica la manera hace los cálculos, ni en la memoria de cálculos ni en el manual de usuario.

Conclusión final

Por todo lo comentado anteriormente vemos que el modulo de electrificación de Procuno es algo superior a DMelect. En último lugar quedaría CYPE, pues aunque el modulo de CYPE es más “profesional”, DMelect y Procuno ofrecen una mayor facilidad de manejo y más posibilidades de calculo. Por otro lado, la licencia del módulo de electrificación de CYPE y Procuno rondan los 500 €, mientras que para DMelect son 300 € por módulo (salvo el módulo base que va incluido con cualquiera de los otros módulos que adquiramos: alumbrado público, BT o AT). Con esto llego a las siguientes conclusiones:

1-) Adquiriendo los dos módulos REDAT y REDBT de DMelect, lo que nos costaría 600 €, ya tendríamos cubiertos los dos tipos de instalaciones que diseña CYPE. Luego por sólo 100 € más que pagamos, con DMelect tenemos más posibilidades de calculo (podemos calcular nuestra instalación para que esté protegida frente a sobreintensidades), de resultados (genera una memoria de proyecto y un pliego de condiciones que genera CYPE), de facilidad de manejo y un manual más completo. Además DMelect, a diferencia de CYPE también está preparado para abordar instalaciones de baja tensión receptoras interiores. Eso si no tenemos un programa tan “profesional” como CYPE, pero sí más completo por lo que entre CYPE y DMelect es preferible este último.

2-) Por otro lado adquiriendo los dos módulos REDBT y ALP de DMelect, lo que nos costaría 600 €, ya tendríamos cubiertos los dos tipos de instalaciones que diseña Procuno (BTwin), es decir, cálculo y diseño de redes eléctricas de baja tensión y de alumbrado público. Además como ya dije, con DMelect también podemos realizar en diseño y comprobación de líneas aéreas de baja tensión. Por ello y por todo lo visto antes, DMelect es preferible siempre que se trate calcular de redes eléctricas de baja tensión siempre que sean aéreas o subterráneas (pues para ello nos bastaría adquirir un solo módulo REDBT que son 300 €), pues aunque Procuno ofrece más posibilidades que DMelect, también cuesta 200 €, no tiene la facilidad de manejo que tiene DMelect y encima no calcula instalaciones de baja tensión aéreas. Eso sí donde si compensan más esos 200 € es en el caso que tuviéramos que hacer el diseño de una instalación receptora interior, pues en este sentido como hemos visto Procuno es mucho más completo que DMelect.

3 -) El módulo de electrificación de CYPE es un poco por así decirlo el “punto negro” del paquete de programas para cálculo de infraestructuras urbanas, pues en ningún caso es preferible frente a DMelect ni Procuno ni en cuanto a posibilidades de programa ni económicamente. Ya veremos

que no se sigue tendencia para otro tipo de instalaciones como abastecimiento de agua o saneamiento.

3.2 - Módulos de abastecimiento de agua -

3.2.1 - Introducción: Descripción del diseño de una red de abastecimiento de agua -

El objetivo fundamental en el diseño de una red de abastecimiento de agua es hacer llegar el agua a cada punto de consumo con una calidad y presión adecuadas. El problema puede abordarse desde dos puntos de vista:

1-) Diseño: Suele ser el caso más habitual, en el que a partir de una serie de datos de consumo, se desea obtener las dimensiones adecuadas de las conducciones de agua.

2-) Comprobación: A partir de una instalación ya diseñada, se desea conocer si cumple con las limitaciones de diseño impuesta por la reglamentación o consideradas a juicio del técnico.

Como veremos más adelante tanto CYPE como DMelect como Procuno, que son los tres programas objeto de nuestra comparativa, son capaces de abordar el problema desde los dos puntos de vista mencionados.

Por otro lado, tanto si se desea diseñar como comprobar es necesario tener en cuenta las siguientes pautas:

1-) Condiciones de llegada del agua a los puntos de consumo: Como ya dijimos se hace necesario que el agua llegue al punto de consumo con una presión y calidad adecuadas.

2-) Facilidad de construcción: Uso de materiales, secciones y otros elementos fácilmente disponibles en el mercado, que se ajusten al reglamento tanto en sus dimensiones como en su comportamiento.

3-) Mantenimiento: Conseguir un buen funcionamiento de la instalación para evitar un excesivo y costoso mantenimiento correctivo facilitando el mantenimiento preventivo.

4-) Economía: Parte fundamental. En todos los proyectos se debe conseguir un coste razonable evitando en lo posible sobredimensionar.

Antes de comenzar el cálculo, para el cual cada programa tiene como veremos mas adelante su propia formulación, tenemos que haber recogido todos los datos necesarios:

1-) Sistema de abastecimiento: Existen dos sistemas básicos para distribuir el agua en un núcleo urbano, que son o bien mediante redes malladas o bien mediante redes ramificadas, aunque también se utiliza el sistema mixto. Las ventajas de utilizar una red ramificada estriba en su sencillez de calculo y que son más económicas. Sin embargo se prefiere un sistema mallado o mixto debido a los inconvenientes que presente una red ramificada:

- a) Una rotura en un punto de la red puede cortar el abastecimiento de toda o una parte de la red.
- b) El agua tiene mayor tiempo de permanencia en los extremos.
- c) Se requieren diámetros mayores, con lo que aumenta el riesgo de que haya tramos en los que no se supere la velocidad mínima recomendada 0.5 m/s.

2-) Consumos: Generalmente este es el principal condicionante del funcionamiento de una red de abastecimiento de agua. Se determinan bien según lo que esta establecido en el plan parcial o bien estimándolos a partir de los caudales reflejados en tablas según el tipo de suministro (urbano o industrial) y usos que se tengan en cuenta (consumo humano, incendios...).

3-) Alimentación de la red: Tenderemos que determinar los puntos por los que va a ser abastecida la red. Una red puede ser alimentada de formas:

- a) Depósito: Cuando se encuentran a una altura determinada, generan una altura piezométrica (debido a la cota del depósito y a su nivel de agua) que hace que se mueva el agua a través de los conductos.
- b) Suministros de la red: Son puntos de entrada procedentes de la compañía suministradora que poseen una altura piezométrica determinada y que debe ser asegurada por la compañía suministradora.

A efectos de cálculo ambos nudos son del mismo tipo, pues nos quedamos solamente con la altura piezométrica que son capaces de generar. Además cuando el suministro se realiza por varios puntos de alimentación con diferentes alturas piezométricas (caso muy habitual en la practica) es conveniente utilizar válvulas de antirretorno que aseguren el sentido de

circulación del agua, evitando trasvases entre los distintos puntos de alimentación debido a la diferencia de alturas piezométricas.

4-) Velocidad de las conducciones: Es una de las principales limitaciones a la hora de dimensionar una red de conductos. Se suele emplear como límite inferior 0.5 m/s, para evitar procesos de sedimentación y estancamiento, y como límite superior 2 m/s, para evitar fenómenos de desgaste excesivo de los conductos, ruidos y grandes pérdidas de presión debido a los efectos de la turbulencia.

5-) Presiones en los consumos: Es otra de las limitaciones a la hora de diseñar una red de abastecimiento de agua. Se debe asegurar una presión mínima disponible. Además no se deberá sobrepasar una determinada presión en los consumos pues podría provocar roturas. Así normalmente el rango de oscilación entre las presiones disponibles en los nudos de consumo suele oscilar entre los 10 y 50 m.c.a., según las necesidades y tipo propios de cada consumo. Para evitar excesos de presión en los puntos de consumo, se deben utilizar válvulas de regulación de presión que eviten que la excesiva presión en un nudo de consumo provoque averías.

6-) Conducciones: El funcionamiento de una red de abastecimiento de agua depende en gran medida del material y tamaño de las conducciones empleadas. El material determina la rugosidad superficial del tubo y que implica pérdidas de carga en el tramo. Por otro lado, diámetros mayores disminuyen la velocidad de circulación, por lo que suponen menores pérdidas de carga. Sin embargo encarecen el precio de la instalación y el riesgo de tener velocidades excesivamente bajas o presiones demasiado altas en los nudos.

7-) Excavaciones: Las redes de abastecimiento de agua suelen ir enterradas bajo la acera siempre que sea posible, y situadas por encima de la red de saneamiento. La forma en la que será excavada la zanja donde ira alojado el conducto depende en gran medida de las características del terreno, por lo que habrá que tener en cuenta el tipo de suelo que tenemos. Como veremos más adelante CYPE y Procuno si tienen en cuenta este factor, mientras que DMelect no.

3.2.2 - Modulo de abastecimiento de agua de DMelect: ABASTwin -

Descripción básica

Este programa ha sido diseñado para calcular redes de abastecimiento de agua, malladas y/o ramificadas, con cualquier tipología, tamaño y

características. Debido a sus características, este programa puede utilizarse, en general, para realizar el cálculo de redes de agua que alimentan a diferentes nudos de consumo, de distinto tamaño y distintas tipologías.

Se trata de un programa muy intuitivo, pues el usuario solo debe pensar en la operación que desea ejecutar y transmitírsela directamente al programa ejecutando el comando necesario y actuando sobre la zona de edición gráfica.

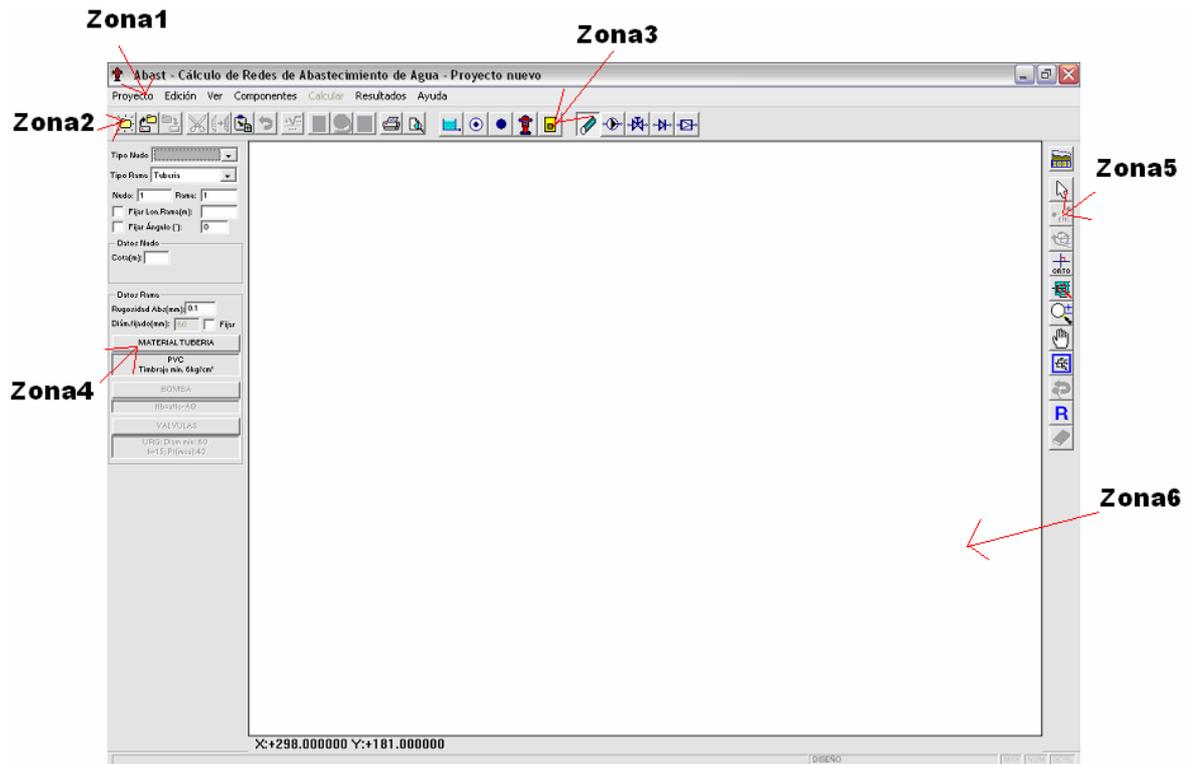


Fig. 1: Aspecto general de ABASTWIN

A grandes rasgos el programa presenta 6 zonas bien diferenciadas:

- Zona 1: Menú general de opciones que engloba todas las funciones y opciones que se pueden ejecutar con el programa y que se encuentra en la parte alta de la pantalla: Proyecto, edición, ver, componentes, calcular, resultados y ayuda. Entre los componentes que podemos introducir en la red de abastecimiento tenemos:

- a) Nudos de suministro: Depósitos y nudos de presión conocida.
- b) Nudos de consumo: Nudos de consumo propiamente dichos, hidrantes y bocas de riego. DMelect, como veremos, sólo permite introducir consumos de forma directa y no por dotación.

c) Tramos y elementos singulares: Tuberías de distintos materiales y tamaños, válvulas de retención (permiten la circulación del agua en un único sentido), válvulas de regulación (permite sectorizar nuestra instalación pues son capaces de cortar el caudal por completo), válvulas de regulación de presión (Utilizadas para limitar la presión máxima en la red) y bombas o grupos de presión.

- Zona 2: Botonera de acceso directo a los comandos más usuales tales como comenzar, abrir y salvar un nuevo proyecto, calcular un proyecto, visualizar los informes del cálculo, imprimir, cortar pegar o copiar nudos o ramas, deshacer operaciones ya efectuadas etc. Esto nos permite agilizar nuestro trabajo.

- Zona 3: Paleta de componentes gráficos que refleja todos los tipos de nudos y elementos necesarios para dibujar una red de abastecimiento de agua y que ya mencioné antes.

- Zona 4: Ventana de propiedades de los componentes. Esta ventana sirve para definir y modificar todos los datos y parámetros de los nudos y ramas que vamos introduciendo en la red de abastecimiento. Entre las opciones que incluye la ventana de propiedades tenemos:

Tipo Nudo: [dropdown]
Tipo Rama: Tuberia [dropdown]
Nudo: 1 Rama: 1
 Fijar Lon.Rama(m): [input]
 Fijar Ángulo (°): 0 [input]
Datos Nudo
Cota(m): [input]
Datos Rama
Rugosidad Abs(mm): 0.1 [input]
Diám.fijado(mm): 60 [input] Fijar
MATERIAL TUBERIA
PVC
Timbraje min. 6kg/cm²
BOMBA
Hb=Ho-AQ
VALVULAS
URG: Diam min: 60
k=1.5; Pt(mca):43

Fig. 2: Ventana de propiedades módulo ABASTWIN

a) Tipo de nudo y rama: Permite modificar directamente la representación gráfica de nudos y ramas ya introducidos.

b) Numeración de nudos y ramas: Podemos elegir una numeración para los nudos y ramas distinta a la que toma por defecto el programa.

c) Fijar longitud y ángulo de rama: Podemos fijar un ángulo y longitud de rama que serán fijos durante todo el proceso de edición gráfica salvo que el usuario los modifique.

d) Cota y caudal del nudo: Podemos definir la cota a la que se encuentra situado el nudo, así como el consumo puntual del nudo. Si se pretende representar un nudo de paso o derivación asignaremos un consumo de 0.

e) Rugosidad, diámetro y material de la rama: Permite definir la rugosidad absoluta de la tubería, así como fijar su diámetro y modificar el material. También podemos modificar el timbraje mínimo para ese material.

f) Bomba: Podemos definir la curva característica de la bomba con solo definir unos coeficientes característicos de la bomba α , A y H_0 que ya veremos más adelante que significan. También podemos definir 6 puntos característicos de la misma lo que permite adaptar mejor la curva característica definida a las que se pueden encontrar en catálogos.

g) Válvulas: Permite definir el diámetro mínimo y el coeficiente de pérdidas secundarias k de los distintos tipos de válvulas que podemos elegir.

- Zona 5: Paleta de herramientas que permite un acceso directo a las operaciones más usuales de edición gráfica y visualización de la red tales como modo selección, modo enlace, modo orto, distintos tipos de zoom (de todo, de ventana y en tiempo real) redibujar y borrar. También se incluye la opción de visualizar los perfiles de la red, con representación de alturas piezométricas, presiones dinámicas etc.

- Zona 6: Zona de edición gráfica que es la zona sobre la que introducimos todos los bloques gráficos de la red de abastecimiento de agua para su posterior cálculo.

Un poco a modo de resumen, la zona 1 engloba todas las opciones del módulo, mientras que las 5 zonas restantes nos permite un acceso rápido a

prácticamente todas las opciones del programa de forma directa, lo que la da una enorme versatilidad y rapidez a la hora de trabajar.

Filosofía de trabajo

Básicamente consiste en seguir los siguientes pasos:

1-) Antes de comenzar el diseño de la instalación será conveniente realizar la configuración gráfica de sector del polígono sobre el que vamos a trabajar. Para ello importaremos una imagen de fondo (En formato preferiblemente DWG pues al ser ficheros de menor tamaño la aplicación trabajará mas rápidamente, pero también se admite formato DXF, BMP o TIF). Es importante tener en cuenta que si el formato es DWG o DXF la escala del dibujo debe ser 1:1 ya que una unidad de dibujo en el CAD representa 1 m en la imagen del sector del polígono. Como veremos a diferencia de CYPE y Procuno, aquí no tenemos la posibilidad de activar o desactivar las capas que nos sean necesarias, luego previamente deberemos hacer las modificaciones que creamos pertinentes a la imagen de fondo con Autocad, en caso de que el formato de la imagen sea DXF o DWG.

2-) Una vez tenemos cargada la imagen de fondo, el siguiente paso consistirá en definir las condiciones generales:

a) Datos: Elegimos el modo de calculo (diseño o comprobación), la densidad del fluido y viscosidad cinemática (1000 Kg/m³ y 0.0000011 m²/seg respectivamente, pues normalmente el fluido circulante será agua), las perdidas secundarias (en tanto por ciento sobre las perdidas primarias), el coeficiente de simultaneidad, la velocidad máxima permitida, la presión dinámica mínima de consumo, el numero máximo de iteraciones para resolver la matriz y la tolerancia (margen de error que damos a la solución del sistema para ser considerado como válida).

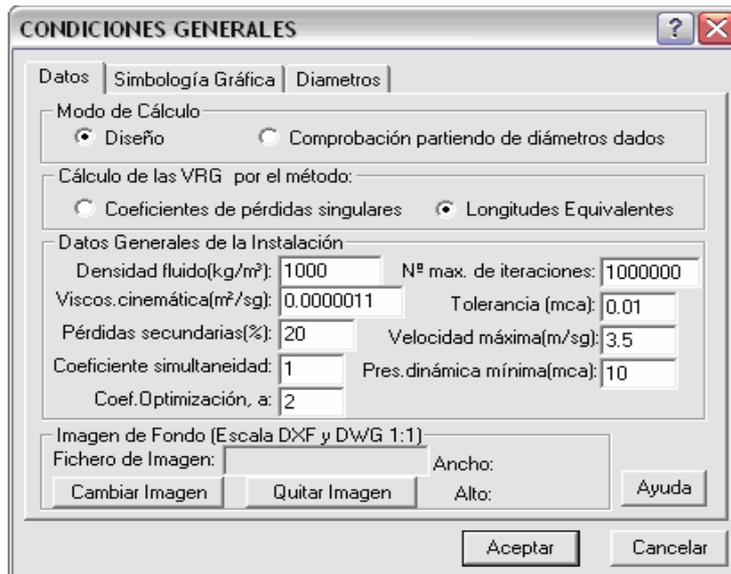


Fig. 3: Ventana de condiciones generales I

b) Simbología gráfica: Permite definir el factor de escala de los símbolos utilizados para los nudos y ramas, de los textos para cada nudo y rama y del perfil. Por defecto toma el valor de 1.

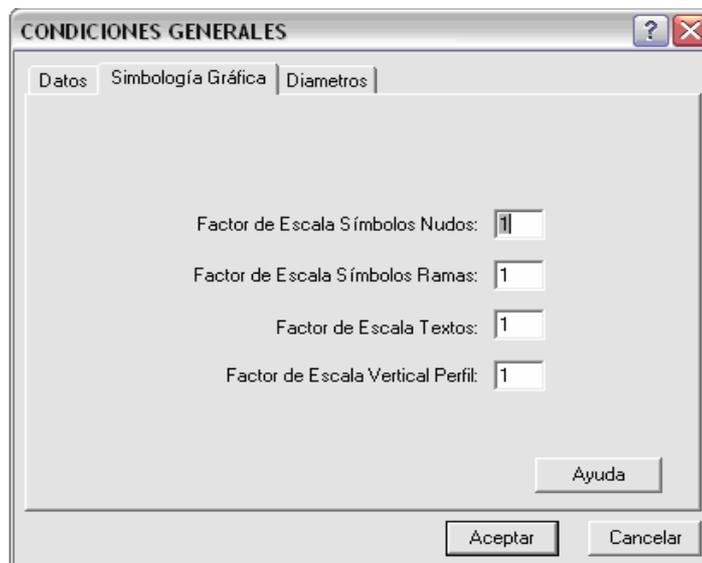


Fig. 4: Ventana de condiciones generales II

c) Diámetros: Permite definir al usuario los diámetros normalizados con los que desea trabajar.

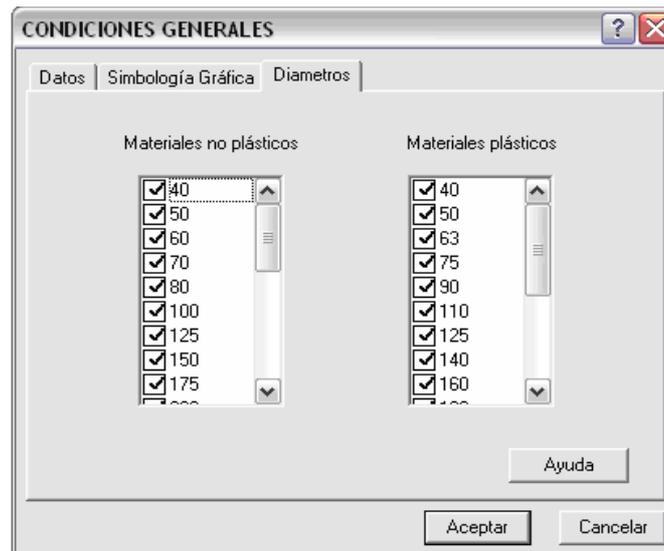


Fig. 5: Ventana de condiciones generales III

3-) Realizamos el diseño gráfico de la instalación mediante la paleta de componentes que la aplicación pone a nuestra disposición. Como dijimos sólo tenemos que pensar en la opción que deseamos realizar, activarla en la botonera correspondiente y actuar sobre la zona de edición gráfica.

4-) Simultáneamente al diseño grafico iremos definiendo las características de los elementos y los valores de las variables en la ventana de propiedades de los elementos.

5-) Una vez dibujada toda la instalación se calcula el proyecto. El programa se encarga automáticamente de obtener los diámetros necesarios óptimos para mantener la presión mínima en los nudos de consumo y que no se sobrepase la velocidad máxima permitida.

6-) Una vez tenemos calculado el proyecto nos vamos al menú de resultados obteniendo la siguiente información:

a) Memoria descriptiva: Es aquel documento en el cual se describe toda la instalación de abastecimiento, haciendo referencia a los Antecedentes, Objeto del proyecto, Reglamentación, Emplazamiento, Dotación, Conexión con el sistema de distribución, Descripción de la instalación, Tubos, Protección de tuberías, Pruebas en la tubería instalada, Planos y Conclusión. Esta generada en formato RTF y que es el fichero de intercambio de cualquier programa de tratamiento de texto.

b) Anexo de cálculos: Documento en el cual se desarrollan, minuciosamente, todos los cálculos de dicho proyecto. Esta generada

en formato RTF y que es el fichero de intercambio de cualquier programa de tratamiento de texto.

c) Pliego de condiciones: Documento en el cual se describen de forma minuciosa las características constructivas y de ejecución de todas las instalaciones proyectadas, así como las responsabilidades que debe asumir cada una de las partes que interviene en la ejecución de la obra. Esta generada en formato RTF y que es el fichero de intercambio de cualquier programa de tratamiento de texto.

d) Medición: es aquel documento donde se contabilizan todas las tuberías y elementos de la red de abastecimiento. Esta generada en formato RTF y que es el fichero de intercambio de cualquier programa de tratamiento de texto.

e) Esquemas DXF: Es la representación grafica de la red en planta y perfil, donde se detallan las características de la red de abastecimiento que se desprenden de los cálculos del proyecto y que serán la referencia para la ejecución y control de la instalación.

Notas de interés:

- Disponemos de una base de datos en la que están almacenados todos los elementos que intervienen en el cálculo. Esta base de datos puede ser modificada incluso ampliada para adaptarla a nuestras necesidades o a la compañía suministradora.

- Se trata de un programa de manejo fácil, intuitivo y rápido. Basta con pensar una operación, irnos a la botonera correspondiente, y ejecutarla en la zona de edición gráfica. Además dispone de una serie de opciones que proporcionan toda la versatilidad y modo de trabajo que ofrece una herramienta en entorno Windows:

- 1-) Disponemos una opción muy útil de vista global que permite tener siempre una visión global de nuestra instalación.

- 2-) Podemos cortar, borrar, copiar y pegar nudos y ramas, así como deshacer cambios introducidos en el esquema.

- 3-) Como ya adelanté se puede trabajar tanto en modo diseño de una instalación eléctrica como en modo comprobación. En este ultimo caso los elementos que no estén bien dimensionados, bien porque se supere la velocidad máxima en algún tramo de tubería o bien porque

no se alcance la presión mínima en algún nudo de consumo aparecerán marcados en rojo. También podemos hacer un solo clic sobre el mensaje de error que aparece en la ventana de mensajes que aparece al calcular el proyecto, y el programa nos relaciona el error con el nudo o rama remarcándola en azul. Si hacemos un doble clic el programa localizara automáticamente el nudo o rama seleccionado.

4-) Podemos cambiar las propiedades (material, etc.) de un gran número de ramas y/o nudos manteniendo pulsada la tecla ctrl. lo cual es muy típico en programas de entorno Windows.

Fundamentos de cálculo

Como ya adelantamos, a la hora de calcular instalaciones abastecimiento de agua se puede actuar de dos maneras diferentes: modo diseño en la cual el programa calcula y optimiza automáticamente las instalación más sencilla y modo comprobación en la cual partimos de unos diámetros diseñados por el usuario y el programa comprueba que no ha habido errores.

Nos centraremos en el modo de diseño. Para ello bastará con definir los datos y parámetros de cada nudo y rama y el programa calculará automáticamente los diámetros necesarios para mantener la presión mínima en los nudos de consumo y que no se sobrepase la velocidad máxima permitida.

Para ello, la base fundamental en la que se apoya el programa es el cálculo matricial con algoritmos de optimización que le permite resolver indistintamente sistemas mallados, ramificados o mixtos. Veamos que formulación utiliza el programa. La diferencia de alturas piezométricas entre dos puntos de la red de tuberías se calcula como sigue:

$$H_1 - H_2 = h_f, \text{ de donde podemos poner } H = Z + (P/\gamma); \gamma = \rho \times g$$

Siendo:

H = Altura piezométrica (mca).

z = Cota (m).

P/γ = Altura de presión (mca).

γ = Peso específico fluido.

ρ = Densidad fluido (kg/m³).

g = Aceleración gravedad. 9,81 m/s².

h_f = Pérdidas de altura piezométrica, energía (mca).

Las pérdidas de altura piezométrica se calculan según el tipo de elemento que tengamos. Así tendremos:

1-) Pérdidas en Tuberías

La pérdida de altura piezométrica en tuberías de sección circular se calcula a través de la fórmula de Darcy-Weisbach:

$$h_f = [(8 \times f \times L) / (\pi^2 \times g \times D^5)] \times Q^2$$

Siendo:

f = Coeficiente de fricción en tuberías (adimensional).

L = Longitud equivalente de tubería (m).

D = Diámetro de tubería o válvula (m).

Q = Caudal (m³/s).

Por otro lado el coeficiente de fricción f es función del número de Reynolds, $Re = 4 \times Q / (\pi \times D \times v)$, y de la rugosidad relativa, $\varepsilon = e/D$ según la siguiente expresión:

$$f = 0.25 / [\lg_{10}(\varepsilon / (3.7 \times D) + 5.74 / Re^{0.9})]^2, \text{ de donde es } v = \text{Viscosidad cinemática del fluido (m}^2/\text{s)}.$$

Llegado aquí, es preciso hacer el siguiente comentario. La fórmula anterior se utiliza tanto si el régimen de circulación del fluido es turbulento o laminar. El valor umbral del número Reynolds que determina la transición de un régimen a otro está en torno a $Re=2500$. La teoría recomienda las siguientes fórmulas para el cálculo del coeficiente de fricción f :

Régimen laminar: Fórmula de Poiseuille $f=64/Re$

Régimen turbulento: Fórmula de Colebrook-White: $\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right)$

fórmula que debe iterarse para poder llegar a un valor de f , dado el carácter implícito de la misma.

Por lo tanto DMelect utiliza una aproximación a la hora de obtener el coeficiente de fricción lo que restará precisión en sus cálculos. Sin embargo como veremos, CYPE y Procuno si utilizan las formulas exacto, lo cual lo convierte en programas más exactos y fiables a la hora de realizar los cálculos de pérdidas en tuberías.

2-) Pérdidas en válvulas

$h_v = [(8 \times k) / (\pi^2 \times g \times D^4)] \times Q^2$, siendo k el coeficiente de perdidas secundarias cuyo valor viene dado en las condiciones generales en tanto por ciento sobre las perdidas primarias h_f .

c) Bombas-Grupos de presión.

$$h_b = \alpha^2 \times H_0 + A \times Q^2$$

Siendo:

α = Coeficiente de velocidad en bombas (adimensional).

H_0 = Altura bomba a caudal cero (mca).

A = Coeficiente característico de bombas.

3.2.3 - Módulo de abastecimiento de agua de CYPE -

Descripción básica

Este programa está pensado para el cálculo, diseño, comprobación y dimensionamiento de redes ramificadas malladas y mixtas de suministro de agua con cualquier tipología, tamaño y características. Debido a sus características, este programa puede utilizarse, en general, para realizar el cálculo de redes de agua que alimentan a diferentes nudos de consumo, de distinto tamaño y distintas tipologías.

Como veremos más adelante, es un programa más completo que DMelect tanto a nivel de interfaz gráfico, como de cálculos y de elementos que podemos introducir dentro de nuestra red de abastecimiento de agua.

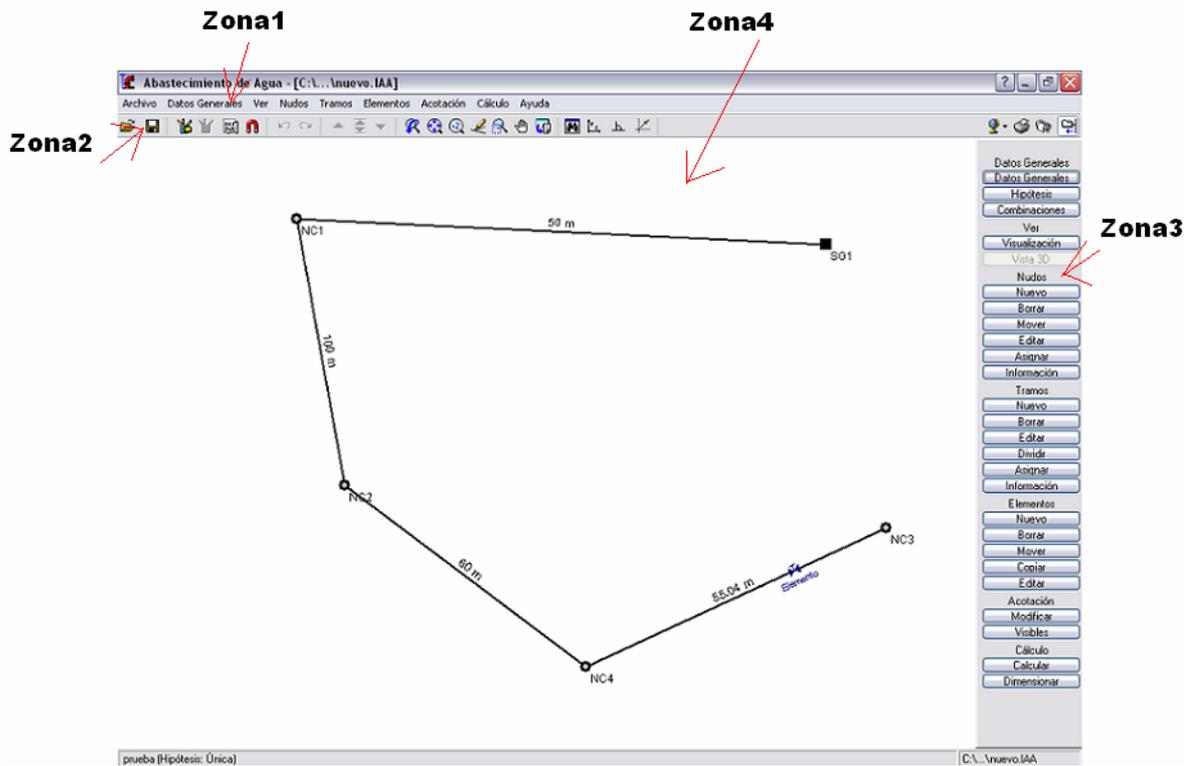


Fig. 1: Aspecto general del módulo de abastecimiento de agua de CYPE

A grandes rasgos el programa presenta 4 zonas bien diferenciadas:

- Zona 1: Menú general de opciones que engloba todas las funciones y opciones que se pueden ejecutar con el programa y que se encuentra en la parte alta de la pantalla: Archivo, datos generales, ver, nudos, tramos, elementos, acotación, calculo y ayuda. Entre los componentes que podemos introducir dentro de nuestra red de abastecimiento tenemos:

a) Nudos de suministro: CYPE, a diferencia de DMelect, no diferencia entre depósitos o puntos de presión conocida, sino que de manera genérica los denomina nudos de suministro general, pues como ya dijimos, dentro de la instalación su comportamiento es el mismo pues lo único que interesa saber de ellos es la altura piezométrica que aporta a la instalación. Por tanto esta en nuestras manos elegir el símbolo particular para cada nudo de manera que podamos diferenciar si es un depósito o un punto de presión conocida. Esto resta velocidad e intuitividad al proceso de edición gráfica.

b) Nudos de consumo: De nuevo CYPE no diferencia si el nudo de consumo es un nudo de consumo propiamente dicho, un hidrante o una boca de riego. De nuevo esta en nuestras manos elegir el símbolo particular del elemento. Eso si, aquí como se ve tenemos más

variabilidad de símbolos que en DMelect. Además también podemos introducir los consumos de forma directa o por dotación, lo que supone una ventaja sobre DMelect que sólo permite introducir consumos de manera directa.

c) Tramos y elementos singulares: Tuberías de distintos materiales y tamaños, válvulas de retención (permiten la circulación del agua en un único sentido), válvulas de regulación (permite sectorizar nuestra instalación pues son capaces de cortar el caudal por completo) y válvulas de regulación de presión (Utilizadas para limitar la presión máxima en la red) y bombas. Además con CYPE disponemos de dos elementos que no teníamos en DMelect y que son válvulas de control de caudal y elementos que introducen pérdidas localizadas.

- Zona 2: Una barra de herramientas donde encontramos diversas operaciones útiles que agilizan el trabajo:

- Gestión de archivos, salvar y editar recursos. Estas opciones agilizan la gestión de archivos.

- Editar plantillas, capturas de plantillas (opción utilizada para hacer referencias a objetos), que permiten importar y editar una imagen de fondo.

- Deshacer o rehacer modificaciones.

- Mover pantalla, redibujar, imprimir vista actual, visualizar el mapa de la red eléctrica, modo orto, activación de la introducción por coordenadas y diversos zooms (pantalla completa, a tiempo real y de ventana). Estas opciones agilizan la edición gráfica y visualización.

- Selección de combinación de hipótesis (como veremos mas adelante a diferencia de DMelect aquí podemos combinar hipótesis).

- Un menú desplegable que nos permite configurar diversos aspectos de CYPE: Unidades, impresora, envíos de obra, planos, detalles y color de fondo.

- Por último encontramos los listados de obra (que no es más que el anexo de cálculo, que a diferencia de DMelect podemos exportar en diversos formatos: TXT, PDF, RTF y HTML que es el formato estándar utilizado por las páginas Web) y los planos de obra en DXF. Aquí a diferencia de DMelect tenemos diversas opciones para editar

el plano como añadirle un cajetín, activar o desactivar capas etc. lo cual nos permite obtener un plano de referencia listo para utilizar durante la ejecución de obra, sin necesidad de hacer ninguna modificación con Autocad.

- Zona 3: Un menú lateral desplegable en la zona derecha de la pantalla que nos permite acceder rápidamente a todas las opciones de la zona 1 salvo las opciones de archivo, lo cual agiliza el proceso de edición gráfica y cálculo del proyecto. Desde luego no ofrece la misma versatilidad que ofrece DMelect, pues allí el acceso era directo, pero la rapidez de trabajo conseguida es más que aceptable. Tanto si es un nudo, una rama o un elemento podemos realizar las siguientes operaciones (operaciones que siempre se harán nudo a nudo, rama a rama o elemento a elemento lo que puede llegar a hacer el proceso de edición gráfica un poco tedioso):



a) Nuevo: Permite introducir un nudo, una rama o un elemento nuevo en la red.

b) Borrar: Permite borrar un nudo, una rama o un elemento de la red.

c) Mover: Permite mover un nudo o un elemento de la red. Aquí habrá que tener en cuenta que si movemos un nudo las ramas adyacentes verán modificada su longitud y su ángulo.

d) Dividir: Permite dividir un tramo en varios segmentos introduciendo nudos de paso o de derivación. Esta opción es muy útil si se quiere una derivación de la red en una de las ramas.

e) Copiar: Permite copiar elementos (bombas o válvulas) ya existentes en la instalación y situarlos donde nos convenga.

f) Asignar: Permite modificar valores en nudos (Caudal de consumo y cota) y ramas (Longitud, material y diámetro). Esta última opción agiliza algo el proceso de edición gráfica ya que nos aparece una ventana auxiliar que nos permite pasar directamente de un elemento a otro.



g) Información: Permite acceder directamente a información sobre nudos (Caudal, cota y altura piezométrica) y ramas (diámetro,

material, caudal circulante, caída de presión y velocidad) una vez calculado el proyecto.

h) Editar: Permite modificar diversos aspectos asociados a nudos, ramas o elementos de la instalación desplegando una ventana del nudo, rama o elemento en cuestión:

1-) Nudos: Podemos modificar el tipo de nudo, la cota, la altura piezométrica, el caudal de consumo (directo o por dotación), el símbolo asociado al nudo y la presión máxima y mínima para el nudo. Esto último es muy útil y supone una gran ventaja sobre DMelect pues podemos establecer unas condiciones particulares para cada nudo.

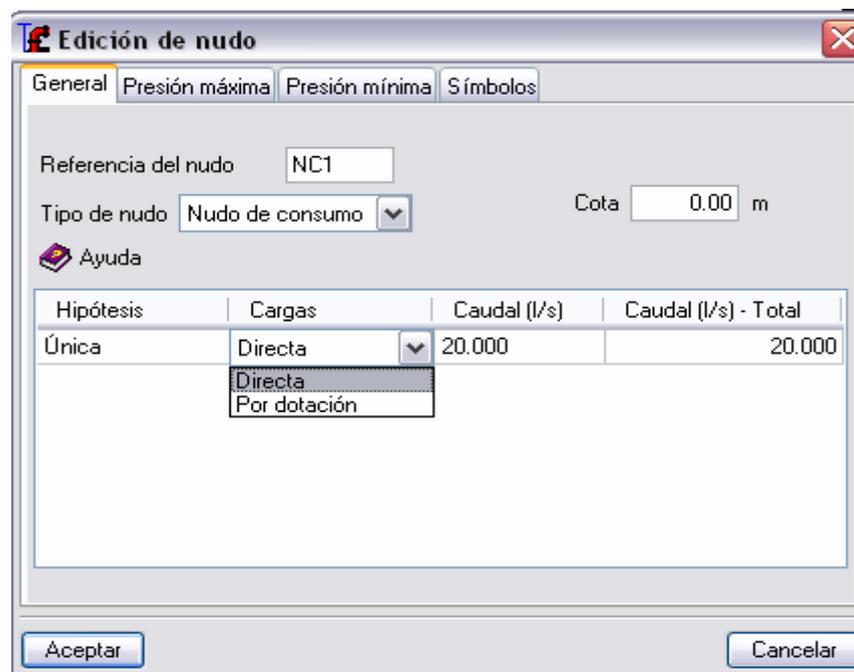


Fig. 2: Ventana de edición de nudos I



Fig. 3: Ventana de edición de nudos II

2-) Ramas: Permite modificar el material, el diámetro y la longitud de la tubería. También nos da la opción de medir la excavación y de modificar el caudal y la velocidad máxima y mínima para ese tramo. Esto último es muy útil y supone una gran ventaja sobre DMelect pues podemos establecer unas condiciones particulares para cada tramo.



Fig. 4: Ventana de edición de ramas

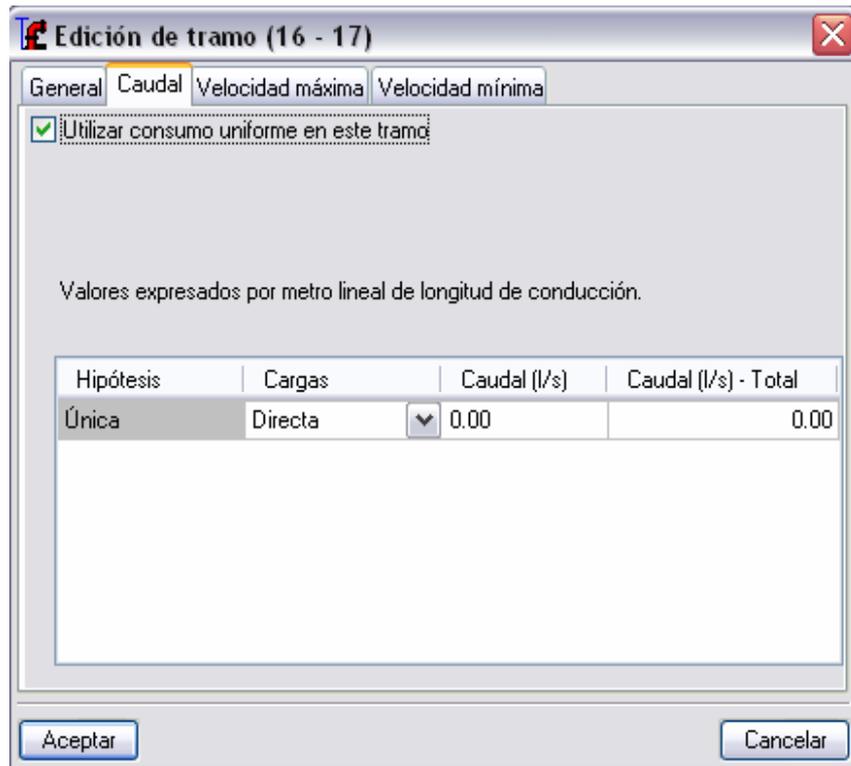


Fig. 5: Ventana de edición de ramas II

Destacar que, a diferencia de DMelect, podemos introducir consumos uniformes a lo largo de un tramo, no tiene porqué tiene que ser necesariamente un consumo puntual.

3-) Elementos: En bombas podremos introducir su curva característica bien por puntos o bien asignándole valores a los parámetros C y A característicos de la bomba y que ya veremos que significa. En válvulas podremos definir la pérdida secundaria de la válvula k y el diámetro de la misma.

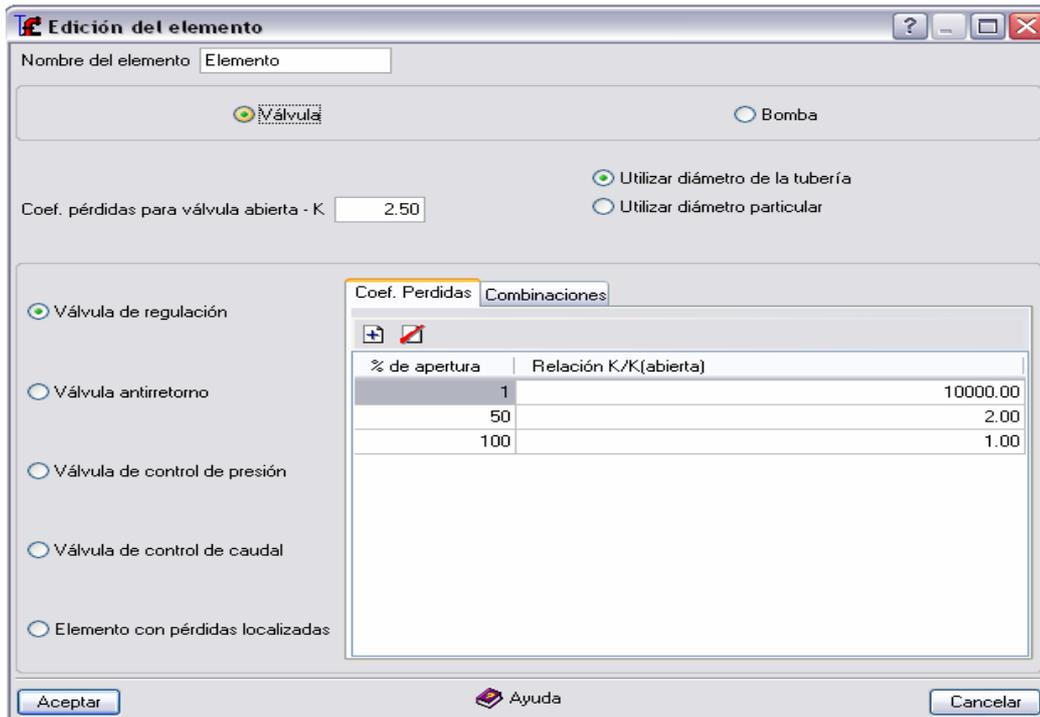


Fig. 6: Ventana de edición de válvulas

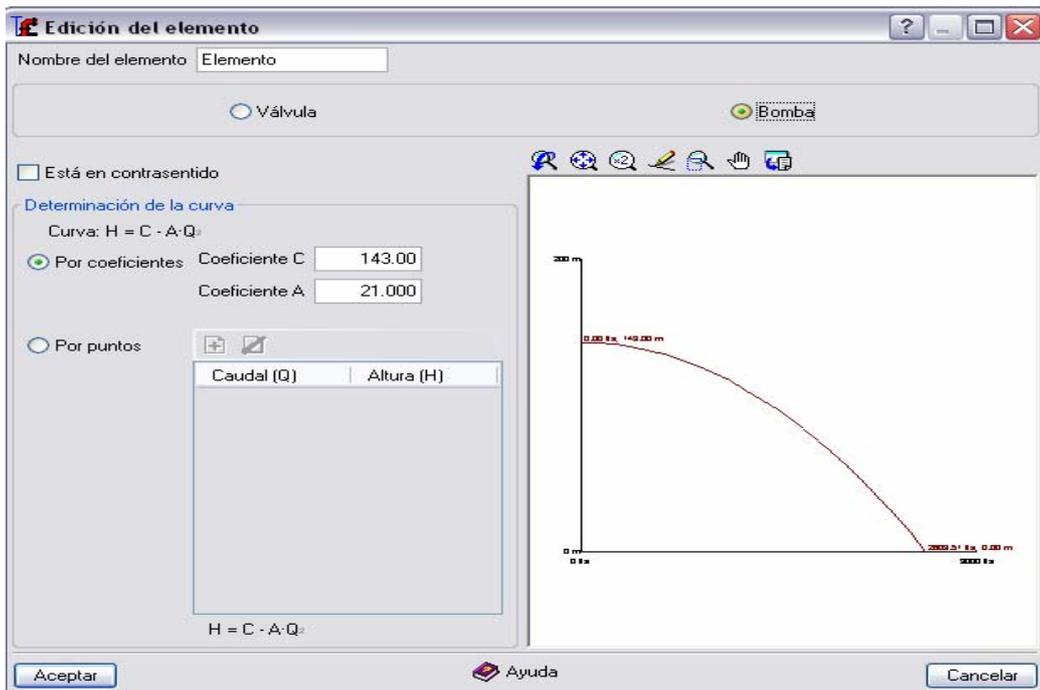


Fig. 7: Ventana de edición de bombas o grupos de presión

- Zona 4: Por ultimo nos encontramos con la zona de edición grafica que es la zona sobre la que introducimos todos los bloques gráficos de la red de abastecimiento para su posterior cálculo.

Filosofía de trabajo

La filosofía de trabajo para el diseño de redes de abastecimiento consiste en seguir básicamente los siguientes pasos:

1-) Lo primero que tenemos que hacer es definir un nuevo proyecto e introducir los datos generales de la instalación de abastecimiento. Para ello introduciremos los siguientes datos:

a) Datos generales: Título, dirección, población, fecha y notas, así como los materiales que intervendrán en la obra y el tipo de suelo que tengamos (cohesivo, suelto o roca). A diferencia de DMelect, con CYPE si podemos escoger el tipo de suelo.



Fig. 8: Ventana de introducción de datos generales I

b) Parámetros: Definiremos la viscosidad del fluido y el número de Reynolds de transición de flujo laminar a turbulento y que más adelante veremos para que se utiliza.



Fig. 9: Ventana de introducción de datos generales II

c) Límites: Limitaremos la velocidad máxima y mínima en los tramos, así como la presión máxima y mínima en los nudos. De nuevo encontramos que CYPE va a ser mucho más fino que DMelect a la hora de realizar los cálculos, pues allí solo teníamos la posibilidad de limitar la velocidad máxima y presión mínima. Para compensar esto DMelect sugería que no se debía bajar de una velocidad mínima de 0.5 m/s en cada tramo pero sin tenerlo en cuenta en los cálculos. Eso si CYPE en caso de no poder hacer cumplir todas las limitaciones descartara las de menos importancia a nivel técnico, es decir la velocidad mínima y la presión máxima.

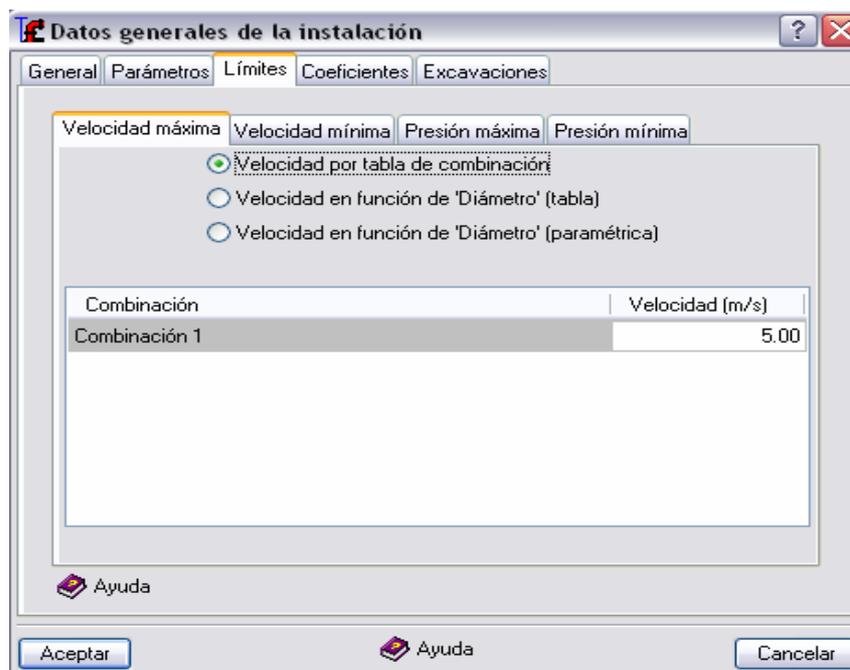


Fig. 10: Ventana de introducción de datos generales III

d) Coeficientes: Definiremos el coeficiente de simultaneidad, mayoración para las pérdidas secundarias, las dotaciones (directa o por dotación) así como las referencias a nudos.



Fig. 11: Ventana de introducción de datos generales IV

e) Excavaciones: Indicamos tanto la profundidad mínima de la instalación (medida desde la cota de rasante, es decir desde la superficie pavimentada) como el espesor del firme (determina la diferencia entre la cota de rasante y la cota de terreno).

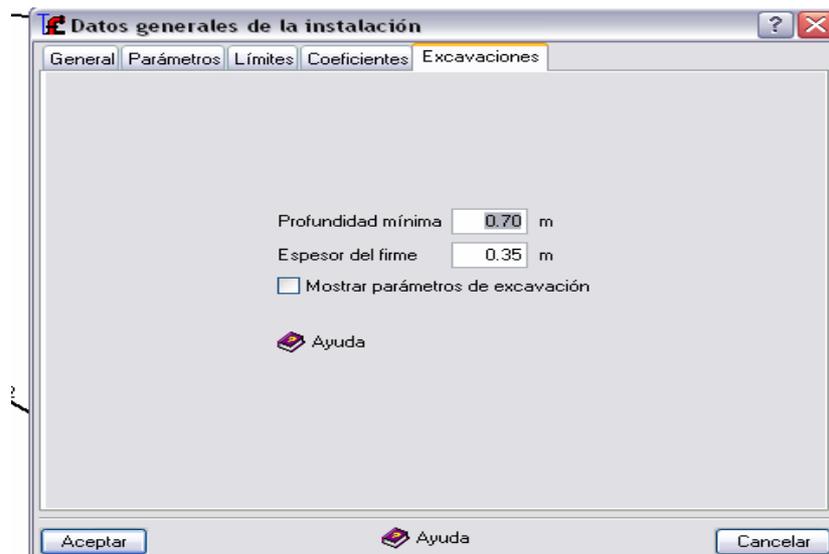


Fig. 12: Ventana de introducción de datos generales V

Además CYPE, a diferencia de DMelect nos permite combinar diversas hipótesis de cálculo. Así por ejemplo podemos hacer varias hipótesis de velocidad y presión sin necesidad de recalcular el proyecto cada vez que modificamos una hipótesis.

2-) Antes de seguir con el diseño de la instalación será conveniente realizar la configuración grafica de sector del polígono sobre el que vamos a trabajar. Para ello seleccionamos la opción editar plantillas de la barra de herramientas teniendo en cuenta que CYPE solo admite formato DWG y DXF y habilitaremos las capas del dibujo que nos sean necesarias. Esto último es una gran ventaja sobre DMelect ya que allí no podíamos descartar las capas que no necesitáramos. Además con CYPE podemos situar el origen de coordenadas donde más nos convenga de forma que nos facilite una posterior introducción de datos por coordenadas.

3-) Una vez tenemos definida la plantilla pasamos a la introducción y edición de los distintos nudos, tramos y elementos. Aquí encontramos una desventaja con DMelect y es que aquí no podemos utilizar la tecla ctrl. lo que supone ir editando nudo a nudo, tramo a tramo y elemento a elemento para cambiar las características de los mismos (material etc.) lo cual ralentiza el proceso de edición grafica. Además tampoco tenemos paleta de componentes de acceso directo, sino que tenemos que hacerlo a través del menú desplegable que aparece a la derecha de la pantalla, lo que ralentiza más si cabe el proceso de edición. Eso si, como ya dije tenemos la opción de asignar valores típicos a nudos (caudal y cota) y ramas (longitud, material y diámetros) a través de una ventana auxiliar y que nos permite pasar directamente a distintos nudos o ramas.

4-) Una vez dibujada toda la instalación se calcula el proyecto. El programa se encarga automáticamente de obtener los diámetros necesarios óptimos, para que se respeten las limitaciones de velocidad y presión.

5-) Una vez calculado el proyecto CYPE únicamente nos proporciona un anexo de cálculos y unos esquemas DXF del proyecto. No nos proporciona por tanto, una memoria de cálculos, un pliego de condiciones y un estado de las mediciones. Eso si, como ya comente los esquemas DXF los podemos editar de tal manera que podamos utilizarlos directamente como planos de obra. De echo la opción de CYPE que permite realizar esto se llama “planos de obra”.

Notas de interés:

- Contiene una biblioteca de materiales con amplia gama de tamaños. Además al igual que DMelect podemos modificar e incluir nuevos diámetros que se adapten a las necesidades del usuario.
- Dispone una opción muy útil de vista global que permite tener siempre una visión global de nuestra instalación al igual que DMelect.
- Como ya adelanté se puede trabajar tanto en modo diseño como en modo comprobación. En este último caso los elementos que no estén bien dimensionados, debido a que no cumplen las limitaciones de presión y velocidad, aparecerán marcados en rojo. Aquí a diferencia de DMelect no podemos localizar los errores de manera automática lo que resta al programa agilidad a la hora de realizar un proyecto.
- Tenemos la posibilidad de cambiar la longitud y el ángulo de nuestra red de abastecimiento sin que afecte al resto de la instalación.

Fundamentos de cálculo

Como ya adelantamos, a la hora de calcular redes de abastecimiento de agua se puede actuar de dos maneras diferentes: modo diseño en la cual el programa calcula y optimiza automáticamente la instalación más sencilla y modo comprobación en la cual partimos de unos diámetros dados diseñadas por el usuario y el programa comprueba que no haya habido errores.

Nos centraremos en el modo de diseño. Para ello bastará con definir los datos y parámetros de cada nudo, rama y elemento y el programa calculará automáticamente el diámetro de tubería necesario para que se cumplan las limitaciones de velocidad y presión tanto en las condiciones generales, como en las condiciones particulares de cada nudo y rama. En caso de que no se puedan cumplir todas las limitaciones de presión y velocidad el programa descartará las de menos importancia a nivel técnico, es decir, la velocidad mínima y la presión máxima.

La base fundamental en la que se apoya el programa es en una variante del método de elementos finitos discretizado, que le permite resolver indistintamente sistemas mallados, ramificados o mixtos. El método de elementos finitos es una de las herramientas más potentes y fiables a la hora de resolver problemas en ingeniería, luego en este sentido supera claramente a DMelect. La formulación utilizada por el programa es la siguiente:

$$H_1 - H_2 = h_p, \text{ de donde podemos poner } H = Z + (P/\gamma); \gamma = \mathbf{r} \times \mathbf{g}$$

Siendo:

H = Altura piezométrica (mca).

z = Cota (m).

P/γ = Altura de presión (mca).

γ = Peso específico fluido.

ρ = Densidad fluido (kg/m^3).

g = Aceleración gravedad. $9,81 \text{ m}/\text{s}^2$.

h_p = Pérdidas de altura piezométrica, energía (mca).

Las pérdidas de altura piezométrica se calculan según el tipo de elemento que tengamos. Así tendremos:

1-) Pérdidas en Tuberías

La pérdida de altura piezométrica en tuberías de sección circular se calcula a través de la fórmula de Darcy-Weisbach:

$$h_p = [(8 \times f \times L) / (\pi^2 \times g \times D^5)] \times Q^2$$

Siendo:

f = Coeficiente de fricción en tuberías (adimensional).

L = Longitud equivalente de tubería (m).

D = Diámetro de tubería o válvula (m).

Q = Caudal (m^3/s).

Por otro lado el coeficiente de fricción f es función del número de Reynolds, $Re = 4 \times Q / (\pi \times D \times v)$, y de la rugosidad relativa, $\epsilon=e/D$ y de si estamos en régimen laminar o turbulento. Para saber en que régimen estamos habrá que definir en las condiciones generales cual es el Reynolds umbral de paso de un régimen a otro (normalmente se toma 2500. Por encima de este valor el régimen de circulación es turbulento):

Régimen laminar: Fórmula de Poiseuille $f=64/Re$

Régimen turbulento: Fórmula de Colebrook-White: $\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\epsilon}{3.7D} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right)$

fórmula que debe iterarse para poder llegar a un valor de f , dado el carácter implícito de la misma.

Por tanto, como ya adelantamos, CYPE a diferencia de DMelect utiliza las formulas teóricas analíticas para calcular las perdidas lo que nos garantiza su precisión y fiabilidad a la hora de realizar los cálculos.

2-) Pérdidas en válvulas

$h_p = [(8 \times k) / (\pi^2 \times g \times D^4)] \times Q^2$, siendo k el coeficiente de perdidas secundarias cuyo valor establecemos en la ventana de propiedades de la válvula.

3-) Bombas

$$h_p = C - A \times Q^2$$

Siendo:

A = Coeficiente característico de bombas.

C= Altura de la bomba a caudal 0 (mca).

Como puede verse las fórmulas para las pérdidas secundarias, y para las bombas son prácticamente las mismas que con DMelect.

3.2.4 - Modulo de abastecimiento de agua de Procedimientos Uno: RAwin -

Descripción básica

RAwin es un módulo independiente pensado para el cálculo, diseño, comprobación y dimensionamiento de instalaciones de abastecimiento de agua con cualquier tipología, tamaño y características. Debido a sus características, este programa puede utilizarse, en general, para realizar el cálculo de redes de agua que alimentan a diferentes nudos de consumo, de distinto tamaño y distintas tipologías.

La principal novedad que presenta Procuno respecto a CYPE y DMelect es que la zona de edición grafica pues simula un CAD 2D (Diseño Asistido por Computador en 2 dimensiones). Esto hace que en cuanto al tema de la edición gráfica Procuno sea el programa más completo de los tres.

A grandes rasgos el programa se divide en 4 zonas bien diferenciadas:

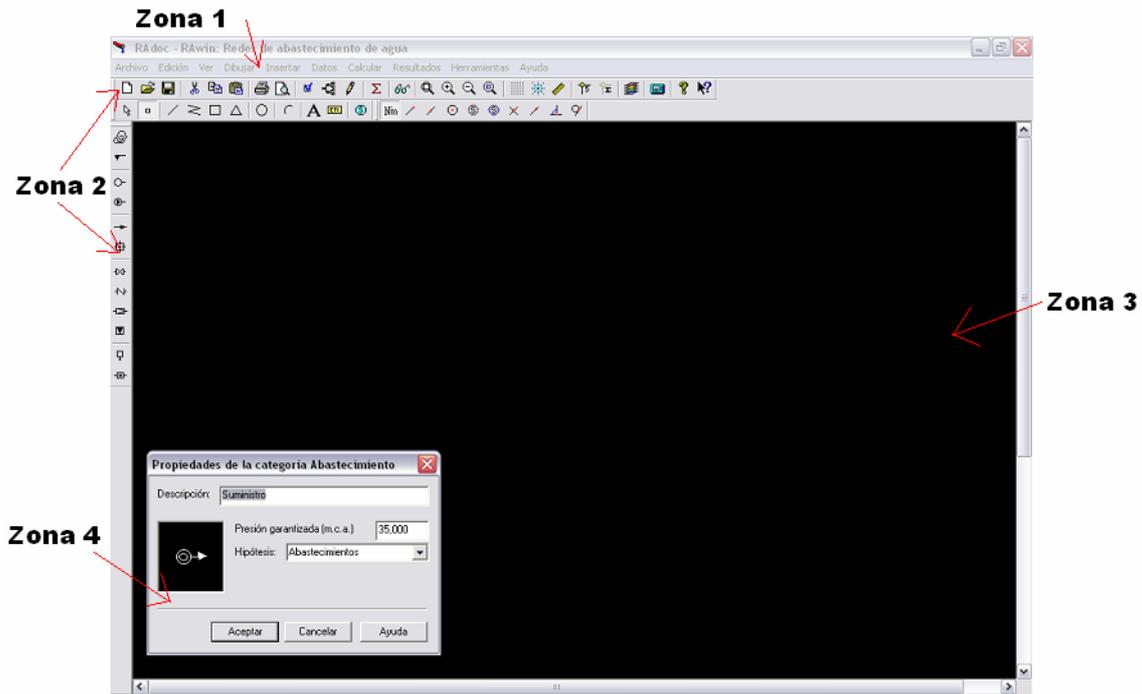


Fig. 1: Aspecto general del modulo de abastecimiento de agua de Procuno

- Zona 1: Menú general de opciones que engloba todas las funciones y opciones que se pueden ejecutar con el programa y que se encuentra en la parte alta de la pantalla: Archivo, edición, ver, dibujar, insertar, datos, calcular, resultados, herramientas y ayuda. Destacar las opciones de dibujo (líneas, polilíneas, círculos, arcos, textos, símbolos, bocetos etc.) y herramientas de dibujo (gestión de capas, estilos de acotación, calibrar plano, modo ortogonal, medir distancias y áreas etc.) que simulan un entorno gráfico de CAD 2D y que hace que Procuno cuente con el editor gráfico más potente de los tres programas que estamos comparando. Por otro lado entre los componentes que podemos introducir en nuestra instalación tenemos:

a) Nudos de suministro: Depósitos y nudos de presión conocida. Aquí, al igual que DMelect cada nudo tiene su simbología particular lo que da mayor intuitividad al proceso de edición gráfica. Además dada la potencia del editor gráfico, podemos editar símbolos particulares para cada uno de los nudos que introduzcamos en nuestra instalación.

b) Nudos de consumo: Podemos introducir nudos de consumo propiamente dichos e hidrantes, ambos con su símbolo particular y que además pueden introducirse como consumo directo o por dotación.

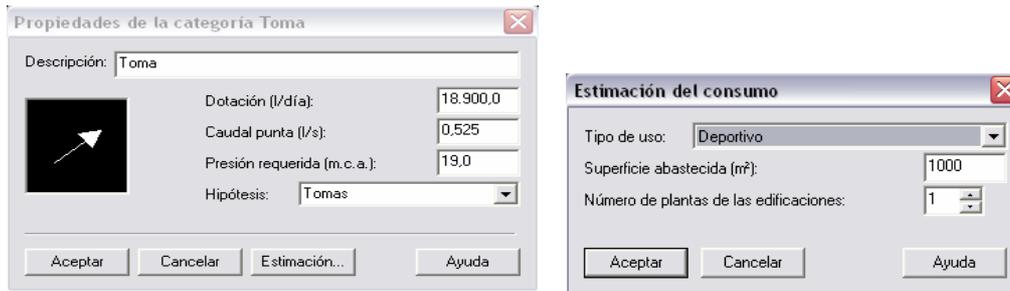


Fig. 2: Ventanas de propiedades de las tomas de agua

Como vemos en este apartado Procuno presenta una novedad y es que podemos estimar el consumo según el tipo de uso, la superficie abastecida y el número de plantas. Esto es muy útil en caso de que nuestro plan parcial no especifique nada en cuanto al consumo y queramos tener una referencia.

c) Tramos y elementos singulares: Los tramos los introduciremos a través de líneas y polilíneas y permite introducir tuberías de distintos tamaños y materiales. En cuanto a elementos singulares podemos introducir válvulas antirretorno, de corte, de regulación de presión así como elementos auxiliares como arquetas de registro o medidoras de caudal. Aquí encontramos la primera deficiencia de Procuno, y es que no permite introducir un elemento tan básico como bombas o grupos de presión.

Todos estos elementos, al igual que DMelect, tienen asociado su símbolo particular, lo que hace que no tengamos que seleccionarlo nosotros para diferenciar el tipo de nudo que tenemos como ocurría con CYPE. Esto da mayor rapidez e intuitividad al proceso de edición gráfica.

- Zona 2: Diversas barras de herramientas que contienen botones de acceso directo a prácticamente todas las opciones del programa. Veamos cuales son:

a) Estándar. Consiste en la barra de herramientas principal del programa, y permite el acceso rápido a las funciones más comunes del mismo: nuevo, abrir y guardar proyecto, opciones de edición gráfica (cortar, copiar, pegar), vista preliminar e imprimir, propiedades de nudos y ramas, ver/ocultar entidades conectadas, ver/ocultar puntos conectados, calcular, etiquetas informativas, diversos zooms (zoom de todo, de ventana y previo. Al zoom dinámico se accede manteniendo pulsada la tecla ctrl.+botón derecho del ratón), vista dinámica, medir distancias y áreas, calculadora y gestión de capas. Destacar que no tenemos la posibilidad de deshacer

o rehacer modificaciones. Eso si tenemos opciones útiles de edición gráfica que no teníamos con DMelect o CYPE tales como medir distancias, aéreas y perímetros. Con esto ya empezamos a ver el porqué de en cuanto al tema de edición gráfica Procedimiento uno es el programa más completo de todos. Por último, se echa en falta que, a diferencia del módulo BTwin, no podamos copiar las propiedades de los elementos lo va a ralentizar el proceso de edición gráfica.

b) Barra de propiedades del dibujo: Se trata de una barra flotante que muestra y permite modificar las propiedades de dibujo de las entidades seleccionadas, o en caso de no haber, muestra y permite modificar las propiedades de dibujo que se asignarán a las entidades nuevas que se vayan dibujando. Contiene una lista desplegable con todas las capas definidas en el dibujo y permite seleccionar el color de trazo, el estilo de trazo, el color de relleno y estilo de relleno para cada una de las capas de nuestro dibujo. Esto es muy útil pues permite definir nuestra imagen de fondo a nuestro gusto. También permite hacer visible o bloquear capas. Por tanto podemos ver que Procedimiento uno comparte gran número de opciones que posee el gestor de capas de un CAD 2D. Esto confirma lo que adelanté en cuanto a que Procedimiento uno posee muchas opciones similares a las de un CAD 2D haciendo del un programa con un potente editor gráfico.

c) Dibujo: Barra de herramientas que contiene opciones típicas de programas de diseño gráfico como Autocad. Así podemos dibujar líneas, polilíneas, círculos, curvas etc. o bien podemos realizar acotaciones, introducir textos, realizar bocetos, introducir diversos símbolos de abastecimiento de agua (librería de símbolos) o introducir mapas de bits.

d) Edición: Barra de herramientas cuyos botones permiten el acceso rápido a las opciones de edición gráfica de entidades en el área de dibujo tales como mover girar duplicar simetría, prolongar, dividir, convertir en polilínea etc. Sin duda esta barra de herramientas y la anterior son novedosas con respecto a CYPE y DMelect y confirma que Procuno posea el módulo de edición gráfica más potente de los tres programas pues simula que estamos trabajando con un CAD 2D. Lo malo respecto a BTwin es que en RAwin para acceder a esta barra de herramientas tenemos que hacerlo a través del botón derecho del ratón pues no es directamente accesible.

e) Símbolos: Barra de herramientas que agrupa todas las opciones que permiten insertar en el área de dibujo los distintos tipos de símbolos que el programa contempla.

f) Referencias: Barra de herramientas que permite tomar referencias sobre el dibujo.

- Zona 3: Se trata de la zona de edición gráfica que es la zona sobre la que introducimos todos los bloques gráficos de la red de abastecimiento de agua para su posterior cálculo. Como ya he comentado varias veces el punto fuerte del programa es el editor gráfico. Veamos cuales son sus principales características:

- Permite importar planos en formato DXF o DWG, que son los formatos típicos que manejan los programas de tipo CAD. Dicho plano puede ser calibrado (herramientas → calibrar plano) de manera que podemos adaptarnos a la escala a la que este dibujado el plano que utilizemos como imagen de fondo, ventaja sobre DMelect y CYPE. Para ello, requiere primero medir una distancia sobre el dibujo, y después indicar la distancia real en metros. Así si medimos una distancia de 100 m e indicamos que la medida real son 200 m significaría que el plano de que disponíamos estaba a escala 1/2 y trabajaríamos sobre el como si estuviera a escala real.

- Permite dibujar entidades simples de dibujo gracias a la barra de herramientas de dibujo vista anteriormente. Gracias a la opción de dibujar bocetos prácticamente podemos dibujar cualquier símbolo que se nos ocurra además de los ya existentes en la librería de símbolos.

- Posee una librería de símbolos que almacena los símbolos existentes (los definidos en las barras de herramientas de símbolos y protecciones por ejemplo) y va añadiendo símbolos nuevos definidos por el usuario. Esto es otra novedad respecto a DMelect y CYPE.

- Tiene una lista de capas personalizable por el usuario a través de la opción gestión de capas y que es más completa que la de CYPE y DMelect, pues tenemos opciones que no teníamos allí como definir el estilo de trazo o indicar el color de relleno. Además podemos trabajar con varias capas simultáneamente (lo que nos permite definir varias redes de abastecimiento de agua diferentes sobre una misma imagen de fondo) cosa que no podemos hacer ni con CYPE ni con DMelect.

- Dispone de herramientas que permiten identificar puntos en pantalla, medir distancias y medir áreas y perímetros y que se encuentran en la barra de herramientas estándar.

- Zona 4: Por último podríamos decir que el Procuno tiene una cuarta zona y que se correspondería a las ventanas de propiedades de cada uno de los elementos que introducimos en nuestra red de abastecimiento de agua. Veamos como son estas ventanas de propiedades elemento a elemento:

1-) Elementos de definición de cotas y puntos de nivel: Permiten definir diferencias de alturas del terreno. Personalmente veo más cómodo la forma de trabajar de DMelect y CYPE en la que conforme vamos introduciendo los distintos nudos vamos indicando sus respectivas cotas.



2-) Suministros y depósitos. La ventana de propiedades es la misma pues el efecto sobre la instalación de abastecimiento de agua es la misma aunque su significado físico sea distinto.

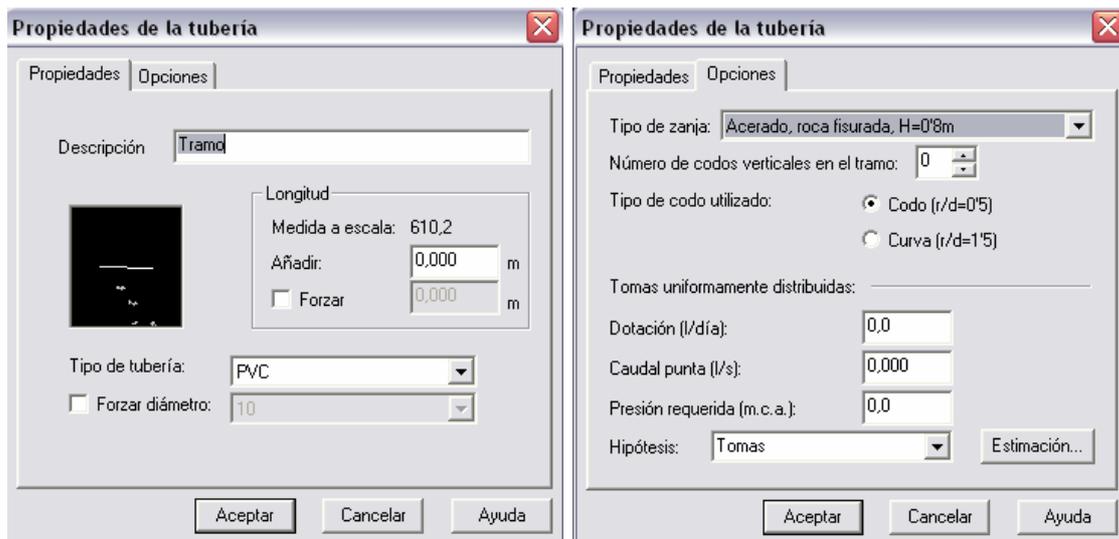


3-) Nudos de consumo: Tomas e hidrantes.



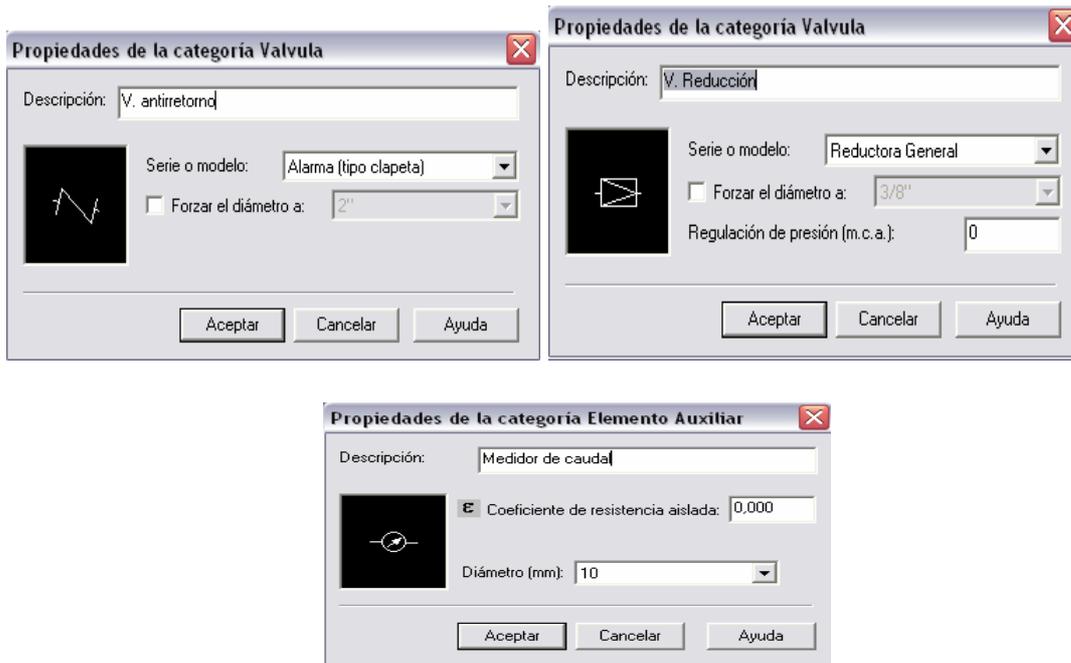
Destacar la posibilidad para las tomas de poder estimar el caudal y en los hidrantes de poder elegir el modelo, el tamaño de dispositivo de descarga y el tiempo de funcionamiento ininterrumpido, opciones que no teníamos ni en CYPE ni en DMelect. La única pega de Procuno es que no diferencie entre nudo de consumo propiamente dicho y boca de riego.

4-) Tramos de tuberías.



Destacar que dentro de las opciones habituales podemos definir una toma uniformemente distribuida a lo largo de la tubería cosa que no podíamos hacer ni con DMelect ni con CYPE. Por otro lado, al igual que CYPE, permite definir el tipo de terreno sobre el que irá alojada la tubería.

5-) Elementos singulares: Válvulas antirretorno, de corte, de regulación de presión y medidores de caudal.



La ventana de propiedades de las válvulas antirretorno y de corte es la misma. La de la válvula de regulación se diferencia en que lógicamente tenemos que introducir la presión a la que queremos regular el flujo. Destacar que en los elementos medidores de caudal se pueden también introducir unas pérdidas localizadas, que como hemos pueden utilizarse para regular la velocidad y presión del flujo.

Filosofía de trabajo

La filosofía de trabajo de Procuno consiste en seguir los siguientes pasos:

1-) Lo primero que haremos será importar una imagen de fondo de nuestro polígono en formato DXF o DWG. También podemos dibujarla directamente aprovechando las prestaciones de la interfaz gráfica ya vistas anteriormente. La ventaja de trabajar en planta es que el programa toma automáticamente las longitudes para las líneas. Para ello debemos, como ya comente antes, calibrar el dibujo en planta a través de la función herramientas/calibrar plano que se halla en el menú general de opciones. Esta herramienta nos permite adaptar la escala del dibujo de modo que una unidad de dibujo corresponda a un metro.

2-) A continuación definimos los datos generales de nuestra instalación: Definiremos el modelo de población (novedad respecto a CYPE y DMelect que se utiliza para estimar el caudal en cada una de las tomas en caso de que nuestro plan parcial no especifique nada), el tipo de zanja, el material de la tubería, el diámetro mínimo, y el sistema de definición de cotas (Por curvas de nivel o por planos horizontales, pues como vimos aquí en vez de

ir introduciendo las cotas de los nudos directamente como hacíamos con CYPE y DMelect, las definimos previamente sobre la imagen en planta). También definiremos la velocidad máxima y mínima permitida y la presión máxima de servicio. La presión mínima, como vimos, se introduce en la ventana de propiedades de las tomas que vayamos introduciendo, lo que al igual que CYPE permite establecer unas condiciones particulares de para cada nudo de consumo.

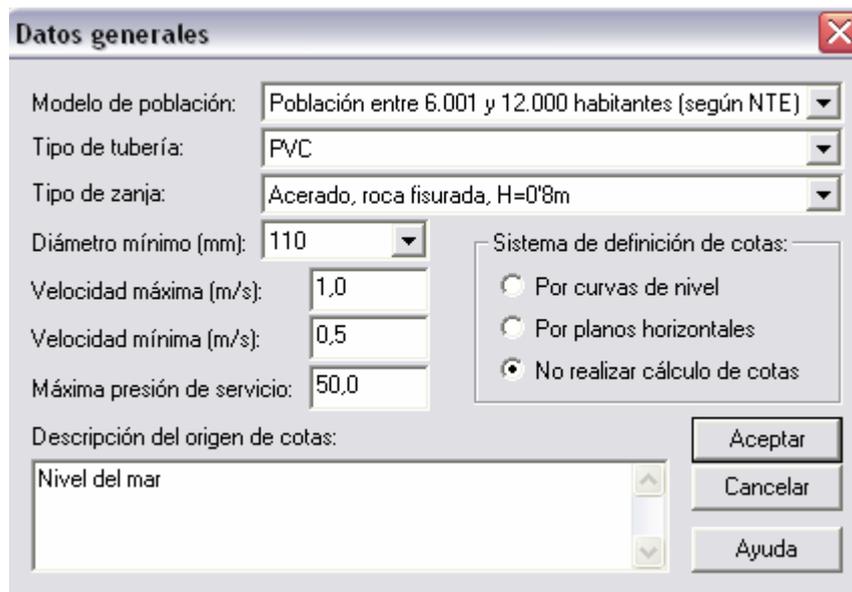


Fig. 2: Ventana de datos generales de Procuno I

Por otro lado, al igual que DMelect, podemos definir el número máximo de iteraciones para resolver la matriz y la precisión que queremos para el cálculo (cuanto mayor sean las iteraciones y la precisión, mejor será la solución pero mayor será el tiempo en obtener resultados. Esto es importante tenerlo en cuenta sobretodo cuando la red de abastecimiento es mallada pues si esta es muy grande y compleja el tiempo de resolución puede resultar excesivo). También destacar dos cosas que tiene Procuno que no tiene ni DMelect ni CYPE. Podemos escoger entre dos tipos de formulación (Colebrook-White y Hazen-Williams) a la hora de obtener el coeficiente de fricción para el cálculo de las pérdidas en tuberías. También podemos escoger de que forma consideraremos las perdidas secundarias, que bien podemos hacerlo como hemos hecho hasta ahora y suponerlas como un tanto por ciento de las perdidas primarias, o bien sino introducimos ningún coeficiente de perdidas secundarias porque no tenemos ni idea de que valor puede tener, Procuno, a diferencia de CYPE y DMelect, considera una longitud equivalente de tubería (lo malo es que no justifica como lo hace)

dependiendo del tipo de elemento que introduzcamos en la red y aplicándole luego a esa longitud equivalente la fórmula de Colebrook. Ya comentaré esto más detalle en el apartado de fundamentos de cálculo.

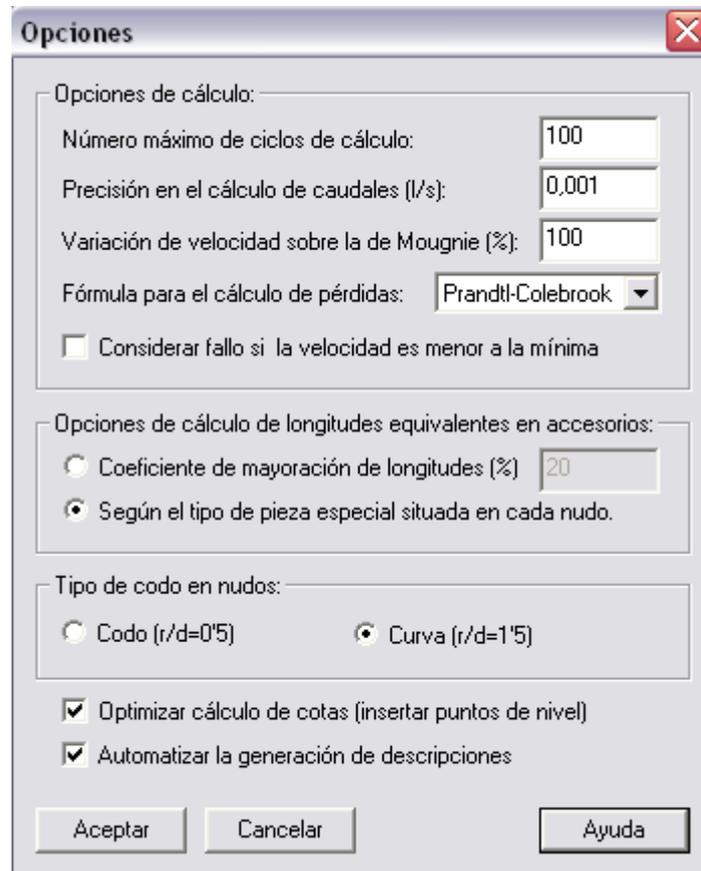


Fig. 2: Ventana de datos generales de Procuno II

3-) Una vez tenemos definida la planta y los datos generales pasamos a la introducción de los distintos nudos, tramos y elementos singulares. Para el dibujo de los nudos de la instalación, debemos utilizar los símbolos de la librería, que como ya vimos es personalizable. Para el dibujo de las tuberías se deben utilizar entidades de tipo Línea ó Polilínea. Toda instalación debe comenzar por un nudo de suministro o por un depósito. Todos los elementos de la instalación han de pertenecer a capas de cálculo. Las capas de cálculo las define el usuario y separa las capas de la imagen de fondo de los elementos nuevos que introducimos para la instalación abastecimiento. Una ventaja de esta forma de trabajo es que podemos definir varias capas de cálculo de forma que para una misma imagen de fondo podemos editar varias instalaciones de abastecimiento de agua. Además siempre se podrán mover entidades de una capa a otra mediante la barra de propiedades. Por último indicar que el programa genera por defecto una capa base sobre la que cargamos la imagen de fondo, además de otra capa (llamada cotas) que se utilizará para introducir los desniveles del terreno. Esto es así porque

como dijimos, no podemos introducir directamente la cota del nudo, sino que tenemos que definir previamente elementos de definición de cotas y puntos de nivel.

4-) Simultáneamente al diseño gráfico iremos definiendo las características de los elementos y los valores de las variables en la ventana de propiedades de los elementos. Podemos tener acceso a dicha ventana haciendo tan sólo un doble clic sobre cada elemento. Lo malo es que aquí cuando queremos variar las propiedades de varios elementos no podemos hacerlo a la vez y tenemos que ir elemento a elemento lo que ralentiza el proceso de edición gráfica.

5-) Una vez dibujada toda la instalación se calcula el proyecto. El programa se encarga automáticamente de obtener los diámetros necesarios óptimos, para que se respeten las limitaciones de velocidad y presión.

6-) Una vez tenemos calculado el proyecto nos vamos al menú de resultados obteniendo la siguiente información:

a) Una memoria del proyecto en diversos formatos (RTF, TXT y HTML), en el que se incluyen los siguientes apartados:

- Memoria descriptiva: Incluye datos de proyecto y del autor del proyecto a rellenar por el usuario. También hace una pequeña descripción de la instalación, pero como veremos no es tan completa y detalla como la memoria ofrecida por DMelect.
- Memoria justificativa de cálculos: Justifica como se han realizado los todos cálculos del proyecto.
- Cuadros resumen por nudos, por tramos y elementos singulares.
- Medición: Documento donde se contabiliza toda la aparamenta del proyecto así como la excavación.

b) Un dibujo del sentido de los flujos de la instalación, opción especialmente útil para sistemas mallados en la que es más difícil deducir el sentido de los flujos. Esta opción resulta una novedad respecto a CYPE y DMelect.

c) Perfil longitudinal. Este perfil incluye las líneas piezométricas, del terreno y de la zanja, además de información sobre las características de las tuberías y las presiones alcanzadas en cada nudo.

Línea piezométrica		
Plano de comparación -4 m	Terreno	
Descripción del tramo:	Zanja Tramo [2-1]	
Diámetro nominal:	ø-125	
Pendiente media (%):	0,000%	
Nudo:	2	1
Distancia al origen (m):	0	261
Presión sobre terreno (m.c.a.):	35,0	34,8
Cota piezométrica (m):	35,0	34,8
Cota del terreno (m):	0,0	0,0
Cota de la zanja (m):	-0,8	-0,8

Fig. 4 Detalle sobre el perfil longitudinal para un tramo.

Fundamentos de cálculo

Al igual que con CYPE y con DMelect a la hora de calcular redes de abastecimiento de agua se puede actuar de dos maneras diferentes: modo diseño en la cual el programa calcula y optimiza automáticamente la instalación más sencilla y modo comprobación en la cual partimos de unos diámetros dados diseñadas por el usuario y el programa comprueba que no haya habido errores.

Nos centraremos en el modo de diseño. Para ello bastará con definir los datos y parámetros de cada nudo, rama y elemento y el programa calculará automáticamente el diámetro de tubería necesario para que se cumplan las

limitaciones de velocidad y presión tanto en las condiciones generales, como en las condiciones particulares de cada nudo y rama. En caso de que no se puedan cumplir todas las limitaciones de presión y velocidad el programa descartará las de menos importancia a nivel técnico, es decir, la velocidad mínima y la presión máxima.

La base fundamental de cálculo en la que se apoya el programa no la especifica, aunque si puede resolver indistintamente sistemas radiales, mallados y mixtos. La formulación que utiliza es la siguiente:

$$H_1 - H_2 = h_p, \text{ de donde podemos poner } H = Z + (P/\gamma); \gamma = \rho \times g$$

Siendo:

H = Altura piezométrica (mca).

z = Cota (m).

P/γ = Altura de presión (mca).

γ = Peso específico fluido.

ρ = Densidad fluido (kg/m³).

g = Aceleración gravedad. 9,81 m/s².

h_p = Pérdidas de altura piezométrica, energía (mca).

Las pérdidas de altura piezométrica se calculan según el tipo de elemento que tengamos. Así tendremos:

1-) Pérdidas en Tuberías

Para el cálculo de las pérdidas en tuberías utiliza la misma formulación que CYPE. La pérdida de altura piezométrica en tuberías de sección circular se calcula a través de la formula de Darcy-Weisbach:

$$h_p = [(8 \times f \times L) / (\pi^2 \times g \times D^5)] \times Q^2$$

Siendo:

f = Coeficiente de fricción en tuberías (adimensional).

L = Longitud equivalente de tubería (m).

D = Diámetro de tubería o válvula (m).

Q = Caudal (m³/s).

Por otro lado el coeficiente de fricción f es función del número de Reynolds, $Re = 4 \times Q / (\pi \times D \times v)$, y de la rugosidad relativa, $\epsilon=e/D$ y de si estamos en régimen laminar o turbulento. La única diferencia de Procuno

con CYPE es que no diferencia si estamos en régimen laminar o turbulento aplicando directamente la relación de Colebrook para régimen turbulento, pues normalmente las condiciones de flujo es que exista turbulencia.

Régimen turbulento: Formula de Colebrook-White: $\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log\left(\frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{2.51}{\text{Re}\sqrt{f}}\right)$

fórmula que debe iterarse para poder llegar a un valor de f, dado el carácter implícito de la misma.

Además como ya adelanté Procuno ofrece una formulación, en este caso la formulación de Hazen-Williams alternativa, y que es de tipo experimental y específica para el cálculo de pérdidas en tuberías de sección circular:

$$J = 10^{374} \cdot \frac{Q_r}{C_{HW}^{185} \cdot D^{487}}$$

Donde:

- J = Pérdida de carga, en m.c.a./m.
- D = Diámetro interior de la tubería, en m.
- Qr = Caudal por la rama en m³/s.
- CHW = Coeficiente de Hazen-Williams.

Lo bueno de esta formulación es que no precisa de iterar, ya que directamente nos da la pérdida de carga a lo largo de la tubería, lo que hace que la resolución sea más rápida aunque menos precisa. Este tipo de formulación puede ser útil para la resolución de sistemas mallados complicados en la que prefiramos una mayor velocidad de resolución más que la precisión a la hora de obtener resultados.

Por tanto CYPE y Procuno, a diferencia de DMelect, utilizan las formulas teóricas analíticas para calcular las perdidas en tuberías, lo que nos garantiza su precisión y fiabilidad a la hora de realizar los cálculos. Lo único malo de Procuno es que, como ya dije, no especifica la base fundamental en la que se apoya para realizar los cálculos, luego a priori el programa más fiable y exacto a la hora de realizar los cálculos es claramente CYPE. Como ventaja destacar la posibilidad de utilizar un tipo de formulación alternativa.

2-) Pérdidas secundarias

Como vimos, sino tenemos ni idea de que coeficiente de pérdidas secundarias introducir Procuno ofrece una alternativa: La pérdida de carga debida a la fricción en válvulas y accesorios u otras pérdidas secundarias en tuberías se calculan usando una longitud equivalente de tubería recta y aplicando la fórmula de pérdidas por fricción de Colebrook. Lo malo de esta forma de proceder es que el programa toma automáticamente esta longitud equivalente y no específica como lo hace.

Por último añadir que se echa en falta que Procuno no permita introducir bombas o grupos de presión, pues son elementos básicos a la hora de concebir una red de abastecimiento de agua.

3.2.5 - Comparativa de los módulos de abastecimiento de agua y conclusiones -

Interrelación con el usuario

Del mismo modo que en el módulo anterior DMelect supera tanto a CYPE como a Procuno en cuanto a nivel de facilidad de manejo, versatilidad, y rapidez de trabajo. Justifiquemos el porqué:

1-) Con DMelect una vez definidas las condiciones iniciales, la filosofía de trabajo es muy sencilla. Tan solo tenemos que pensar en la operación que queremos realizar, señalarla en la botonera correspondiente (pues como vimos prácticamente todas las opciones del programa son directamente accesibles) y ejecutarla en la zona de edición gráfica. Por el contrario, con CYPE aunque el proceso también es sencillo es un poco más engorroso, pues no tenemos acceso directo a las opciones de programa sino que tenemos que hacerlo a través de un menú desplegable que nos aparece a la derecha de la pantalla. Además, como ya vimos en la descripción de CYPE, no diferencia entre el tipo de nudo que introducimos, sino que de manera genérica los denomina nudos de suministro general o de consumo. Por tanto esta en nuestras manos elegir el símbolo particular para cada nudo de manera que podamos diferenciar el tipo de nudo que tenemos. Esto resta velocidad e intuitividad al proceso de edición gráfica. Procuno sigue una filosofía de trabajo parecida en este sentido a DMelect, pues casi todas las opciones son directamente accesibles a través de las distintas barras de herramientas de que dispone el programa como vimos. Lo único que a lo mejor puede hacer un poco más difícil trabajar con él, es que siempre tenemos que trabajar como mínimo con tres capas: una capa para la imagen de fondo, otra capa para la definición de los elementos de cotas (estas dos primeras capas las genera el programa automáticamente) y otra capa que deberemos definir nosotros previamente como capa de cálculo, y que es

donde editaremos todos los componentes de la instalación de abastecimiento de agua. También tenemos que calibrar previamente la imagen de fondo, pero una vez hecho todo esto la filosofía de trabajo es parecida a DMelect.

Nota importante: Realmente lo que hace más difícil trabajar con Procuno que con DMelect, es que todos los símbolos que vamos introduciendo dentro de la red de abastecimiento aparecen con un determinado tamaño, dando igual el tamaño de la imagen de fondo. Esto supone que cuando tenemos que abarcar una gran superficie, como puede ser la manzana de un polígono industrial, los elementos de la red eléctrica aparecen demasiado pequeños, teniendo que escalar cada símbolo nuevo que vayamos introduciendo, lo que ralentiza el proceso de edición gráfica.

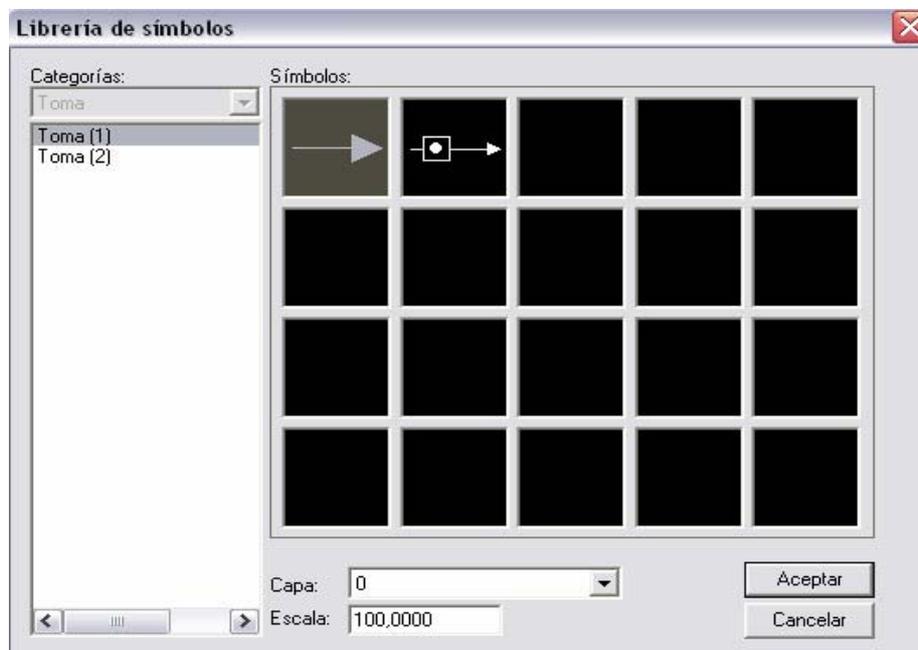


Fig. 1: Aspecto de la librería de símbolos para una toma con Procuno

2-) Con DMelect podemos editar distintos tramos y nudos de forma simultánea, pues permite seleccionar varios elementos a la vez si mantenemos pulsada la tecla ctrl. como lo haría cualquier herramienta de entorno Windows. Sin embargo con CYPE no tenemos más remedio que irnos al menú desplegable de derecha de la pantalla, elegir la opción de edición para nudos o ramas, e ir modificando los datos nudo a nudo y rama a rama. Esto ralentiza más si cabe el proceso de edición gráfica. Eso sí, al menos tenemos la opción de “asignar” que como vimos permite modificar valores típicos en nudos (Caudal y cota) y ramas (Longitud, material y diámetro). Esta última opción agiliza el proceso de edición gráfica, pero la modificación de datos sigue siendo elemento a elemento.



Fig. 2: Ventanas auxiliares para la edición de nudos y ramas con CYPE

Procuno en este aspecto se lleva la peor parte ya que la única forma que tenemos de editar varios nudos a la vez es la de ir elemento a elemento lo que de nuevo nos ralentiza y dificulta el proceso de edición gráfica. Con el módulo de BTwin de Procuno teníamos la opción de copiar propiedades de los elementos, cosa que no ocurre con el módulo de abastecimiento de agua RAwin.

3-) Con DMelect tenemos todas las posibilidades de edición de cualquier programa de entorno Windows: Podemos cortar, copiar y pegar elementos directamente utilizando los comandos Ctrl. + X, Ctrl. + C, Ctrl. + V respectivamente. Además podemos deshacer y rehacer un cierto número de modificaciones que hallamos realizado durante la fase de edición gráfica de nuestro proyecto. Esto último también es posible hacerlo con CYPE. Con Procuno, tal y como vimos, también podemos realizar las operaciones de cortar, copiar, pegar a través de los correspondientes comandos de la barra de propiedades estándar. Sin embargo, se echa de menos no poder deshacer y rehacer modificaciones durante la fase de edición gráfica.

4-) Corregir los errores de diseño con DMelect es mucho más directo que con CYPE, ya que si calculamos el proyecto y hay errores nos aparece un cuadro de dialogo indicándonos las ramas y nudos erróneos. Haciendo un clic sobre cualquiera de los mensajes el programa nos relaciona el error cometido con la rama o nudo correspondientes remarcándolo en azul. Haciendo un doble clic nos lleva directamente al nudo o rama erróneos. Con CYPE, sin embargo no nos aparece ningún cuadro de diálogo, tan solo nos aparece remarcado de color rojo en la zona de edición gráfica los nudos y ramas erróneos, por lo que es tarea del usuario localizarlos. Con Procuno, al igual que con CYPE, tampoco nos aparece ningún cuadro de dialogo, tan sólo nos aparecen señalados los elementos erróneos de la red, aunque con una pequeña ventaja sobre CYPE y es que Procuno centra la vista en la zonas donde hay elementos erróneos, olvidándose del resto de la instalación, lo que facilita la tarea de localizar los errores.

5-) El manual de usuario de DMelect es mucho más completo, extenso y claro que el que disponemos para CYPE y Procuno. Los manuales de DMelect nos explican detalladamente todas las posibilidades del programa, mientras que los manuales de CYPE y Procuno sólo nos dan pinceladas sobre las posibilidades del programa a la vez que resuelven un ejemplo, por lo que es probable que, si el usuario no tiene mucha experiencia omita

muchas de las posibilidades que tiene el programa. Como compensación, tanto CYPE como Procuno ofrecen una ayuda en línea, aunque como sabemos esto nunca será tan práctico como disponer de un manual completo del programa que nos dé una visión global de las posibilidades del mismo.

6-) Por último, señalar que con Procuno la navegación a lo largo de la zona de edición gráfica es muy cómoda pues solo debemos mantener pulsada la tecla ctrl. mientras nos movemos con el ratón por la pantalla. Esto resulta novedoso respecto a CYPE y DMelect y lo cierto es que agiliza mucho el trabajo.

Por tanto, debido a lo señalado anteriormente, considero a DMelect superior a CYPE y Procuno en cuanto a nivel de interrelación con el usuario. DMelect es sin duda el programa más sencillo de manejar pues prácticamente sin necesidad de tener ni tan siquiera que leer el manual, podemos intuir el manejo de DMelect, al menos en cuanto a sus opciones básicas. Otra cosa es que quisiéramos un manejo más avanzado, con lo que tendríamos que recurrir al manual de usuario que como ya comente DMelect dispone un manual completo que nos da una visión global de todas las posibilidades el programa.

Por último señalar que aunque Procuno tenga una filosofía de trabajo parecida a la de DMelect, y que por tanto hace que su manejo sea más fácil que CYPE, el hecho de no poder editar varios elementos a la vez, tener que calibrar el plano, indicar la escala de cada nudo nuevo que introduzcamos o tener que trabajar con 3 capas como mínimo, hace que claramente el programa menos veloz a la hora de trabajar sea Procuno en este caso a pesar de la fácil navegación que tenemos por la zona de edición gráfica manteniendo pulsada la tecla ctrl. Por ello en este apartado, como ocurría con los módulos de electrificación, DMelect es superior, mientras que CYPE y Procuno estarían en segundo lugar sin que ninguno de los dos demuestre ser superior al otro, pues aunque el manejo de Procuno sea más sencillo que el de CYPE, también hay que decir que a la hora de trabajar CYPE es más veloz.

Posibilidades del programa

Veamos las posibilidades que ofrece uno y otro programa:

1-) A nivel de cálculo CYPE y Procuno son más finos que DMelect, pues mientras que con DMelect sólo podemos restringir en las condiciones iniciales del proyecto la velocidad máxima y la presión mínima, con CYPE

y Procuno además podemos introducir una condición de velocidad mínima y presión máxima. En caso de que no se puedan cumplir todas las limitaciones de presión y velocidad CYPE y Procuno descartarán las de menos importancia a nivel técnico, es decir, la velocidad mínima y la presión máxima, pero siempre que le sea posible calculará el diámetro óptimo respetando todas las condiciones impuestas inicialmente, mientras que DMelect sólo tiene en cuenta en los cálculos las condiciones de velocidad máxima y presión. Como compensación advierte de la existencia de tramos en los que no se supere la velocidad mínima o de nudos donde se supere la presión máxima, pero sin tenerlos en cuenta en los cálculos.

2-) Además de lo dicho anteriormente, CYPE aún es capaz de afinar aun más en los cálculos, pues el usuario aparte de las restricciones de velocidad y presión impuestas en las condiciones iniciales del proyecto, tiene la posibilidad de definir unas condiciones de velocidad máxima y mínima para cada tramo y de presión máxima y mínima para cada nudo. Procuno también afina en los cálculos en este sentido, pero sólo permite fijar la presión mínima para cada nudo. Además a la hora de introducir bombas o grupos de presión CYPE supera a DMelect, pues mientras que con DMelect si queremos introducir la curva característica de la bomba sólo podemos indicar 6 puntos representativos de la misma, con CYPE podemos introducir prácticamente todos los puntos que deseemos lo que supone poder utilizar curvas características más precisas. De Procuno no puedo decir nada pues ni siquiera permite la introducción de bombas o grupos de presión.

3-) A nivel del resultados de calculo, DMelect nos proporciona una memoria descriptiva de proyecto, un anexo de calculo, un pliego de condiciones, una medición y unos esquemas DXF de la obra. Sin embargo CYPE tan solo nos ofrece una memoria de cálculo (donde incluye la medición) y unos esquemas DFX de la obra. Eso si la memoria de calculo ofrecida por CYPE es mucho más completa, clara y ordenada que la proporcionada por DMelect. Además podemos exportarla en diversos formatos: TXT, PDF, RTF y HTML (HTML es el formato estándar utilizado por las páginas Web). Por otro lado, como vimos, los esquemas DXF los podemos editar de tal manera que podamos utilizarlos directamente como planos de obra (podemos añadir un cajetín, centrar los planos, mover el dibujo etc.). De hecho la opción de CYPE que permite realizar esto se llama “planos de obra”. Por tanto podemos ver que en este sentido aunque CYPE ofrece menos resultados que DMelect, si lo hace de una forma por así decirlo más “profesional”. Procuno, por su parte, ofrece una memoria descriptiva (aunque lo cierto es que de poco interés, pues sólo incluye los datos de proyecto y del autor del proyecto a rellenar por el

usuario, así como una descripción escueta de lo que es la instalación), una memoria justificativa de cálculos, unos cuadros de resultados (ordenados por nudos, ramas y elementos singulares, muy parecido a lo que hace CYPE) y por último una medición del proyecto (Todo ello como vimos en distintos formatos: RTF, TXT y HTML). Por otro lado no incluye un pliego de condiciones como hace DMelect.

4-) En cuanto a posibilidades de edición gráfica Procuno es, sin duda, el programa más completo de los tres pues su editor gráfico simula un programa de CAD 2D. A continuación estaría CYPE, pues aunque DMelect admite más formatos que CYPE y Procuno a la hora de importar la imagen de fondo, CYPE, y sobretodo Procuno tienen varias opciones útiles que no tiene DMelect. Veamos que posibilidades ofrecen unos y otros:

a) Como dijimos DMelect procesa más formatos de imágenes de fondo que CYPE, pues no solo procesa formatos DXF y DWG (comúnmente utilizados por programas tipo CAD) como lo hace CYPE y Procuno, sino que también admite otros formatos como BMP (Comúnmente usado por los programas de Microsoft Windows y por el sistema operativo propiamente dicho) y TIF (se utiliza masivamente en gráficos de imprenta).

b) Tanto con CYPE como con Procuno podemos descartar las capas de dibujo que no nos interesen, lo que da claridad a la imagen de fondo con la que estamos trabajando. Además con CYPE y Procuno, podemos fijar el color de la imagen de fondo asociando un mismo color a todas las entidades del dibujo. Así si le asociamos un color difuso como gris oscuro, permite que nuestra instalación de abastecimiento resalte sobre el resto del dibujo, mejorando su apreciación. Además también podemos introducir el grosor de la línea de la imagen de fondo. Procuno es aún mas completo pues además podemos elegir el estilo de trazo y el color de relleno de la imagen de fondo.

c) CYPE tiene una opción muy útil que no tienen DMelect y Procuno y es que podemos situar el origen de coordenadas donde más nos convenga al introducir la imagen de fondo, lo cual nos facilita una posterior introducción de datos por coordenadas.

Veamos otras opciones que posee exclusivamente Procuno y que hacen de él el programa mas completo de los tres con diferencia en cuanto a posibilidades de edición gráfica:

a) En primer lugar, podemos realizar las modificaciones que deseemos a la imagen de fondo directamente, sin necesidad de recurrir a otros programas de dibujo como Autocad.

b) Gracias a la posibilidad de trabajar con distintas capas de dibujo, Procuno tiene la opción de editar distintas redes de abastecimiento de agua a la vez sobre una misma imagen de fondo para su posterior cálculo.

c) Podemos prácticamente editar cualquier tipo de símbolo gracias a las herramientas de dibujo en 2D y librerías de símbolos que posee.

d) Podemos medir distancias y áreas. Además podemos calibrar la imagen de fondo en el caso de que esta no este dibujada a escala.

e) Dibuja automáticamente los sentidos de los flujos de nuestra instalación una vez calculado el proyecto, lo que es útil en caso de que tengamos un sistema mallado en el que sea difícil deducir cuales son los sentidos de los flujos.

5-) Por último, Procuno, y sobretodo CYPE, poseen varias opciones útiles que no tiene DMelect y que hacen de ellos programas mucho más prácticos y “profesionales”:

a) CYPE posee elementos a la hora del diseño de la red de abastecimiento que no posee DMelect y Procuno. Recordar que tanto con CYPE como con DMelect podemos introducir para el diseño de nuestra instalación válvulas de regulación, antirretorno, de regulación de presión y bombas. Con Procuno también podemos introducir los elementos anteriores, salvo bombas o grupos de presión, lo que es una deficiencia del programa, pues las bombas son elementos básicos en instalaciones de abastecimiento de agua para poder salvar grandes diferencias de cotas. Además CYPE permite la introducción de válvulas de regulación de caudal y elementos de pérdidas localizadas (también utilizadas para regular el caudal introduciendo pérdidas localizadas muy importantes dominantes frente a todo lo demás), lo que dota al programa de mayores posibilidades a la hora del diseño de una instalación de abastecimiento de agua.

b) A diferencia de DMelect, CYPE y Procuno permite la introducción de los consumos no solo de forma directa sino además por dotación. En este aspecto Procuno es superior. pues además como vimos permite estimar el consumo según el tipo de población,

opción que es muy útil en caso que el plan parcial no especifique nada. Por otro lado, a diferencia de DMelect, tanto CYPE como Procuno permiten la introducción de consumos uniformemente distribuidos a lo largo de un tramo de tubería.

c) CYPE y Procuno tienen en cuenta el tipo de suelo que tenemos (Suelto, cohesivo o roca), de manera que será capaz de darnos una medición más detallada que DMelect de la excavación.

d) CYPE posee un menú desplegable que nos permite configurar diversos aspectos de CYPE que con DMelect y Procuno no podemos, como configurar el sistema de unidades (sistema internacional, M.K.S o unidades inglesas), envíos de obra y planos (formato del plano A0, A1, A2, A3, A4).

e) CYPE tiene la opción de utilizar diversas hipótesis de cálculo y combinarlas entre sí. Así por ejemplo, para una misma instalación de abastecimiento podemos suponer diversas hipótesis de velocidad y de presión máxima y mínima y calcular el proyecto para cada una de las hipótesis supuestas. Además, como ya dije, tenemos la posibilidad de fijar unas condiciones particulares para cada nudo y rama. Así para un nudo podemos fijar unas condiciones particulares de presión máxima y mínima, mientras que para una rama podemos definir unos límites particulares de velocidad máxima y mínima. Todos estos valores particulares podemos combinarlos entre sí y obtener distintos resultados.

Por tanto vemos que por todo lo dicho anteriormente CYPE es el programa más completo, “profesional” y práctico de los tres. En segundo lugar estaría Procuno, pues tiene más opciones útiles que DMelect, salvo excepción hecha de no poseer un elemento tan básico como una bomba o grupo de presión. Eso sí, cuanto a posibilidades de edición gráfica no hay discusión posible: sin duda el más completo es Procuno seguido de CYPE.

Fundamentos de cálculo

Comparemos ahora las bases de cálculo de cada programa. Veremos que en este sentido CYPE supera tanto a DMelect como a Procuno:

1-) A nivel general, la base fundamental en la que se apoya CYPE es en una variante del método de elementos finitos discretizado, que le permite resolver indistintamente sistemas mallados, ramificados o mixtos. El método de elementos finitos es una de las herramientas más potentes y

fiables a la hora de resolver problemas en ingeniería, luego en este sentido supera claramente a DMelect cuya base fundamental en la que se apoya es en el cálculo matricial con algoritmos de optimización. De Procuno no puedo decir nada, pues no especifica la base fundamenta en la que se apoya para realizar los cálculos.

2-) CYPE y Procuno utilizan las formulas teóricas analíticas para calcular las perdidas lo que nos garantiza su precisión y fiabilidad a la hora de realizar los cálculos. Tanto CYPE, como DMelect y Procuno para el cálculo de pérdidas en tuberías utiliza la siguiente formulación (formula de Darcy-Weisbach):

$$h_p = [(8 \times f \times L) / (\pi^2 \times g \times D^5)] \times Q^2$$

Siendo:

f = Coeficiente de fricción en tuberías (adimensional).

L = Longitud equivalente de tubería (m).

D = Diámetro de tubería o válvula (m).

Q = Caudal (m³/s).

Sin embargo a la hora de calcular el coeficiente de fricción DMelect difiere, siendo más preciso el cálculo realizado por CYPE y Procuno. Como sabemos, la fricción f es función del número de Reynolds, $Re = 4 \times Q / (\pi \times D \times v)$, y de la rugosidad relativa, $\epsilon = e/D$. DMelect lo calcula del siguiente modo:

$$f = 0.25 / [\lg_{10}(\epsilon / (3.7 \times D) + 5.74 / Re^{0.9})]^2, \text{ de donde es } v = \text{Viscosidad cinemática del fluido (m}^2/\text{s)}.$$

DMelect utiliza la formula anterior tanto si el régimen de circulación del fluido es turbulento o laminar. El valor umbral del numero Reynolds que determina la transición de un régimen a otro esta en torno a $Re=2500$. La teoría recomienda las siguientes formulas para el cálculo del coeficiente de fricción f, y que son las empleadas por CYPE y Procuno. La única diferencia entre estos dos últimos es que Procuno tan sólo utiliza la relación de Colebrook, pues lo habitual es que el flujo circule en régimen turbulento.

Régimen laminar: Formula de Poiseuille $f=64/Re$

Régimen turbulento: Fórmula de Colebrook-White: $\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{2.51}{\text{Re}\sqrt{f}} \right)$

fórmula que debe iterarse para poder llegar a un valor de f , dado el carácter implícito de la misma. El valor umbral de transición de un régimen a otro se indica con CYPE al introducir las condiciones generales del programa. Por lo tanto DMelect utiliza una aproximación a la hora de obtener el coeficiente de fricción lo que restará precisión en sus cálculos. Para el resto de cálculos, tanto CYPE como DMelect utilizan la misma formulación y que se corresponden a las formulas analíticas teóricas. Sin embargo Procuno, como sabemos no tiene formulación para el cálculo de bombas, pues no incluye este elemento.

3-) Como ya comenté, Procuno tiene algunas opciones que no poseen ni DMelect ni CYPE:

a) Ofrece una formulación alternativa (Hazen-Williams) para el cálculo de pérdidas en tuberías. Lo bueno de esta formulación es que no precisa de iterar, ya que directamente nos da la pérdida de carga a lo largo de la tubería, lo que hace que la resolución sea más rápida aunque menos precisa. Este tipo de formulación puede ser útil para la resolución de sistemas mallados complicados en la que predomine la velocidad de resolución más que la precisión a la hora de obtener resultados. Además otro factor que hace que la resolución de una red de abastecimiento de agua sea más rápida es que con Procuno a al igual que con DMelect podemos definir el número máximo de iteraciones, así como la precisión que queremos en los cálculos. Que no este esta opción es CYPE supone un inconveniente cuando los sistemas son mallados y complejos, pues el tiempo de resolución puede ser excesivo.

b) También ofrece una alternativa para el cálculo de pérdidas secundarias: Se puede calcular usando una longitud equivalente a tubería recta y aplicando la fórmula de pérdidas por fricción de Colebrook. Lo malo de esta forma de proceder es que el programa toma automáticamente esta longitud equivalente y no específica como lo hace. Mucho mejor era la forma de actuar en la que el usuario tenía la libertad de definir un coeficiente de pérdidas secundarias. Lo malo de esto es que hay veces que no tenemos ni idea de que coeficiente de pérdidas secundarias introducir.

4-) Como vimos CYPE, a diferencia de DMelect, permite la introducción de unas condiciones particulares de velocidad máxima y mínima para cada rama, y de unas condiciones de presión máxima y mínima para cada nudo lo que permite al usuario afinar más en los cálculos. Además como vimos dichos valores particulares se pueden combinar entre si, junto con los definidos en las condiciones generales del proyecto, con lo que aumentamos el número de hipótesis que podemos combinar y por tanto obtenemos una mayor cantidad de resultados para una misma instalación de abastecimiento de agua. Procuno por su parte solo permite definir una condición particular de presión mínima para cada nudo, pero al menos ya es algo más de lo que permite DMelect.

5-) Más adelante se hará una comparativa detallada entre las memorias de calculo y los resultados obtenidos para un caso concreto.

Por tanto, vemos que claramente CYPE es el programa más preciso y fiable a la hora de obtener resultados de nuestra instalación, mientras que Procuno obviando el defecto de que no incluye un elemento tan básico como bombas o grupos de presión, es el programa que ofrece más alternativas a la hora de realizar los cálculos ya que es el único que ofrece dos tipos de formulación y es el único que considera automáticamente las pérdidas secundarias a través de aplicar la formula de Colebrook a una longitud equivalente generada automáticamente por el programa según el tipo de elemento que tengamos. Muy atrás en este apartado queda DMelect, pues ni ofrece alternativas de formulación y además como vimos la formulación que utiliza para el calculo en tuberías no es precisamente el tipo de formulación más precisa.

Conclusión final

Aquí a conclusión está clara. El precio de licencia del módulo de abastecimiento de agua de DMelect es de 300 € mientras que el de CYPE 500 €. Por lo tanto, si queremos un programa rápido, sencillo, fácil de manejar y barato sin duda nuestra elección deberá ser DMelect. Si por el contrario queremos un programa más completo, con mayores posibilidades de trabajo y de cálculo, aunque más caro elegiremos CYPE. Por otro lado, Procuno aunque su manejo es también sencillo y posee un potente editor gráfico, para el precio de licencia que tiene que esta en torno a los 500 €, mejor optar por CYPE, pues es superior en cuanto a posibilidades de programa y más preciso y fiable a la hora de realizar los cálculos. Aunque en este caso no me puedo decantar tan claramente por un programa o por otro como hacía cuando analicé los módulos de electrificación ya que aquí también hay que tener en cuenta la subjetividad del usuario. Habrá usuarios

que prefieran un programa de manejo sencillo y potente editor gráfico como es el caso de Procuno, más que un programa con muchas posibilidades y preciso en los cálculos. Con todo no hay que olvidar que Procuno presenta alguna deficiencia como que no contenga un elemento tan básico como bombas o grupos de presión, unido a las mayores posibilidades del programa y mayor precisión en los cálculos, hace que yo personalmente me decante por CYPE.

3.3 - Módulos de alcantarillado -

3.3.1 - Introducción: Descripción del diseño de una red de alcantarillado -

El objetivo fundamental en el diseño de una red de alcantarillado es evacuar el agua desde los puntos de recogida hasta el punto de vertido, garantizando una impermeabilidad de los distintos componentes de la red y una evacuación rápida y sin estancamientos. El problema puede abordarse desde dos puntos de vista:

- 1-) Diseño: Suele ser el caso más habitual, en el que a partir de una serie de datos de agua recogida se desea obtener las dimensiones adecuadas de los conductores.
- 2-) Comprobación: A partir de una instalación ya diseñada, se desea conocer si cumple con las limitaciones de diseño impuesta por la reglamentación o consideradas a juicio del técnico.

Como veremos más adelante tanto CYPE como DMelect como Procuno, que son los tres programas objeto de nuestra comparativa, son capaces de abordar el problema desde los dos puntos de vista mencionados. Destacar que Procuno, como luego se verá con más detalle, permite realizar el diseño de la red de alcantarillado a la vez que comprobamos que el diseño que estamos llevando a cabo es correcto. Esta forma de trabajar resulta novedosa respecto a la forma habitual de trabajo que se ha visto hasta ahora, en la que primeramente hacíamos el diseño para después comprobar que dicho diseño era el adecuado.

Por otro lado, tanto si se desea diseñar como comprobar es necesario tener en cuenta las siguientes pautas:

- 1-) Exigencias de caudal a evacuar: Es necesario respetar una serie de condicionantes tanto en la recogida de aguas negras o fecales (provenientes

como consecuencia de la actividad de nuestro polígono) como en la de aguas grises (aguas pluviales + aguas de riego). En cualquier caso, como ya he dicho se debe garantizar la impermeabilidad de los distintos componentes de la red, así como una evacuación rápida, eficaz y sin estancamientos y que además sea compatible con las restricciones de velocidad. Por otro lado la red de alcantarillado debe ser accesible permitiendo la limpieza adecuada de todos sus elementos, así como posibilitar las reparaciones o reposiciones que fuesen necesarias.

2-) Facilidad de construcción: Uso de materiales, secciones y otros elementos fácilmente disponibles en el mercado, que se ajusten al reglamento tanto en sus dimensiones como en su comportamiento.

3-) Mantenimiento: Conseguir un buen funcionamiento de la instalación para evitar un excesivo y costoso mantenimiento correctivo facilitando el mantenimiento preventivo.

4-) Economía: Parte fundamental. En todos los proyectos se debe conseguir un coste razonable evitando en lo posible sobredimensionar.

Antes de comenzar el cálculo, para el cual cada programa tiene como veremos mas adelante su propia formulación, tenemos que haber recogido todos los datos necesarios:

1-) Tipo de red de alcantarillado: Según la forma en que evacuamos las aguas negras o pluviales podemos distinguir entre unitario, separativo o mixto. Es cualquier caso las redes de saneamiento deben ser ramificadas, con un solo punto de vertido y normalmente la circulación del agua se consigue por gravedad, aunque para algunos casos especiales también se puede forzar la circulación del agua. Las redes unitarias presentan las siguientes las ventajas frente a las separativas:

a) Mayor sencillez de instalación y mantenimiento, siendo por tanto una solución más económica que un sistema separativo.

b) La propia lluvia sanea la red.

c) La ocupación del subsuelo es menor.

Por el contrario las desventajas de un sistema unitario son:

a) La gran variación del caudal debido a la variabilidad de las condiciones meteorológicas puede llevar la formación de sedimentos,

lo que implicaría realizar tareas de limpieza si no queremos que haya obstrucciones en la red.

b) El bajo caudal que hay durante la época de tiempo seco puede provocar que la evacuación de aguas residuales no sea la adecuada lo que provoca malos olores.

c) En caso de que fuese necesaria la elevación habría que elevar tanto las aguas negras o fecales como las aguas grises (aguas de lluvia + aguas de riego).

Debido a estas desventajas en la actualidad se prefiere sistemas separativos, aunque esto implique un mayor costo, ya que necesitaremos el doble de ramales y acometidas y además los costos de mantenimiento serán mayores. Las ventajas de este tipo de sistemas son evidentes:

a) Menor gasto de limpieza dada la mayor dificultad de formación de sedimentos pues ya no tenemos el problema de las grandes variaciones de caudal.

b) Los recorridos de las aguas pluviales tienen normalmente un menor desarrollo, ya que en general se desaguan por los caminos más cortos hacia el cauce natural.

c) Las inundaciones de aguas pluviales por un aumento excesivo de caudal no son nocivas.

2-) Estimación de los caudales recogidos por la red: Las aguas negras o fecales son generadas como consecuencia del desarrollo de las actividades dentro de nuestro polígono. Por lo tanto son las más fáciles de estimar, pues como hipótesis conservadora se pueden suponer iguales la dotación de agua potable. Por otro las pluviales son más difíciles de estimar pues dependerá de la situación geográfica de nuestro polígono. También se deberá tener en cuenta el factor de infiltración debido a la porosidad de las conducciones. Suele estimarse entre 0.0058 l/s por cm de diámetro y Km. lineal de conducción para conducciones nuevas y 0.0643 l/s por cm de diámetro y Km. lineal de conducción para conducciones mal conservadas. Como veremos, sólo CYPE tiene en cuenta este factor.

3-) Vertederos: Es el punto final donde llega el agua evacuada por la red de saneamiento. Dichos puntos puede ser depuradoras (eventualmente a la entrada de la depuradora colocaremos un aliviadero que desvíe el exceso de caudal), emisarios (tuberías que se adentran en el mar y llevan el agua hasta

puntos alejados de la costa) o una desembocadura a una red de saneamiento general.

4-) Velocidad de las conducciones: Es una de las principales limitaciones a la hora de dimensionar una red de conductos. Se suele emplear como límite inferior 0.5 m/s, para evitar procesos de sedimentación y estancamiento, y como límite superior 2 y 5 m/s, para evitar fenómenos de desgaste excesivo de los conductos y ruidos.

5-) Calado: Es otra de las limitaciones en el diseño de la red de saneamiento. El agua normalmente circula a través de conducciones abiertas (canales) por gravedad. En ningún tramo el calado debe exceder la dimensión vertical máxima de la conducción o de lo contrario entraría en carga (se desbordaría el canal) y los cálculos de velocidad no serían válidos para ese tramo.

6-) Conducciones: El funcionamiento de una red de saneamiento depende de la geometría y tamaño de la conducción, y del material empleado. El tipo de material determina la rugosidad superficial de la conducción. Por otro lado la sección del conducto no suele ser sólo circular, sino que existen diversas geometrías sobretodo por facilidad constructiva. Tamaños mayores de los conductos disminuyen el riesgo de sobrepasar la velocidad máxima de la conducción y de que el conducto entre en carga. Sin embargo encarece la instalación y aumenta el riesgo de que haya tramos que no superen la velocidad mínima.

7-) Excavaciones: Las redes de saneamiento de agua suelen ir enterradas bajo la calzada, siempre que se posible, y situadas por debajo de la red de abastecimiento de manera que si hay una rotura no contamine el agua circulante por la red de abastecimiento. La forma en la que será excavada la zanja donde ira alojado el conducto depende en gran medida de las características del terreno, por lo que habrá que tener en cuenta el tipo de suelo que tenemos. Como veremos más adelante sólo CYPE si tiene en cuenta este factor.

3.3.2 - Modulo de alcantarillado de DMelect: ALCANwin -

Descripción básica

Este programa ha sido diseñado para calcular redes de alcantarillado de aguas pluviales y residuales con cualquier tipología, tamaño y características. Es una herramienta ideal en el cálculo de redes de

saneamiento en polígonos industriales, residenciales, urbanos o grandes áreas comerciales.

Se trata de un programa muy intuitivo, pues el usuario solo debe pensar en la operación que desea ejecutar y transmitírsela directamente al programa ejecutando el comando necesario y actuando sobre la zona de edición gráfica.

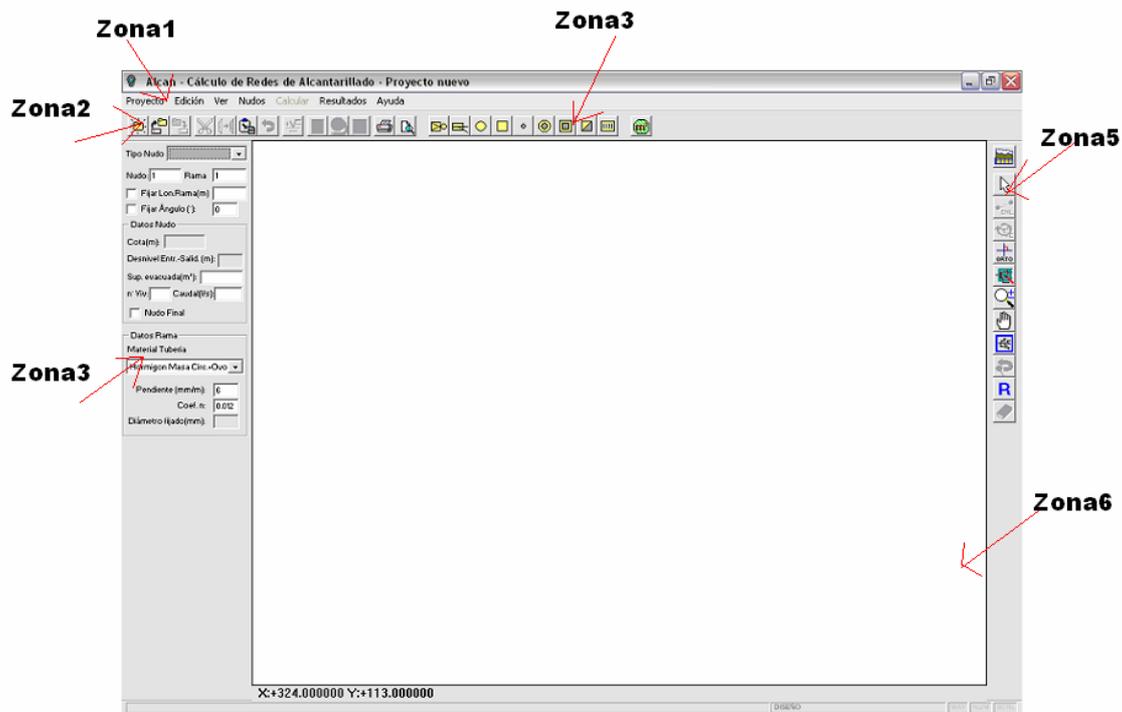


Fig. 1: Aspecto general de ALCANWIN

A grandes rasgos el programa presenta 6 zonas bien diferenciadas:

- Zona 1: Menú general de opciones que engloba todas las funciones y opciones que se pueden ejecutar con el programa y que se encuentra en la parte alta de la pantalla: Proyecto, edición, ver, nudos, calcular, resultados y ayuda. Entre los nudos que podemos introducir en la red de alcantarillado tenemos:

- a) Arquetas para recogida de aguas negras o fecales y sumideros que tienen por finalidad incorporar las aguas grises a la red.
- b) Pozos de registro o resalto circulares o rectangulares para tener acceso a la red para su inspección y limpieza.

c) Cámaras de descarga al inicio de la red con objeto de limpiar la red de alcantarillado y aliviaderos al final de la red que desvíen un eventual exceso de caudal.

d) Tramos: Permite introducir conductos de distintos materiales y tamaños.

- Zona 2: Botonera de acceso directo a los comandos más usuales tales como comenzar, abrir y salvar un nuevo proyecto, calcular un proyecto, visualizar los informes del cálculo, imprimir, cortar pegar o copiar nudos o ramas, deshacer operaciones ya efectuadas etc. Esto nos permite agilizar nuestro trabajo.

- Zona 3: Paleta de nudos que refleja todos los tipos de nudos necesarios para dibujar una red de alcantarillado: Nudos iniciales (Cámara de descarga), nudos finales (Aliviadero), nudos de recogida de caudales, paso o derivación (Pozo de registro circular o rectangular, pozo de resalto circular o rectangular, arqueta, sumidero y conexiones a conducto) y establecimiento de superficie que calcula la superficie evacuada por un nudo.

- Zona 4: Ventana de propiedades de los componentes que se utiliza para la introducción o modificación de valores de nudos o ramas. Entre las opciones que incluye la ventana de propiedades tenemos:

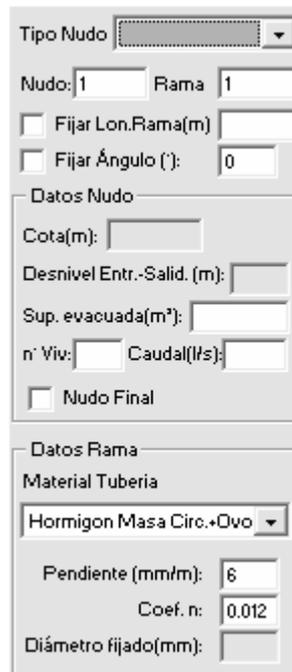


Fig. 2: Ventana de propiedades módulo ALCANWIN

a) Tipo de nudo: Permite modificar directamente la representación gráfica de nudos ya introducidos.

b) Numeración de nudos y ramas: Podemos elegir una numeración para los nudos y ramas distinta a la que toma por defecto el programa.

c) Fijar longitud y ángulo de rama: Podemos fijar un ángulo y longitud de rama que serán fijos durante todo el proceso de edición gráfica salvo que el usuario los modifique.

d) Cota y Desnivel entrada salida: Permite definir la cota de los nudos, siempre y cuando se halla elegido esta modalidad de trabajo en las condiciones generales y no la modalidad de trabajo por pendiente de las ramas. Vemos por tanto que tenemos dos modalidades de trabajo. Por otro lado en desnivel entre la entrada y salida indica la diferencia de altura entre los conductos de entrada y salida a un pozo de resalto. Si el desnivel es superior a 80 cm deben utilizarse pozos de resalto.

e) Superficie y caudal evacuados: A la hora de definir el caudal evacuado podemos actuar de dos maneras:

1-) Por dotación: Podemos definir la superficie (en m²) de aguas grises que es capaz de evacuar un nudo. Para el cálculo de aguas pluviales DMelect utiliza la proporcionalidad de 0,1 m³/s·ha entre el caudal y la superficie evacuada y que además esta mayorada según veremos más adelante por la zona geográfica en la que nos encontremos. Para el calculo de aguas fecales indicaremos el numero de viviendas que es capaz de evacuar el nudo sabiendo que hay una proporcionalidad de 0.00005 m³/s·viv entre el caudal de aguas negras o fecales y el numero de viviendas evacuadas. Además el programa incluye la siguiente tabla orientativa:

Hoteles: 1 vivienda cada dormitorio.

Hospitales: 1 vivienda cada 2 enfermos.

Escuelas: 1 vivienda cada 50 alumnos.

Cuarteles: 1 vivienda cada 10 soldados.

Piscinas públicas: 1 vivienda cada 25 m³ de vaso de piscina.

Mercados: 1 vivienda cada 200 m².

Mataderos: 1 vivienda por cabeza.

2-) Por caudal directo: La otra forma que tenemos es asociar únicamente una arqueta al nudo e indicar directamente el caudal evacuado tanto para aguas negras o fecales como aguas grises. También se puede combinar esta modalidad con la anterior. Las aguas negras o fecales son generadas como consecuencia del desarrollo de las actividades dentro de nuestro polígono. Por lo tanto son las más fáciles de estimar, pues como hipótesis conservadora se pueden suponer iguales la dotación de agua potable. Este será el valor que asignemos como caudal directo. El resto son aguas grises y se introducen como ya he comentado anteriormente. Por eso en cada nudo lo habitual es encontrar asociado a él una arqueta (caudal directo para aguas negras o fecales) y un sumidero (superficie evacuada para aguas grises).

f) Material de la tubería, coeficiente de Manning, pendiente y diámetro fijado: Podemos definir unas condiciones particulares para cada tramo distintas de las establecidas en las condiciones generales.

- Zona 5: Paleta de herramientas que permite un acceso directo a las operaciones más usuales de edición gráfica y visualización de la red tales como modo selección, modo enlace, modo orto, distintos tipos de zoom (de todo, de ventana y en tiempo real) redibujar y borrar. También se incluye la opción de visualizar los perfiles de la red, con representación de cotas diámetros etc.

- Zona 6: Zona de edición gráfica que es la zona sobre la que introducimos todos los bloques gráficos de la red de alcantarillado para su posterior cálculo.

Un poco a modo de resumen, la zona 1 engloba todas las opciones del módulo, mientras que las 5 zonas restantes nos permite un acceso rápido a prácticamente todas las opciones del programa de forma directa, lo que la da una enorme versatilidad.

Filosofía de trabajo

Básicamente consiste en seguir los siguientes pasos:

1-) Antes de comenzar el diseño de la instalación será conveniente realizar la configuración gráfica de sector del polígono sobre el que vamos a trabajar. Para ello importaremos una imagen de fondo (En formato preferiblemente DWG pues al ser ficheros de menor tamaño la aplicación

trabajará mas rápidamente, pero también se admite formato DXF, BMP o TIF). Es importante tener en cuenta que si el formato es DWG o DXF la escala del dibujo debe ser 1:1 ya que una unidad de dibujo en el CAD representa 1 m en la imagen del sector del polígono. A diferencia de CYPE, aquí no tenemos la posibilidad de activar o desactivar las capas que nos sean necesarias, luego previamente deberemos hacer las modificaciones que creamos pertinentes a la imagen de fondo con Autocad, en caso de que el formato de la imagen se DXF o DWG.

2-) Una vez tenemos cargada la imagen de fondo, el siguiente paso consistirá en definir las condiciones generales:

a) Datos: Elegimos el modo de calculo (diseño o comprobación), la velocidad máxima, elegimos si la introducción de la red va a ser por cotas de los nudos o por una pendiente fija para todas las ramas en mm/m que nosotros elegiremos según estimemos oportuno y que será el modo habitual de trabajo, el caudal máximo de diseño (permite establecerlo para $Y/D=0.5$, 0.75 o 1 , siendo Y la altura de la lámina de agua y D el diámetro de la tubería. Lógicamente para $Y/D=1$ el diámetro se calcula para tubo lleno) y por último indicaremos la zona geográfica donde nos encontremos (el programa obtiene el caudal de aguas pluviales evacuado a razón de $0,1 \text{ m}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$, mayorando dicho valor en función de la zona geográfica en la que nos encontremos: zona X no se mayor, zona Y se mayor un 50% y zona Z se mayor el 100%).



Fig. 3: Ventana de condiciones generales I

b) Simbología gráfica: Permite definir el factor de escala de los símbolos utilizados para los nudos y ramas, de los textos para cada nudo y rama y del perfil. Por defecto toma el valor de 1.

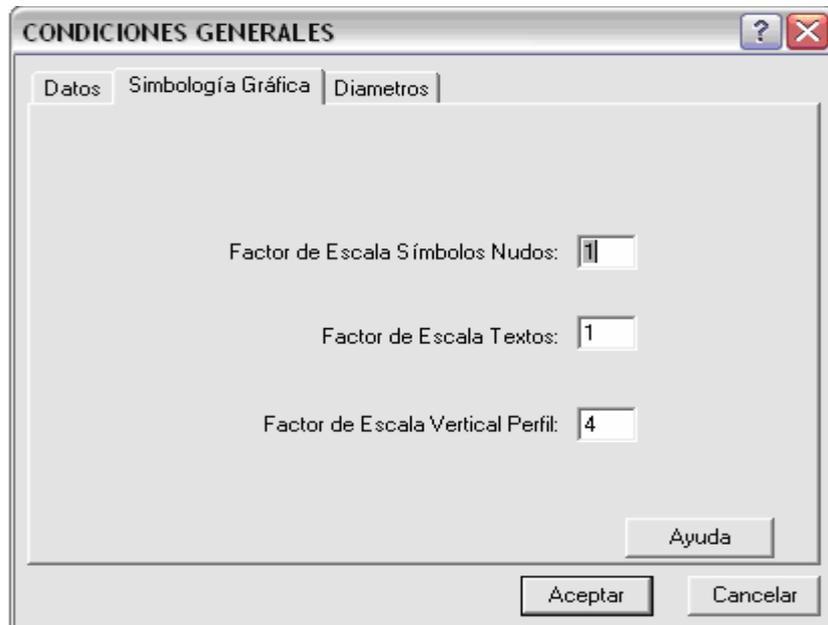


Fig. 4: Ventana de condiciones generales II

c) Diámetros: Permite definir al usuario los diámetros normalizados con los que desea trabajar. En las redes principales, ejecutadas normalmente con materiales no plásticos, el diámetro mínimo utilizado es de 300 mm. En las redes secundarias o acometidas, normalmente utilizadas con materiales plásticos, el diámetro mínimo utilizado es de 200 mm.

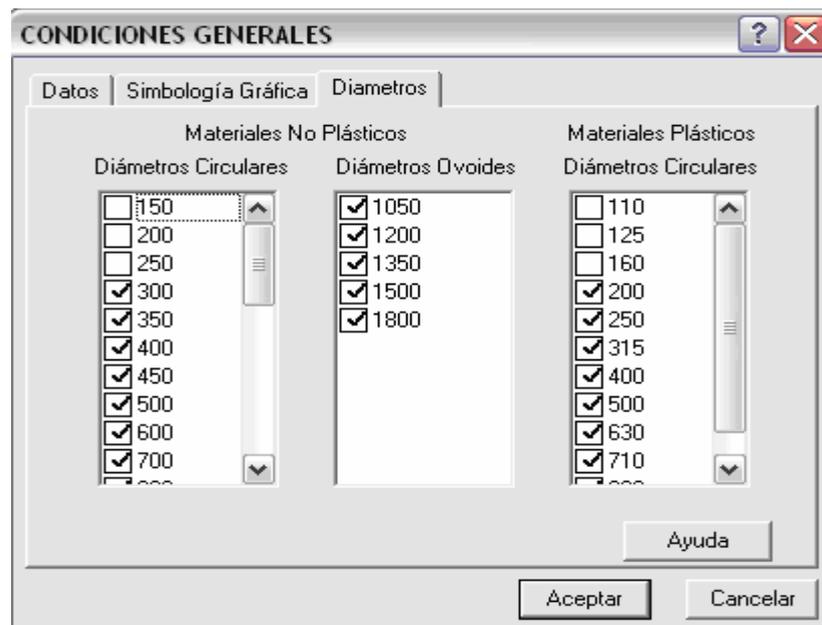


Fig. 5: Ventana de condiciones generales III

3-) Realizamos el diseño gráfico de la instalación mediante la paleta de componentes que la aplicación pone a nuestra disposición. Como dijimos sólo tenemos que pensar en la opción que deseamos realizar, activarla en la botonera correspondiente y actuar sobre la zona de edición gráfica.

4-) Simultáneamente al diseño gráfico iremos definiendo las características de los elementos y los valores de las variables en la ventana de propiedades de los elementos.

5-) Una vez dibujada toda la instalación se calcula el proyecto. El programa se encarga automáticamente de obtener unos diámetros óptimos que sean capaces de evacuar el caudal solicitado por cada rama, con la pendiente impuesta y respetando la limitación de velocidad máxima y calado máximo.

6-) Una vez tenemos calculado el proyecto nos vamos al menú de resultados obteniendo la siguiente información:

a) Memoria descriptiva: Es aquel documento en el cual se describe toda la instalación de alcantarillado, haciendo referencia a los Antecedentes, Objeto del proyecto, Reglamentación, Emplazamiento, Determinación de los caudales evacuados, sistema de evacuación de la red de saneamiento, Descripción de la instalación, Tubos, Pruebas en la tubería instalada, Planos y Conclusión. Esta generada en formato RTF y que es el fichero de intercambio de cualquier programa de tratamiento de texto.

b) Anexo de cálculos: Documento en el cual se desarrollan, minuciosamente, todos los cálculos de dicho proyecto. Esta generada en formato RTF y que es el fichero de intercambio de cualquier programa de tratamiento de texto.

c) Pliego de condiciones: Documento en el cual se describen de forma minuciosa las características constructivas y de ejecución de todas las instalaciones proyectadas, así como las responsabilidades que debe asumir cada una de las partes que interviene en la ejecución de la obra. Esta generada en formato RTF y que es el fichero de intercambio de cualquier programa de tratamiento de texto.

d) Medición: es aquel documento donde se contabilizan todas las tuberías y elementos de la red de alcantarillado. Esta generada en formato RTF y que es el fichero de intercambio de cualquier programa de tratamiento de texto.

e) Esquemas DXF: Es la representación gráfica de la red en planta y perfil, donde se detallan las características de la red de alcantarillado que se desprenden de los cálculos del proyecto y que serán la referencia para la ejecución y control de la instalación.

Notas de interés:

- Disponemos de una base de datos en la que están almacenados todos los elementos que intervienen en el cálculo. Esta base de datos puede ser modificada incluso ampliada para adaptarla a nuestras necesidades o a la compañía suministradora.

- Se trata de un programa de manejo fácil, intuitivo y rápido. Basta con pensar una operación, irnos a la botonera correspondiente, y ejecutarla en la zona de edición gráfica. Además dispone de una serie de opciones que proporcionan toda la versatilidad y modo de trabajo que ofrece una herramienta en entorno Windows:

1-) Disponemos una opción muy útil de vista global que permite tener siempre una visión global de nuestra instalación.

2-) Podemos cortar, borrar, copiar y pegar nudos y ramas, así como deshacer cambios introducidos en el esquema.

3-) Como ya adelanté se puede trabajar tanto en modo diseño de una instalación eléctrica como en modo comprobación. En este último caso los elementos que no estén bien dimensionados, debido a que se supere la velocidad máxima o el calado máximo, con la pendiente impuesta, aparecerán marcados en rojo. Podemos hacer un solo clic sobre el mensaje de error que aparece en la ventana de mensajes que aparece al calcular el proyecto, y el programa nos relaciona el error con el nudo o rama remarcándola en azul. Si hacemos un doble clic el programa localizara automáticamente el nudo o rama seleccionado.

4-) Podemos cambiar las propiedades (material, etc.) de un gran número de ramas y/o nudos manteniendo pulsada la tecla ctrl. lo cual es muy típico en programas de entorno Windows.

Fundamentos de cálculo

Como ya adelantamos, a la hora de calcular instalaciones alcantarillado, se puede actuar de dos maneras diferentes: modo diseño en la cual el programa calcula y optimiza automáticamente las instalación más sencilla y modo comprobación en la cual partimos de unos diámetros diseñados por el usuario y el programa comprueba que no ha habido errores.

Nos centraremos en el modo de diseño. Para ello bastará con definir los datos y parámetros de cada nudo y rama y el programa calculara automáticamente los diámetros necesarios para evacuar el caudal solicitado por cada rama, con la pendiente impuesta y cuidando de que no se supere la velocidad máxima y calado máximo establecidos en las condiciones generales.

Para el cálculo de los diámetros óptimos se utiliza el método de recuento de caudales desde los aportes hasta el vertedero. Por ello la red debe ser ramificada. Para el cálculo del caudal evacuado el programa se basa en la formulación de Manning-Strickler, que es posiblemente la formulación más utilizada para el cálculo de saneamiento:

$$Q_{II} = 1/n S^{1/2} R_h^{2/3} A$$
$$V_{II} = 1/n S^{1/2} R_h^{2/3}$$

Siendo:

Q_{II} = Caudal a conducto lleno (m^3/s).

V_{II} = Velocidad a conducto lleno (m/s).

n = Coeficiente de Manning (Adimensional), que depende del material.

S = Pendiente hidráulica (En tanto por uno).

R_h = Radio hidráulico (m).

A = Área de la sección recta (m^2).

El radio hidráulico y el área de la sección recta se calculan del siguiente modo, dependiendo del tipo de sección que tengamos:

a) Sección Circular.

$$R_h = 0.25 D.$$

$$A = 0.7854 D^2.$$

b) Sección Ovoide.

$$R_h = 0.193 D.$$

$$A = 0.510 D^2.$$

De donde D representa la altura del conducto (m). Recordar que estas fórmulas son para conducto lleno, es decir, para un calado del 100 %. El programa por tanto modifica los valores obtenidos con esta formulación en caso de que el calado máximo escogido sea del 50 % o del 75 %.

Veremos más adelante como CYPE en este sentido es superior a DMelect, pues admite distintos tipos del formulación para el cálculo del caudal evacuado (no solo la formula de Manning) y más variedad de secciones y calados máximos.

3.3.3 - Módulo de alcantarillado de CYPE -

Este programa está pensado para el cálculo, diseño, comprobación y dimensionado automático de redes de saneamiento ramificadas, con un solo punto de vertido y con cualquier tipología, tamaño y características.

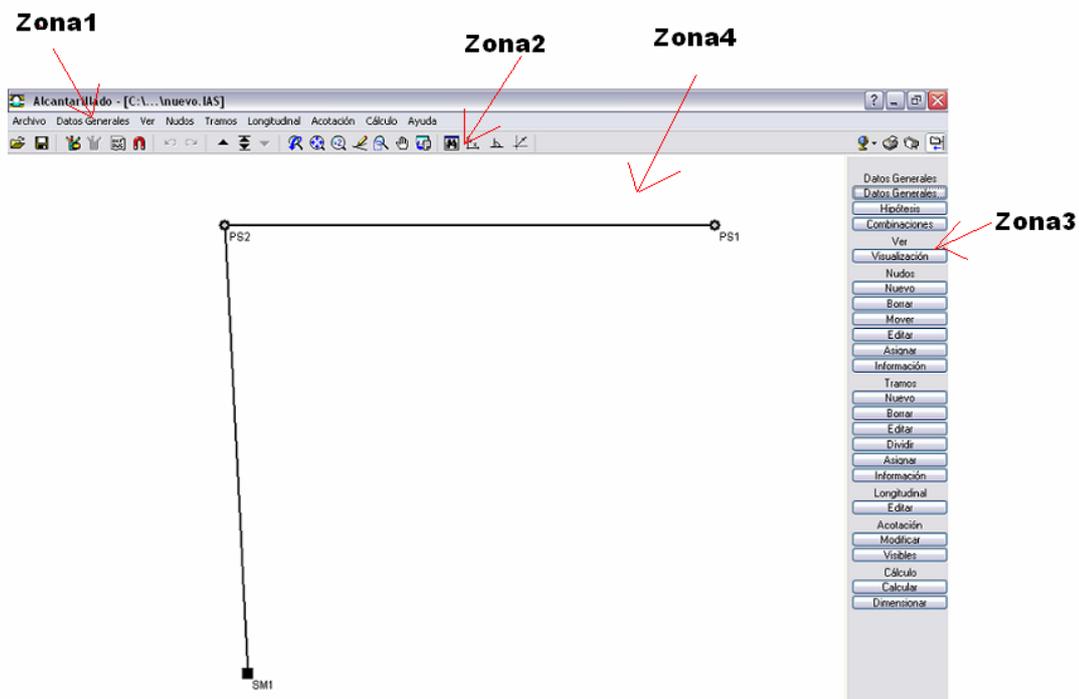


Fig. 1: Aspecto general del módulo de alcantarillado de CYPE

A grandes rasgos el programa presenta 4 zonas bien diferenciadas:

- Zona 1: Menú general de opciones que engloba todas las funciones y opciones que se pueden ejecutar con el programa y que se encuentra en la parte alta de la pantalla: Archivo, datos generales, ver, nudos, tramos, longitudinal, acotación, calculo y ayuda. Entre los componentes que podemos introducir dentro de nuestra red de abastecimiento tenemos:

a) Pozos de saneamiento: CYPE, a diferencia de DMelect, no diferencia entre arquetas o sumideros, sino que de manera genérica los denomina pozos de saneamiento. En esta denominación también van incluidos las cámaras de descarga y los pozos de registro o resalto circular o rectangular. Por tanto esta en nuestras manos elegir el símbolo particular para cada nudo de manera que podamos diferenciar el tipo de nudo que tenemos. Esto resta velocidad e intuitividad al proceso de edición gráfica.

b) Vertederos y pozos de transición: Los vertederos como sabemos representan el final de la red. También podemos incluir pozos de transición para derivar la red en otras ramas.

c) Tramos: Permite introducir conductos de distintos materiales y tamaños.

- Zona 2: Una barra de herramientas donde encontramos diversas operaciones útiles que agilizan el trabajo:

- Gestión de archivos, salvar y editar recursos. Estas opciones agilizan la gestión de archivos.

- Editar plantillas, capturas de plantillas (opción utilizada para hacer referencias a objetos), que permiten importar y editar una imagen de fondo.

- Deshacer o rehacer modificaciones.

- Mover pantalla, redibujar, imprimir vista actual, visualizar el mapa de la red eléctrica, modo orto, activación de la introducción por coordenadas y diversos zooms (pantalla completa, a tiempo real y de ventana). Estas opciones agilizan la edición gráfica y visualización.

- Selección de combinación de hipótesis (como veremos mas adelante a diferencia de DMelect aquí podemos combinar hipótesis).

- Un menú desplegable que nos permite configurar diversos aspectos de CYPE: Unidades, impresora, envíos de obra, planos, detalles y color de fondo.

- Por último encontramos los listados de obra (que no es más que el anexo de cálculo, que a diferencia de DMelect podemos exportar en diversos formatos: TXT, PDF, RTF y HTML que es el formato

estándar utilizado por las páginas Web) y los planos de obra en DXF. Aquí a diferencia de DMelect tenemos diversas opciones para editar el plano como añadirle un cajetín, activar o desactivar capas etc. lo cual nos permite obtener un plano de referencia listo para utilizar durante la ejecución de obra, sin necesidad de hacer ninguna modificación con Autocad.

- Zona 3: Un menú lateral desplegable en la zona derecha de la pantalla que nos permite acceder rápidamente a todas las opciones de la zona 1 salvo las opciones de archivo, lo cual agiliza el proceso de edición grafica y calculo del proyecto. Desde luego no ofrece la misma versatilidad que ofrece DMelect, pues allí el acceso era directo, pero la rapidez de trabajo conseguida es más que aceptable. Tanto si es un nudo, una rama o un elemento podemos realizar las siguientes operaciones (operaciones que siempre se harán nudo a nudo, rama a rama o elemento a elemento lo que puede llegar a hacer le proceso de edición gráfica un poco tedioso):



- a) Nuevo: Permite introducir un nudo o una rama nueva a la red.
- b) Borrar: Permite borrar un nudo o una rama de la red.
- c) Mover: Permite mover un nudo. Aquí habrá que tener en cuenta que si movemos un nudo las ramas adyacentes verán modificada su longitud y su ángulo.
- d) Dividir: Permite dividir un tramo en varios segmentos introduciendo nudos de paso o de derivación. Esta opción es muy útil si se quiere una derivación de la red en una de las ramas.
- e) Asignar: Permite modificar valores en nudos (Caudal evacuado y cota de rasante) y ramas (Longitud, material y diámetro). Esta última opción agiliza algo el proceso de edición gráfica ya que nos aparece una ventana auxiliar que nos permite pasar directamente de un elemento a otro.



f) Información: Permite acceder directamente a información sobre nudos (Caudal evacuado, profundidad del pozo, cota de rasante y cota de terreno) y ramas (diámetro, material, caudal circulante, calado y velocidad) una vez calculado el proyecto.

g) Editar: Permite modificar diversos aspectos asociados a nudos o ramas desplegando una ventana del nudo o rama en cuestión:

1-) Nudos: Podemos modificar el tipo de nudo, la cota de rasante, la cota de terreno, la profundidad del pozo (normalmente se determina de manera automática), el símbolo asociado al nudo y el caudal evacuado. Para seleccionar el caudal evacuado tenemos dos maneras de proceder:

- Por dotación: Podemos definir la superficie (en m²) de aguas grises que es capaz de evacuar un nudo. Para definir el caudal evacuado de aguas pluviales definimos la intensidad de lluvia en mm/h y el coeficiente de escorrentía (la intensidad de lluvia dependerá de la zona geográfica en la que nos encontramos mientras que el coeficiente de escorrentía depende sobretodo de la naturaleza de la superficie por la que circula el agua. Por desgracia CYPE no incorpora una base de datos sobre esto, por lo que deberemos irnos a fuentes externas para estimar estos parámetros. Por tanto aunque esta sea una forma más conveniente de estimar el caudal de aguas pluviales que la que tiene DMelect, tiene más dificultad por lo comentado antes). Por lado también indicaremos el número de viviendas que es capaz de evacuar el nudo así como el caudal directo evacuado de aguas negras o fecales de cada vivienda, que como hipótesis conservadora podemos hacerlo coincidir con la dotación de agua potable para la vivienda.

- Por caudal directo: La otra forma que tenemos de trabajar es indicar directamente el caudal evacuado tanto para aguas fecales como grises. También se puede combinar esta modalidad con la anterior. Las aguas negras son generadas como consecuencia del desarrollo de las actividades dentro de nuestro polígono. Por lo tanto son las más fáciles de estimar, pues como hipótesis conservadora se pueden suponer iguales la dotación de agua potable. Este será el valor que asignemos como caudal directo. El resto son aguas grises que se determinan como ya he explicado anteriormente.

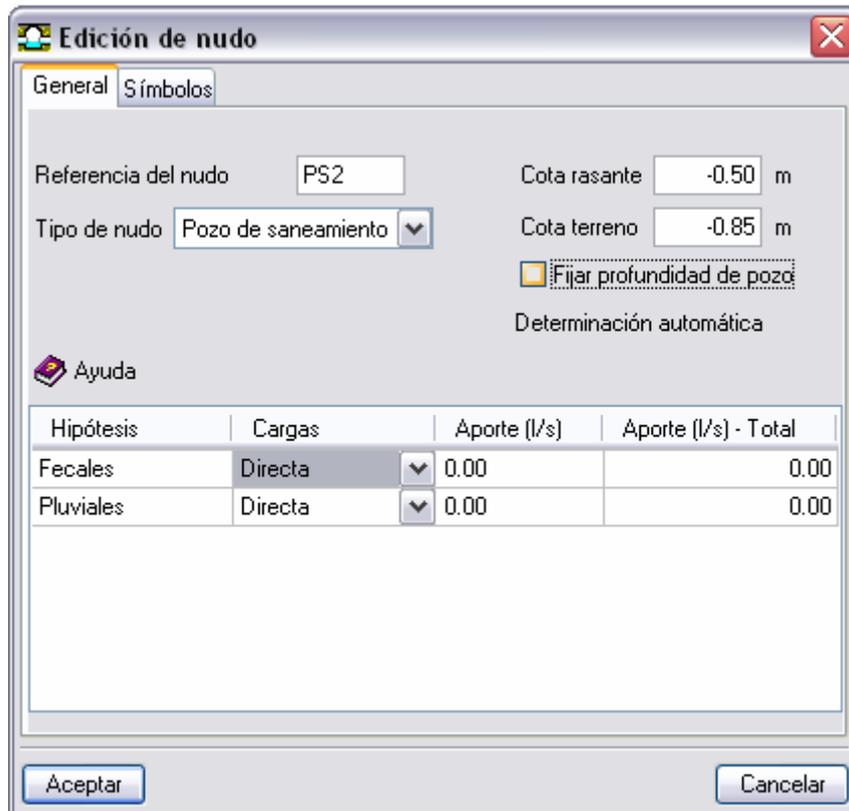


Fig. 2: Ventana de edición de nudos I



Fig. 3: Ventana de edición de nudos II

2-) Ramas: Permite modificar el material, el diámetro y la longitud de la tubería. También podemos medir la excavación. Por otro lado permite definir para cada tramo el calado máximo, la velocidad máxima y mínima, la pendiente máxima y mínima y el factor de infiltración para ese tramo. Esto último es muy útil y supone una gran ventaja sobre DMelect pues podemos establecer unas condiciones particulares para cada tramo.

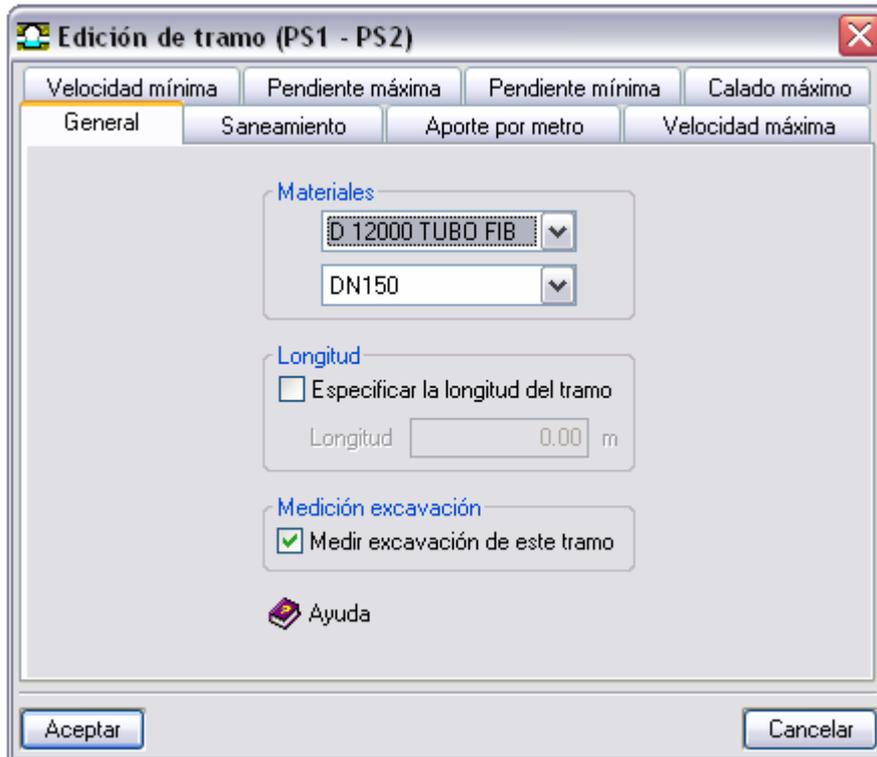


Fig. 4: Ventana de edición de ramas I

3-) Longitudinal: El longitudinal es por así decirlo el perfil de la red. Una vez calculado el proyecto podemos modificar dicho perfil, pues el programa nos da la posibilidad de cambiar las pendientes de los tramos, las cotas de terreno y rasante de los nudos, la profundidad del pozo etc. Esta es una opción que no tiene DMelect que permite introducir de manera rápida cambios en nuestro proyecto.

Por último destacar que, a diferencia de DMelect, podemos introducir aportes uniformes a lo largo de un tramo, no tiene porqué tener que ser necesariamente un consumo puntual.

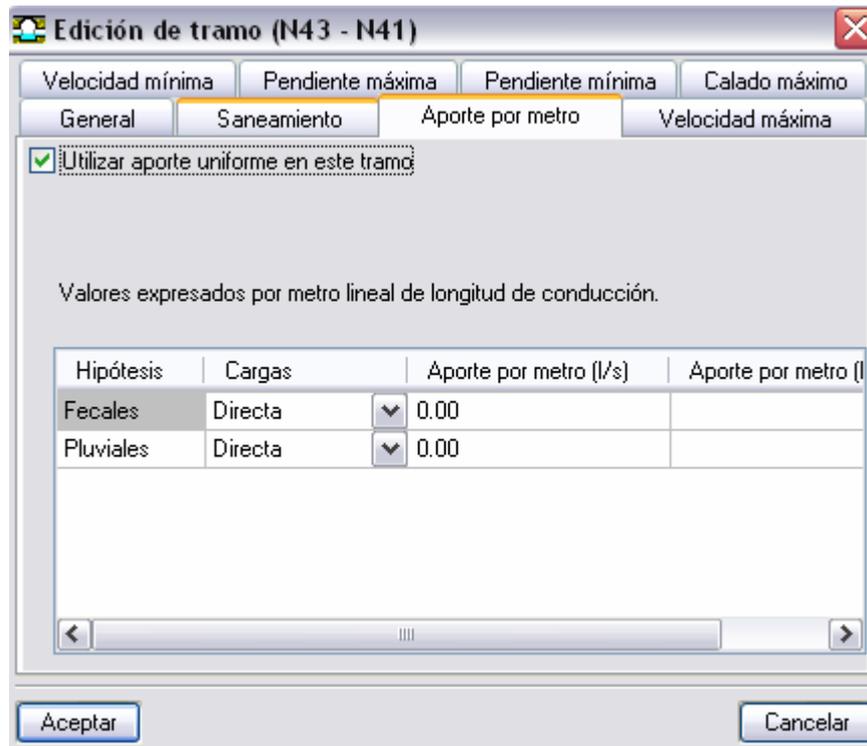


Fig. 5: Ventana de edición de ramas II

- Zona 4: Por ultimo nos encontramos con la zona de edición grafica que es la zona sobre la que introducimos todos los bloques gráficos de la red de abastecimiento para su posterior cálculo.

Filosofía de trabajo

La filosofía de trabajo para el diseño de redes de alcantarillado consiste en seguir básicamente los siguientes pasos:

1-) Lo primero que tenemos que hacer es definir un nuevo proyecto e introducir los datos generales de la instalación de abastecimiento. Para ello introduciremos los siguientes datos:

- a) Datos generales: Título, dirección, población, fecha y notas, así como los materiales que intervendrán en la obra y el tipo de suelo que tengamos (cohesivo, suelto o roca). A diferencia de DMelect, con CYPE si podemos escoger el tipo de suelo.



Fig. 6: Ventana de introducción de datos generales I

b) Parámetros: Definimos el factor de infiltración en l/s por cm de diámetro y kilómetro ya que CYPE a diferencia de DMelect si tiene en cuenta este factor. También definimos la intensidad de lluvia y el coeficiente de escorrentía. Ambos determinan el índice de escorrentía término que se usa en hidrología para determinar el caudal de aguas pluviales a evacuar de una determinada superficie. Por último indicaremos la formulación que queremos utilizar para el calculo del proyecto. Habitualmente se utiliza la de Manning Strickler, pero como veremos más adelante CYPE permite el uso de varios tipos de formulación.

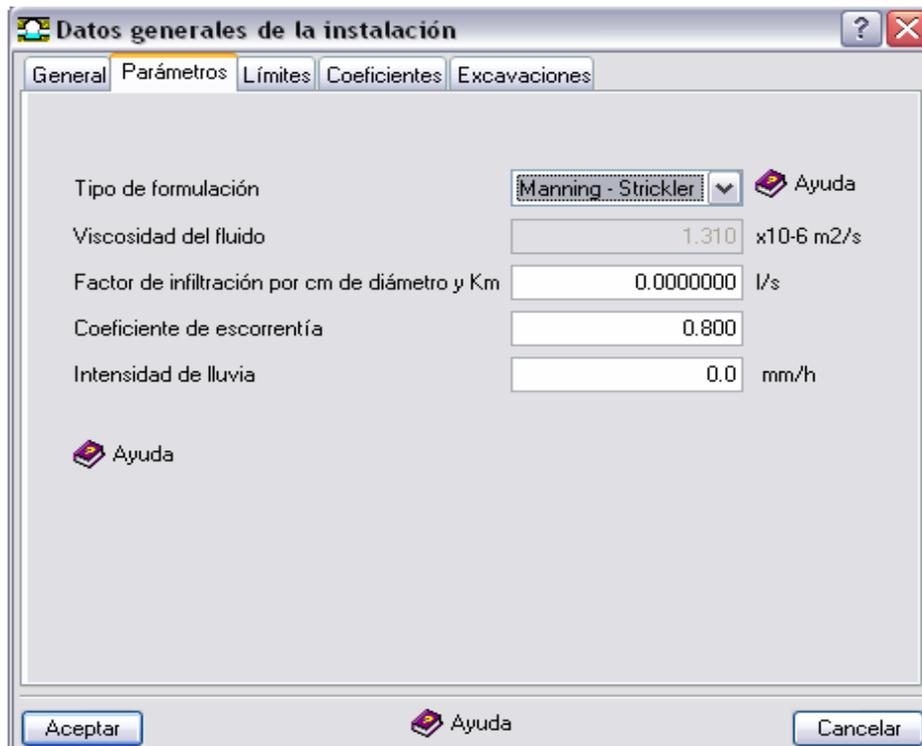


Fig. 7: Ventana de introducción de datos generales II

c) Límites: Definimos el calado máximo, la pendiente máxima y mínima y la velocidad máxima y mínima. De nuevo encontramos que CYPE va a ser mucho más fino que DMelect a la hora de realizar los cálculos, pues aunque tanto con CYPE como con DMelect consideran una limitación de velocidad máxima y mínima en cada tramo, con CYPE no estamos limitados a un calado máximo del 50 %, 75 % y 100 % como en DMelect, sino que tenemos la posibilidad de escoger cualquier porcentaje de calado máximo (con todo para ambos programas en caso de que no pueda cumplir simultáneamente las condiciones de velocidad y calado descartará la menos restrictiva técnicamente, es decir, la velocidad mínima).

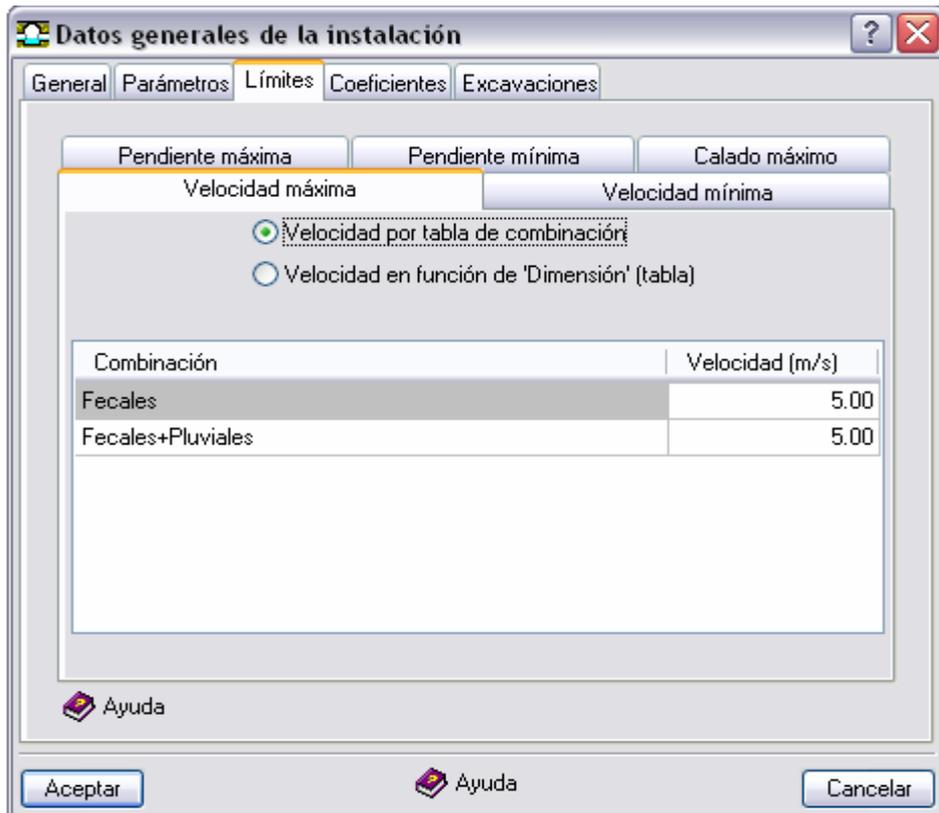


Fig. 8: Ventana de introducción de datos generales III

d) Coeficientes: Definiremos el coeficiente de simultaneidad, mayoración (cosa que no podemos hacer en DMelect), las dotaciones (directa o por dotación) así como las referencias a nudos.



Fig. 9: Ventana de introducción de datos generales IV

e) Excavaciones: Indicamos tanto la profundidad mínima de la instalación (medida desde la cota de rasante, es decir desde la superficie pavimentada) como el espesor del firme (determina la diferencia entre la cota de rasante y la cota de terreno).

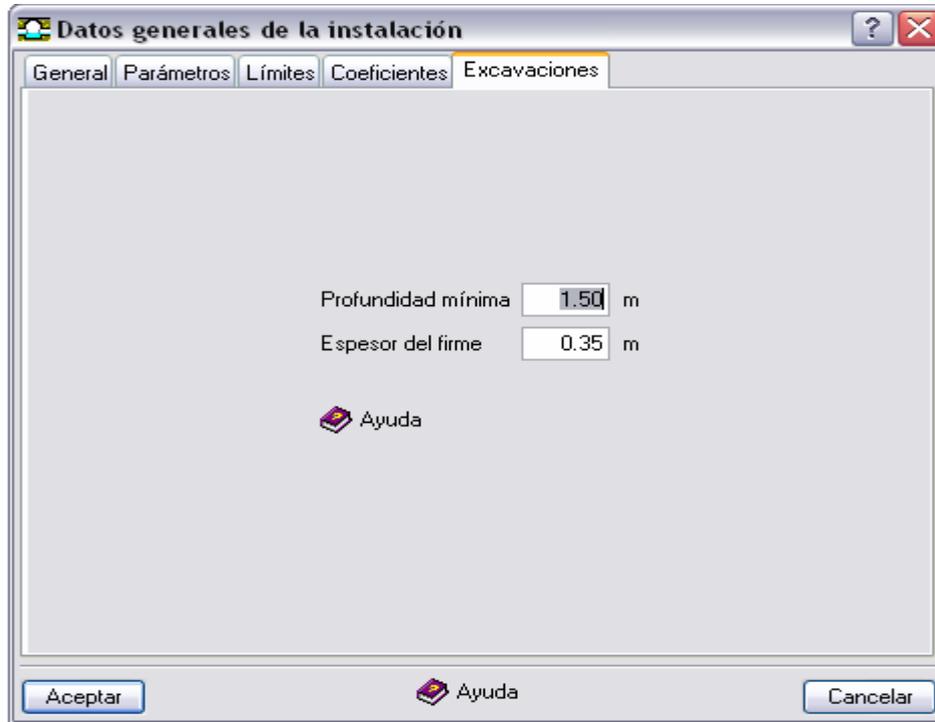


Fig. 10: Ventana de introducción de datos generales V

Además CYPE, a diferencia de DMelect nos permite combinar diversas hipótesis de cálculo. Así por ejemplo podemos hacer varias hipótesis de velocidad y presión sin necesidad de recalcular el proyecto cada vez que modificamos una hipótesis.

2-) Antes de seguir con el diseño de la instalación será conveniente realizar la configuración gráfica de sector del polígono sobre el que vamos a trabajar. Para ello seleccionamos la opción editar plantillas de la barra de herramientas teniendo en cuenta que CYPE solo admite formato DWG y DXF y habilitaremos las capas del dibujo que nos sean necesarias. Esto último es una gran ventaja sobre DMelect ya que allí no podíamos descartar las capas que no necesitáramos. Además con CYPE podemos situar el origen de coordenadas donde más nos convenga de forma que nos facilite una posterior introducción de datos por coordenadas.

3-) Una vez tenemos definida la plantilla pasamos a la introducción y edición de los distintos nudos y tramos. Aquí encontramos una desventaja con DMelect y es que aquí no podemos utilizar la tecla ctrl. lo que supone ir editando nudo a nudo y tramo a tramo para cambiar las características de

los mismos (material etc.) lo cual ralentiza el proceso de edición gráfica. Además tampoco tenemos paleta de componentes de acceso directo, sino que tenemos que hacerlo a través del menú desplegable que aparece a la derecha de la pantalla, lo que ralentiza más si cabe el proceso de edición. Eso sí, como ya dije tenemos la opción de asignar valores típicos a nudos (caudal y cota de rasante) y ramas (longitud, material y diámetro) a través una ventana auxiliar y que nos permite pasar directamente a distintos nudos o ramas.

4-) Una vez dibujada toda la instalación se calcula el proyecto según el tipo de formulación escogida. El programa se encarga automáticamente de obtener los diámetros necesarios óptimos con la pendiente impuesta, para que se respeten las limitaciones de velocidad y de calado máximo. Además deberemos ser cuidadosos a la hora de introducir las cotas de los nudos que no superemos los límites de pendiente establecidos.

5-) Una vez calculado el proyecto CYPE únicamente nos proporciona un anexo de cálculos y unos esquemas DXF del proyecto. No nos proporciona por tanto, una memoria de cálculos, un pliego de condiciones y un estado de las mediciones. Eso sí, como ya comente los esquemas DXF los podemos editar de tal manera que podamos utilizarlos directamente como planos de obra. De echo la opción de CYPE que permite realizar esto se llama “planos de obra”.

Notas de interés:

- Contiene una biblioteca de materiales con amplia gama de tamaños. Además al igual que DMelect podemos modificar e incluir nuevos diámetros que se adapten a las necesidades del usuario.
- Dispone una opción muy útil de vista global que permite tener siempre una visión global de nuestra instalación al igual que DMelect.
- Como ya adelanté se puede trabajar tanto en modo diseño como en modo comprobación. En este último caso los elementos que no estén bien dimensionados, debido a que no cumplen las limitaciones de velocidad o pendiente, aparecerán marcados en rojo. Aquí a diferencia de DMelect no podemos localizar los errores de manera automática lo que resta al programa agilidad a la hora de realizar un proyecto.
- Tenemos la posibilidad de cambiar la longitud y el ángulo de cualquier rama de nuestra red de alcantarillado sin que afecte al resto de la instalación.

Fundamentos de cálculo

Como ya adelantamos, a la hora de calcular instalaciones alcantarillado, se puede actuar de dos maneras diferentes: modo diseño en la cual el programa calcula y optimiza automáticamente las instalación más sencilla y modo comprobación en la cual partimos de unos diámetros diseñados por el usuario y el programa comprueba que no ha habido errores.

Nos centraremos en el modo de diseño. Para ello bastará con definir los datos y parámetros de cada nudo y rama y el programa calculara automáticamente los diámetros necesarios para evacuar el caudal solicitado por cada rama con la pendiente impuesta, y cuidando de que no se supere la velocidad máxima, velocidad mínima y calado máximo establecidos. En caso de que no se puedan cumplir simultáneamente las dos condiciones de velocidad y de calado máximo, el programa descartará la condición menos restrictiva a nivel técnico, es decir, la velocidad mínima.

Para el cálculo de los diámetros óptimos se utiliza el método de recuento de caudales desde los aportes hasta el vertedero. Por ello la red debe ser ramificada. Para el cálculo del caudal evacuado el programa se basa en distintas formulaciones aunque la más habitual es la formulación de Manning-Strickler para secciones parcialmente llenas:

$$Q = 1/n S^{1/2} R_h^{2/3} A_h$$

$$V = 1/n S^{1/2} R_h^{2/3}$$

Siendo:

Q = Caudal circulante en la conducción (m³/s).

V = Velocidad del fluido en la conducción (m/s).

n = Coeficiente de Manning (Adimensional), que depende del material.

S = Pendiente hidráulica (En tanto por uno).

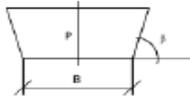
R_h = Radio hidráulico (m).

A = Sección de fluido (m²).

Aquí CYPE, a diferencia de DMelect, considera la sección parcialmente llena, ya que como dijimos admite cualquier porcentaje de calado máximo (recordar que DMelect tan solo consideraba los porcentajes del 50 %, 75% y 100 % para conducto lleno).

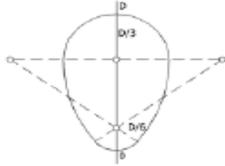
Las secciones soportadas por el programa, además de la circular son las siguientes:

Sección trapezoidal

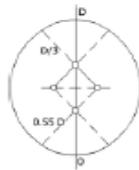


siendo B la base del trapecio, β el ángulo de la pared, P el calado máximo

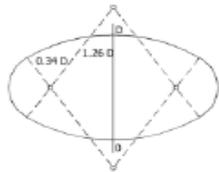
Sección ovoide



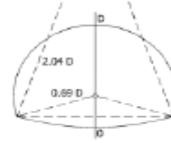
Sección oval vertical



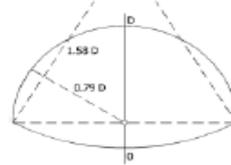
Sección oval horizontal



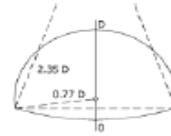
Sección herradura 1



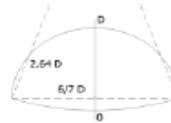
Sección herradura 2



Sección herradura 3



Sección herradura 4



Siendo D la dimensión considerada como diámetro base.

De nuevo CYPE supera en este sentido a DMelect, pues admite más tipos de secciones.

Por otro lado mientras que DMelect solo admitía la formulación de Manning-Stickler (que por otro lado es la más habitual), CYPE tiene en cuenta diversas formulaciones:

1-) Formulación de Prandtl-Colebrook: Solamente validada para secciones circulares con sección completamente llena:

$$v = -2 \cdot \sqrt{2 \cdot g D l} \cdot \log \left(\frac{\varepsilon}{3,71 D} + \frac{2,51 \nu}{D \cdot \sqrt{2 \cdot g D l}} \right)$$

donde:

V= velocidad del fluido en la conducción (m/s).

g= Aceleración de la gravedad (9.81 m/s²).

D= Diámetro de la conducción (m).

l = Perdida de carga (m.c.a.) por metro de conducción.

$\varepsilon = e/D$ rugosidad relativa de la conducción.

ν = Viscosidad cinemática del fluido (m^2/s).

Para secciones parcialmente llenas, la formula anterior se corrige a través del coeficiente corrector de Thormann-Franke:

$$W = \frac{V_p}{V} = \left[\frac{2\beta - \text{sen}2\beta}{2(\beta + \gamma \text{sen}\beta)} \right]^{0.625}$$

donde:

V: Velocidad a sección llena (m/s).

V_p : Velocidad a sección parcialmente llena (m/s).

2β : Arco de la sección mojada.

γ : Coeficiente de Thormann que representa el rozamiento entre el líquido y el aire del interior del conducto.

Este tipo de formulación es la más exacta posible. Lo malo es que esta limitada a secciones circulares por lo que se prefiere la de Mainnig-Strickler.

2-) Formulación general de Chezy: La expresión de Chezy agrupa gran parte de las formulas aproximadas (entre las que se incluye la de Mainning-Strickler) de calculo de conducciones de cualquier tipo de sección y parcialmente llenas:

$$v = C \cdot R_h^a \cdot l^b$$

siendo:

v: velocidad de la conducción (m/s).

C, a, b: Valores específicos según las diferentes formulaciones.

R_h : Radio hidráulico, que se obtiene dividiendo la sección de agua dividido por el perímetro mojado (m).

l: Pendiente de la conducción (m/m).

De este tipo de formulación aproximada se derivan las siguientes formulaciones:

- Formula de Mainning-Strickler, anteriormente vista, y que es la formula que más habitualmente se emplea.

- Formula de Tadini: Es de las más antiguas. Su sencillez llega a extremo de no requerir ningún parámetro del material empleado:

$$v = 50 \cdot \sqrt{R_h \cdot l}$$

- Formula de Bazin: Bastante utilizada en Francia:

$$v = \frac{87 \cdot R_h \cdot \sqrt{l}}{\gamma + \sqrt{R_h}}$$

siendo γ el coeficiente de rugosidad de Bazin, que depende del material de tubería empleado.

- Formula de Sonier: Bastante utilizada en Suiza:

$$v = \frac{3,135}{\sqrt{f_s}} \cdot R_h^{0,65} \cdot \sqrt{l}$$

siendo f_s factor de fricción de Sonier, que depende del material de tubería empleado.

- Formula de Kutter: Bastante utilizada en Alemania y Bélgica:

$$v = \frac{100 \cdot R_h \cdot \sqrt{l}}{m + \sqrt{R_h}}$$

siendo m factor de fricción de Kutter, que depende del material de tubería empleado.

- Formula de Ganguillet-Kutter: Empleada antiguamente en Alemania y Estados Unidos:

$$v = \frac{23 + 1/n + 0,00155/l}{1 + (23 + 0,0155/l) \cdot n / R_h}$$

siendo n factor de fricción de Ganguillet-Kutter, y que coincide con el coeficiente de Manning.

3.3.4 - Modulo de alcantarillado de Procedimientos Uno: SUwin -

SUwin es un modulo pensado para el cálculo, diseño, comprobación y dimensionado automático de redes de saneamiento ramificadas, con un solo punto de vertido y con cualquier tipología, tamaño y características.

De nuevo este modulo la principal novedad que presente frente a los módulos de alcantarillado de CYPE y DMelect es su potente editor grafico que simula un CAD 2D (Diseño Asistido por Computador en 2 dimensiones). Esto hace que de nuevo, en cuanto al tema de la edición gráfica Procuno sea el programa más completo de los tres.

De igual modo que los otros módulos, el programa se divide en 4 zonas bien diferenciadas:

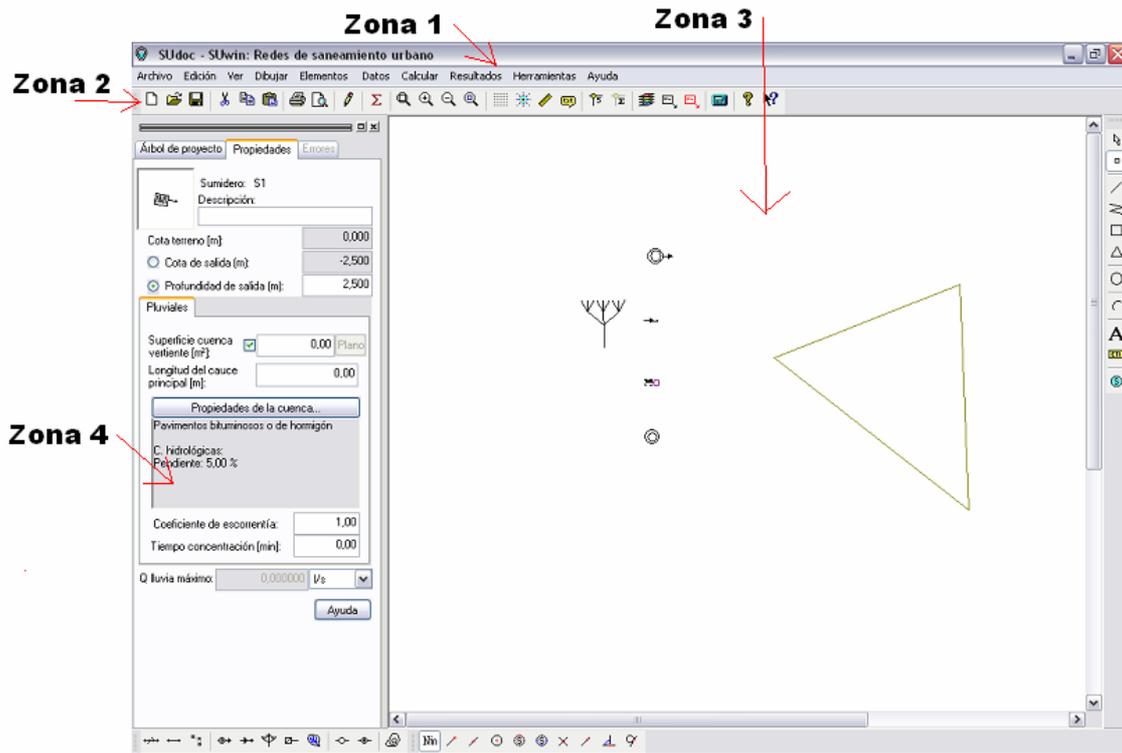


Fig. 1: Aspecto general del modulo de alcantarillado de Procuno

- Zona 1: Menú general de opciones que engloba todas las funciones y opciones que se pueden ejecutar con el programa y que se encuentra en la parte alta de la pantalla: Archivo, edición, ver, dibujar, insertar, datos, calcular, resultados, herramientas y ayuda. Destacar las opciones de dibujo (líneas, polilíneas, círculos, arcos, textos, símbolos, bocetos etc.) y herramientas de dibujo (gestión de capas, estilos de acotación, calibrar plano, modo ortogonal, medir distancias y áreas etc.) que simulan un entorno gráfico de CAD 2D y que hace que Procuno cuente con el editor gráfico más potente de los tres programas que estamos comparando. Por otro lado entre los componentes que podemos introducir en nuestra instalación tenemos:

- a) Acometidas: Procuno trabaja con dos tipos de acometidas. Acometidas domiciliarias encargadas de recoger el agua residual y

pluvial proveniente de edificios o naves industriales y acometidas de red que recoge el agua residual y pluvial que aportan otras subredes a la red que estamos calculando.

b) Sumideros, encargados como ya sabemos de la recogida de aguas pluviales.

c) Pozos de registro o resalto circulares o rectangulares para tener acceso a la red para su inspección y limpieza.

d) Punto de vertido, que representa el final de la red y que es donde va a parar todas las aguas residuales y pluviales evacuadas por nuestra red de alcantarillado.

e) Tramos: Permite introducir conductos de distintos materiales y tamaños.

Todos estos elementos, al igual que DMelect, tienen asociado su símbolo particular, lo que hace que no tengamos que seleccionarlo nosotros para diferenciar el tipo de nudo que tenemos como ocurría con CYPE. Esto da mayor rapidez e intuitividad al proceso de edición gráfica.

- Zona 2: Diversas barras de herramientas que contienen botones de acceso directo a prácticamente todas las opciones del programa. Veamos cuales son:

a) Estándar. Consiste en la barra de herramientas principal del programa, y permite el acceso rápido a las funciones más comunes del mismo: nuevo, abrir y guardar proyecto, opciones de edición gráfica (cortar, copiar, pegar), vista preliminar e imprimir, propiedades de nudos y ramas, ver/ocultar entidades conectadas, ver/ocultar puntos conectados, calcular, etiquetas informativas, diversos zooms (zoom de todo, de ventana y previo. Al zoom dinámico se accede manteniendo pulsada la tecla ctrl.+botón derecho del ratón), vista dinámica, medir distancias y áreas, calculadora y gestión de capas. Destacar que no tenemos la posibilidad de deshacer o rehacer modificaciones. Eso si tenemos opciones útiles de edición gráfica que no teníamos con DMelect o CYPE tales como medir distancias, aéreas y perímetros. Con esto ya empezamos a ver el porqué de en cuanto al tema de edición gráfica Procedimiento uno es el programa más completo de todos. Por último se echa en falta que, a diferencia del módulo BTwin, no podamos copiar las propiedades de los elementos lo va a ralentizar el proceso de edición gráfica.

b) Barra de propiedades del dibujo: Se trata de una barra flotante que muestra y permite modificar las propiedades de dibujo de las entidades seleccionadas, o en caso de no haber, muestra y permite modificar las propiedades de dibujo que se asignarán a las entidades nuevas que se vayan dibujando. Contiene una lista desplegable con todas las capas definidas en el dibujo y permite seleccionar el color de trazo, el estilo de trazo, el color de relleno y estilo de relleno para cada una de las capas de nuestro dibujo. Esto es muy útil pues permite definir nuestra imagen de fondo a nuestro gusto. También permite hacer visible o bloquear capas. Por tanto podemos ver que Procedimiento uno comparte gran número de opciones que posee el gestor de capas de un CAD 2D. Esto confirma lo que adelanté en cuanto a que Procedimiento uno posee muchas opciones similares a las de un CAD 2D haciendo del un programa con un potente editor gráfico.

c) Dibujo: Barra de herramientas que contiene opciones típicas de programas de diseño gráfico como Autocad. Así podemos dibujar líneas, polilíneas, círculos, curvas etc. o bien podemos realizar acotaciones, introducir textos, realizar bocetos, introducir diversos símbolos de alcantarillado (librería de símbolos) o introducir mapas de bits.

d) Edición: Barra de herramientas cuyos botones permiten el acceso rápido a las opciones de edición gráfica de entidades en el área de dibujo tales como mover girar duplicar simetría, prolongar, dividir, convertir en polilínea etc. Sin duda esta barra de herramientas y la anterior son novedosas con respecto a CYPE y DMelect y confirma que Procuno posea el módulo de edición gráfica más potente de los tres programas pues simula que estamos trabajando con un CAD 2D. Lo malo respecto a BTwin es que en SUwin para acceder a esta barra de herramientas tenemos que hacerlo a través del botón derecho del ratón pues no es directamente accesible.

e) Símbolos: Barra de herramientas que agrupa todas las opciones que permiten insertar en el área de dibujo los distintos tipos de símbolos que el programa contempla.

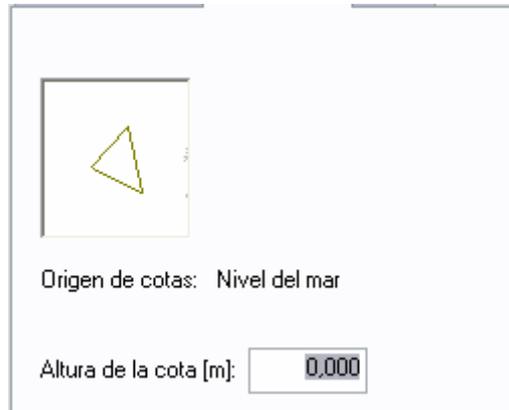
f) Referencias: Barra de herramientas que permite tomar referencias sobre el dibujo.

- Zona 3: Se trata de la zona de edición grafica que es la zona sobre la que introducimos todos los bloques gráficos de la red de alcantarillado para su

posterior cálculo. Como ya he comentado varias veces el punto fuerte del programa es el editor gráfico. Veamos cuales son sus principales características:

- Permite importar planos en formato DXF o DWG, que son los formatos típicos que manejan los programas de tipo CAD. Dicho plano puede ser calibrado (herramientas → calibrar plano) de manera que podemos adaptarnos a la escala a la que este dibujado el plano que utilicemos como imagen de fondo, ventaja sobre DMelect y CYPE. Para ello, requiere primero medir una distancia sobre el dibujo, y después indicar la distancia real en metros. Así si medimos una distancia de 100 m e indicamos que la medida real son 200 m significaría que el plano de que disponíamos estaba a escala 1/2 y trabajaríamos sobre el como si estuviera a escala real.
- Permite dibujar entidades simples de dibujo gracias a la barra de herramientas de dibujo vista anteriormente. Gracias a la opción de dibujar bocetos prácticamente podemos dibujar cualquier símbolo que se nos ocurra además de los ya existentes en la librería de símbolos.
- Posee una librería de símbolos que almacena los símbolos existentes (los definidos en las barras de herramientas de símbolos y protecciones por ejemplo) y va añadiendo símbolos nuevos definidos por el usuario. Esto es otra novedad respecto a DMelect y CYPE.
- Tiene una lista de capas personalizable por el usuario a través de la opción gestión de capas y que es más completa que la de CYPE y DMelect, pues tenemos opciones que no teníamos allí como definir el estilo de trazo o indicar el color de relleno. Además podemos trabajar con varias capas simultáneamente (lo que nos permite definir varias redes de alcantarillado diferentes sobre una misma imagen de fondo) cosa que no podemos hacer ni con CYPE ni con DMelect.
- Dispone de herramientas que permiten identificar puntos en pantalla, medir distancias y medir áreas y perímetros y que se encuentran en la barra de herramientas estándar.
- Zona 4: Corresponde a las ventanas de propiedades de cada uno de los elementos que introducimos en nuestra red de alcantarillado. Veamos como son estas ventanas de propiedades elemento a elemento:

1-) Elementos de definición de cotas y puntos de nivel: Permiten definir diferencias de alturas del terreno. Otra opción que tenemos es ir introduciendo directamente la cota de cada nudo como hacíamos con DMelect y CYPE. Esto supone una novedad ya que tenemos la opción de introducir las cotas de los elementos de dos formas distintas.



2-) Acometidas domiciliarias y de red. Tienen la misma ventana de propiedades, aunque distinta simbología para poder diferenciarlas.

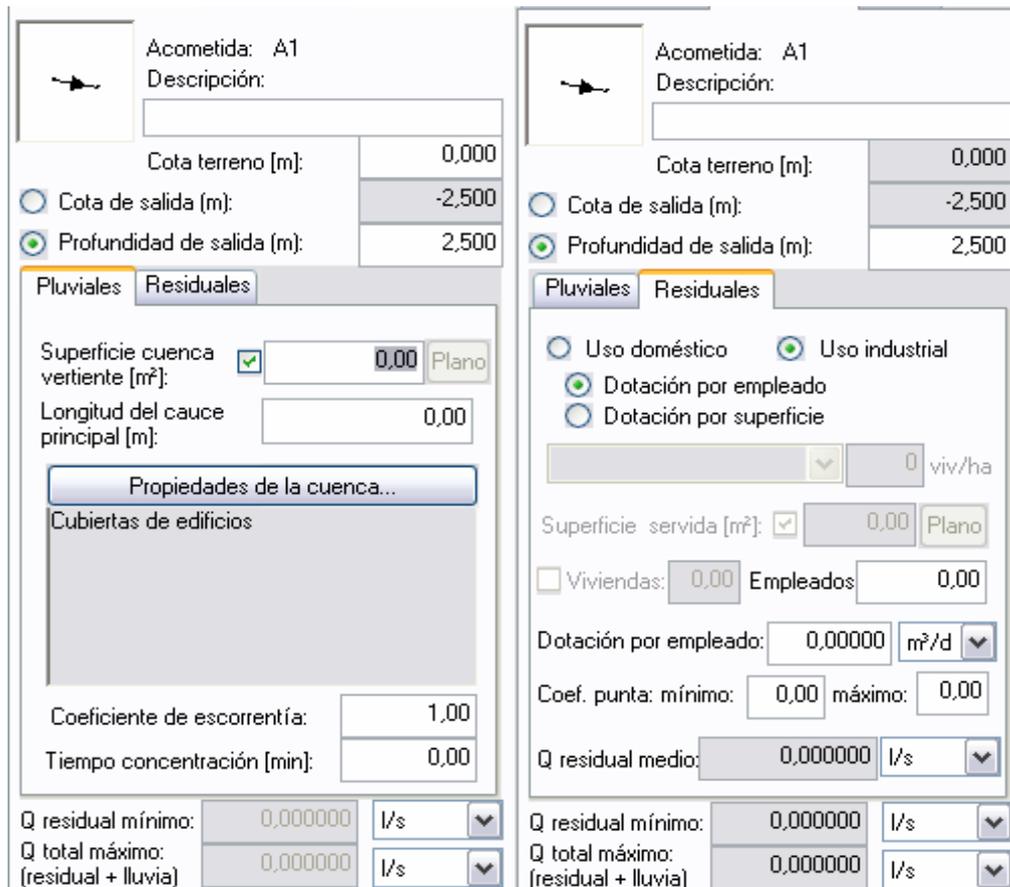


Fig. 2: Ventanas de propiedades de las acometidas

En primer lugar nos encontramos con los datos de la cota de terreno. Si hemos establecido el cálculo automático de cotas en la ventana de datos generales (ya veremos más adelante esta ventana), el campo no será editable, mostrando el valor de la cota calculada por el programa. Como ya dije había dos formas de actuar: bien definimos las distintas alturas del terreno a través de curvas de nivel o bien introducimos la cota directamente que será como trabajemos, pues es como lo hemos venido haciendo con CYPE y con DMelect. A continuación definimos la Cota/Profundidad de la salida: En estos campos se pueden seleccionar si queremos fijar la cota (cota absoluta respecto de la referencia) o la profundidad (respecto de la superficie del terreno en cada punto) de la salida de la acometida e indicar su valor numérico. La cota considerada es la de la arista inferior interior de la tubería. Resaltar que, en caso de variación de la cota de terreno, en función de lo que esté seleccionado se respetará la cota o la profundidad de la acometida, adaptándose el otro valor al cambio producido. Con todo la cota que realmente nos interesa definir, en caso de que no estemos trabajando por curvas de nivel es la cota de terreno.

Pestaña Pluviales

En esta pestaña puede introducir los datos que nos permiten establecer los caudales de aguas pluviales captadas por la acometida. Así introduciremos:

- a) Superficie cuenca vertiente: En este campo introduciremos la superficie de la cuenca vertiente que drena por la acometida. También podemos pulsar el botón “plano”, que permite definir una polilínea cerrada definiendo la cuenca vertiente.
- b) Longitud del cauce principal: En este campo introducimos la longitud máxima por la que discurre el agua hasta llegar a la acometida. Este parámetro se utiliza luego para calcular el tiempo de concentración, que a su vez se utiliza para calcular el caudal de aguas pluviales.
- c) Características de la cuenca vertiente: Disponemos de un botón que nos lleva al cuadro de diálogo características de la cuenca vertiente, desde el que podemos obtener el Coeficiente de escorrentía y el tiempo de concentración en función del tipo de terreno que tengamos. Esto es una ventaja sobre CYPE, pues hace una estimación de dichos parámetros.
- d) Coeficiente de escorrentía: En este campo aparecerá, si ha definido las propiedades de la cuenca vertiente, el coeficiente de

escorrentía calculado por el programa, si bien se puede introducir el valor que se desee, del mismo modo que ocurre con el tiempo de concentración. Ambos parámetros son necesarios para calcular el caudal de pluviales. Nos faltaría definir la intensidad de lluvia, que como sabemos depende de la zona geográfica en la que nos encontremos. Este parámetro se define en la ventana de datos generales que luego veremos.

Pestaña de residuales

Introduciremos los siguientes datos.

a) En primer lugar definiremos si la acometida es para uso industrial o doméstico. Si se define la acometida como de uso industrial, deberemos determinar si desea introducir una dotación por empleado o por superficie de planta industrial, pidiéndosele en cada caso el número de unidades (empleados o m² de planta) y la correspondiente dotación.

b) Dotación: Aquí debe introducir la dotación por empleado y día o por m² y día en caso de aguas industriales. También podemos introducir un caudal de forma directa introduciendo una dotación para un solo empleado.

c) Coeficientes de punta: En estos campos aparecen los coeficientes de punta máximos y mínimo. Si hemos definido el nudo para uso industrial, podremos introducir los valores directamente.

d) Caudal: En este campo se muestra el caudal medio de aguas residuales calculado en función de los datos anteriores.

Por último se muestran, a título informativo, el caudal máximo y mínimo que introduce la acometida en la red tanto de aguas pluviales como residuales.

3-) Sumideros. Esta ventana como vemos es la misma que la de la pestaña de pluviales para acometidas, lo único que varía es el símbolo, lo que como dije da mayor intuitividad al proceso de edición gráfica.

Sumidero: S16
Descripción:

Cota terreno [m]: 116,202
 Cota de salida (m): 114,202
 Profundidad de salida (m): 2,000

Pluviales

Superficie cuenca vertiente [m²]: 0,00 Plano
 Longitud del cauce principal [m]: 0,00

Propiedades de la cuenca...
 Pavimentos bituminosos o de hormigón
 C. hidrológicas:
 Pendiente: 2,00 %

Coeficiente de escorrentía: 0,99
 Tiempo concentración [min]: 0,00

Q lluvia máximo: 0,000000 l/s

4-) Puntos de vertido. Destacar que hace un resumen del caudal total mínimo, medio y máximo aportado por la red, lo que nos da una idea del caudal que circula por la red. Esto es algo novedoso que no tenía ni CYPE ni DMelect.

Punto de vertido: V1
Descripción:

Cota terreno [m]: 0,000
 Cota de entrada (m): -2,500
 Profundidad de entrada (m): 2,500

Q residual mínimo: 0,000000 l/s
 Q residual medio: 0,000000 l/s
 Q total máximo (residual + lluvia): 0,000000 l/s

Tiempo concentración [min]: 0,00

5-) Tramos de tuberías. Al igual que CYPE y DMelect podemos introducir distintos materiales, fijar el diámetros. Sin embargo, no podemos variar el coeficiente de Manning ni tampoco podemos introducir para cada tramo

unas condiciones particulares de velocidad y calado máximo y mínimo cosa que con CYPE si era posible.

Tramo: T1	
Descripción:	
Serie: - Circular hormigón armado s/PPTGT	
Sección: Ø 300	
Nº Manning: 0,015	
Entrada	
Terreno [m]:	0,000
<input checked="" type="radio"/> Cota [m]:	0,000
<input type="radio"/> Profundidad [m]:	0,000
Pendiente [mm/m]:	0,0
Salida	
Terreno [m]:	0,000
<input checked="" type="radio"/> Cota [m]:	0,000
<input type="radio"/> Profundidad [m]:	0,000
Longitud [m]:	21,271
Mínimo (residual)	
Q: l/s	0,000000
Calado ..[%]:	0,0
Vel. [m/s]:	0,00
Máximo (residual + lluvia)	
Q: l/s	0,000000
Calado ..[%]:	0,0
Vel. [m/s]:	0,00

Filosofía de trabajo

La filosofía de trabajo de Procuno consiste en seguir los siguientes pasos:

1-) Lo primero que haremos será importar una imagen de fondo de nuestro polígono en formato DXF o DWG. También podemos dibujarla directamente aprovechando las prestaciones de la interfaz gráfica ya vistas anteriormente. La ventaja de trabajar en planta es que el programa toma automáticamente las longitudes para las líneas. Para ello debemos, como ya comente antes, calibrar el dibujo en planta a través de la función herramientas/calibrar plano que se halla en el menú general de opciones. Esta herramienta nos permite adaptar la escala del dibujo de modo que una unidad de dibujo corresponda a un metro.

2-) A continuación definimos los datos generales de nuestra instalación. En primer lugar indicaremos el sistema de definición de cotas, si lo vamos a hacer por curvas de nivel o introduciendo directamente las cotas de los nudos. Esto como vemos es una novedad respecto a CYPE y DMelect. A continuación definiremos las velocidades mínima y máxima (Procuno diferencia entre máxima residual y máxima a caudal máximo lo que permite personalizar un poco más las condiciones del proyecto), el calado

máximo y mínimo (otra novedad respecto a CYPE y DMelect es la posibilidad de establecer un calado mínimo), la profundidad máxima y mínima y la longitud máxima del tramo.

Sistema de definición de cotas:

Por curvas de nivel

No realizar cálculo de cotas

Descripción del origen de cotas:

Nivel del mar

Velocidad (m/s)

Mínima: 0,60

Máxima residual: 3,00

Máxima caudal máximo: 5,00

Calado (%):

Mínimo: 20,0

Máximo: 80,0

Profundidad enterramiento (m):

Mínima: 1,50

Máxima: 6,00

Distancia de intervalo de tramo: 0,25

Longitud máxima de tramo [m]: 50,00

Fig. 3: Ventana de datos generales de Procuno I

Por otro lado definimos una serie de valores que el programa tomará por defecto siempre que introduzcamos un elemento nuevo en la red de saneamiento como el material y el diámetro de la tubería o los datos de los pozos de registro.

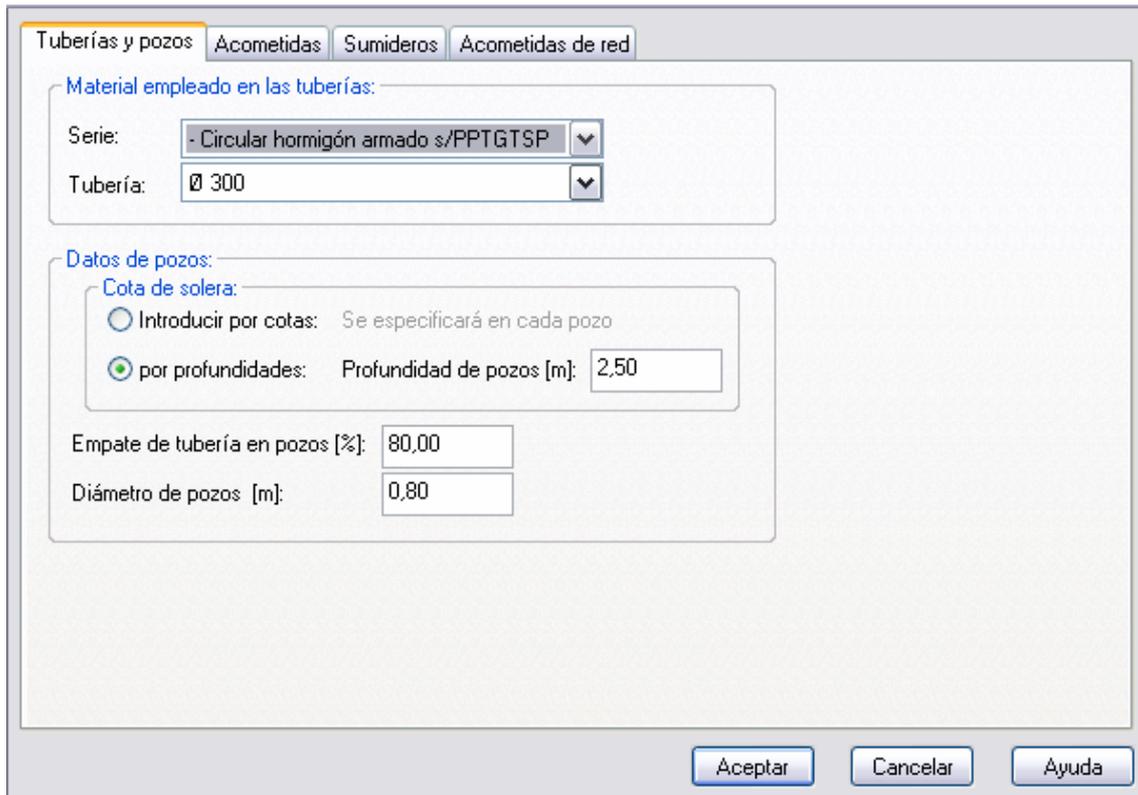


Fig. 4: Ventana de datos generales de Procuno II

Por último, debemos indicar la zona geográfica en la que nos encontramos de manera que el programa estime la intensidad de lluvia de la zona y así poder calcular el caudal de pluviales. Esto es una gran ventaja sobre CYPE, en la que nos teníamos que ir a fuentes externas para la intensidad de lluvia y el coeficiente de escorrentía.

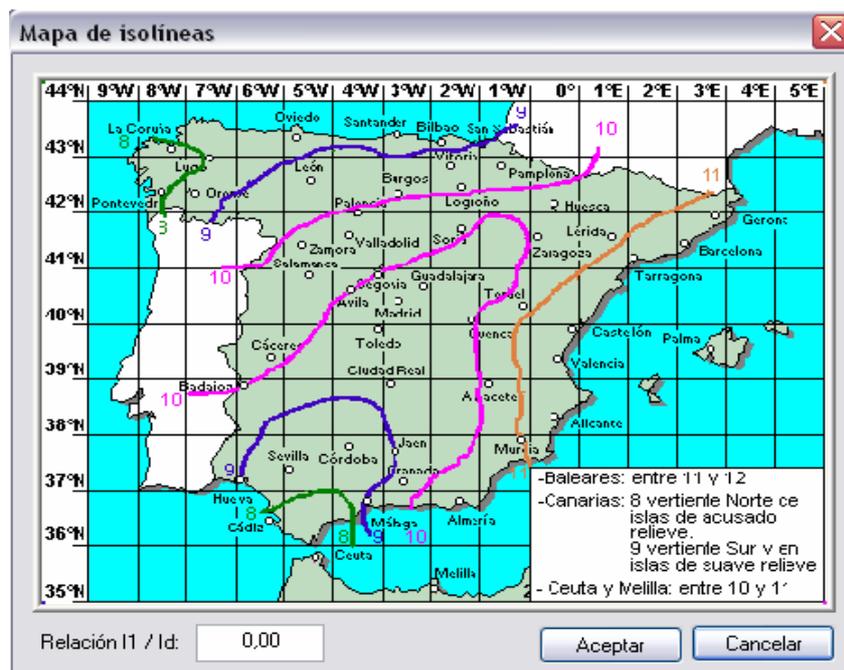


Fig. 5: Ventana de datos generales de Procuno III

3-) Una vez tenemos definida la planta y los datos generales pasamos a la introducción de los distintos nudos, tramos y elementos singulares. Para el dibujo de los nudos de la instalación, debemos utilizar los símbolos de la librería, que como ya vimos es personalizable. Para el dibujo de las tuberías se debe utilizar el correspondiente símbolo de tubería de la barra de herramientas de símbolos. Toda instalación debe terminar en un punto de vertido. Todos los elementos de la instalación han de pertenecer a capas de cálculo. Las capas de cálculo, en este caso las define automáticamente el programa. Por defecto el programa define una capa base sobre la que cargamos la imagen de fondo, otra capa (llamada cotas) que se utiliza para definir las cotas de terreno, una capa (llamada cuenca vertiente) donde el programa define las superficies para el cálculo de pluviales, y por último una capa (llamada elementos red) donde el programa sitúa provisionalmente los elementos sin conectar. Una vez los conectamos los elementos, el programa, como he dicho, genera automáticamente las correspondientes capas de cálculo. El único caso en el que el usuario tiene que definir capas de cálculo es el caso que quiera editar varias redes de alcantarillado sobre la misma imagen de fondo. Por último añadir que siempre se podrán mover entidades de una capa a otra mediante la barra de propiedades cambiando la capa a la que pertenece el elemento.

4-) Simultáneamente al diseño gráfico iremos definiendo las características de los elementos y los valores de las variables en la ventana de propiedades de los elementos. Podemos tener acceso a dicha ventana haciendo tan sólo un doble clic sobre cada elemento. Lo malo es que aquí cuando queremos variar las propiedades de varios elementos no podemos hacerlo a la vez y tenemos que ir elemento a elemento lo que ralentiza el proceso de edición gráfica.

5-) Una vez dibujada toda la instalación se calcula el proyecto. En el caso de SUwin, el cálculo del proyecto se hace de una forma un poco diferente a como hemos venido haciendo hasta ahora con los otros módulos de Procuno. La forma de trabajar de este módulo es hacer un cálculo dinámico de la instalación. Este cálculo dinámico implica que el programa va calculando el proyecto automáticamente conforme introducimos un elemento nuevo, por lo que si hay un error de cálculo o no se cumple alguna condición definida en los datos generales el programa nos lo indica inmediatamente. Esta opción hace que el programa vaya más lento por lo que tenemos la opción de desactivarlo o de elegir hasta que nivel queremos que haga el cálculo dinámico. Permitirá seleccionar el máximo nivel de cálculo dinámico, es decir, un cálculo que incluya hasta el cálculo de la topología, hasta el cálculo de la geometría, hasta el cálculo de los caudales, y por último hasta el cálculo de calados y velocidades.

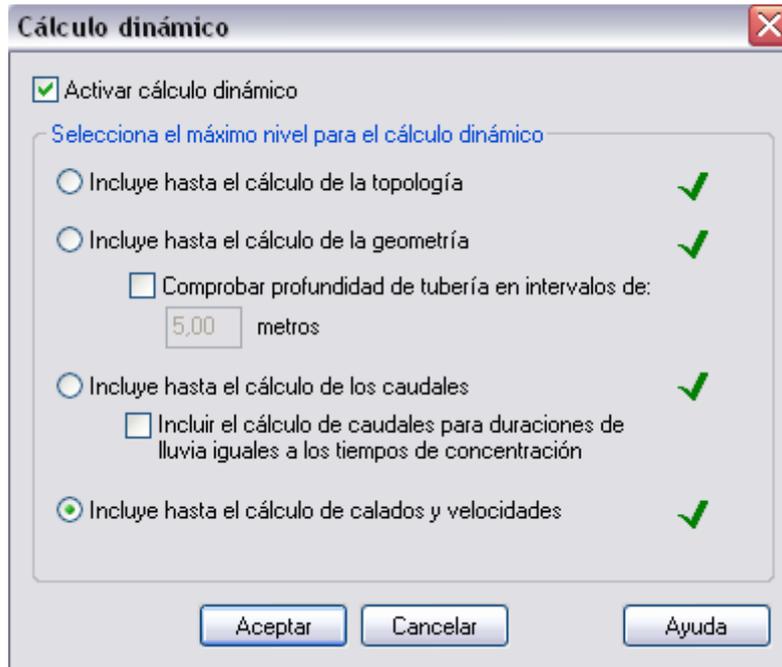


Fig. 6: Ventana de cálculo de Procuno

6-) Una vez tenemos calculado el proyecto nos vamos al menú de resultados obteniendo la siguiente información:

a) Un memoria del proyecto en formato RTF, TXT o HTML, en el que se incluyen los siguientes apartados:

- Cuadros resumen de los resultados obtenidos.
- Medición: Documento donde se contabiliza toda la aparamenta del proyecto así como la excavación.

b) Se echa en falta que Procuno no genere resultados acerca del perfil longitudinal de la red de alcantarillado como hacían DMelect o CYPE, lo que hace que Procuno en cuanto a nivel de resultados sea un poco escaso. Además la memoria del proyecto no justifica de qué forma realiza los cálculos, ni incluya una memoria descriptiva de la instalación que confirma la escasez de resultados que proporciona este módulo.

Fundamentos de cálculo

Al igual que con CYPE y con DMelect a la hora de calcular redes de abastecimiento de alcantarillado se puede actuar de dos maneras diferentes: modo diseño en la cual el programa calcula y optimiza automáticamente la instalación más sencilla y modo comprobación en la cual partimos de unos

diámetros dados diseñadas por el usuario y el programa comprueba que no haya habido errores.

Realmente gracias a la opción que tiene el programa de cálculo dinámico de la instalación, podemos hacer simultáneamente un proceso de diseño y comprobación de la red de alcantarillado, ya que nosotros vamos introduciendo nuevos elementos y tramos en la red, y el programa calculara automáticamente los diámetros necesarios para evacuar el caudal solicitado por cada rama, con la pendiente impuesta y cuidando de que no se supere la velocidad máxima y mínima y calado máximo y mínimo establecidos en las condiciones generales. Procuno, al igual que DMelect, no permite particularizar condiciones de velocidad ni de calado en cada tramo. Eso si, intenta siempre que los cálculos de los diámetros se ajusten a las condiciones de velocidad mínima y calado mínimo, algo no hacía DMelect. Eso si en caso de no poder hacerlo descarta esta opción al ser la de menos importancia técnica.

La base fundamental de cálculo en la que se apoya el programa no la especifica, aunque si puede resolver indistintamente sistemas radiales, mallados y mixtos. La formulación que utiliza es la misma que utiliza DMelect: Así para el cálculo de los diámetros óptimos utiliza el método de recuento de caudales desde los aportes hasta el vertedero. Por ello la red debe ser ramificada. Para el cálculo del caudal evacuado el programa se basa en la formulación de Manning-Strickler, que es posiblemente la formulación más utilizada para el cálculo de saneamiento:

$$Q_{II} = 1/n S^{1/2} R_h^{2/3} A$$
$$V_{II} = 1/n S^{1/2} R_h^{2/3}$$

Siendo:

Q_{II} = Caudal a conducto lleno (m^3/s).

V_{II} = Velocidad a conducto lleno (m/s).

n = Coeficiente de Manning (Adimensional), que depende del material.

S = Pendiente hidráulica (En tanto por uno).

R_h = Radio hidráulico (m).

A = Área de la sección recta (m^2).

El radio hidráulico y el área de la sección recta se calculan del siguiente modo, dependiendo del tipo de sección que tengamos. El programa admite tres tipos de secciones: circular, rectangular y ovoide, luego no tiene ni tanta variedad de secciones ni de formulación como tiene CYPE.

Por último, recordar que estas fórmulas son para conducto lleno, es decir, para un calado del 100 %. El programa por tanto modifica los valores obtenidos con esta formulación en caso de que el calado máximo inferior al 100 %.

3.3.5 – Comparativa de los módulos de alcantarillado y conclusiones -

Interrelación con el usuario

De nuevo, para el caso del módulo de alcantarillado DMelect supera a CYPE tanto a nivel de facilidad de manejo, versatilidad, y rapidez de trabajo. Justifiquemos el porqué:

1-) Con DMelect una vez definidas las condiciones iniciales, la filosofía de trabajo es muy sencilla. Tan solo tenemos que pensar en la operación que queremos realizar, señalarla en la botonera correspondiente (pues como vimos prácticamente todas las opciones del programa son directamente accesibles) y ejecutarla en la zona de edición gráfica. Por el contrario, con CYPE aunque el proceso también es sencillo es un poco más engorroso, pues no tenemos acceso directo a las opciones de programa sino que tenemos que hacerlo a través de un menú desplegable que nos aparece a la derecha de la pantalla. Además, como ya vimos en la descripción de CYPE, no diferencia entre el tipo de nudo que introducimos, sino que de manera genérica los denomina nudos de suministro general o de consumo. Por tanto está en nuestras manos elegir el símbolo particular para cada nudo de manera que podamos diferenciar el tipo de nudo que tenemos. Esto resta velocidad e intuitividad al proceso de edición gráfica. Proculo sigue una filosofía de trabajo parecida en este sentido a DMelect, pues casi todas las opciones son directamente accesibles a través de las distintas barras de herramientas de que dispone el programa como vimos. Lo único que a lo mejor puede hacer un poco más difícil trabajar con él, es que siempre tenemos que trabajar como mínimo con 4 capas lo que puede ser un poco engorroso: una capa base sobre la que cargamos la imagen de fondo, otra capa (llamada cotas) que se utiliza para definir las cotas de terreno, una capa (llamada cuenca vertiente) donde el programa define las superficies para el cálculo de pluviales, y por último una capa (llamada elementos red) donde el programa sitúa provisionalmente los elementos sin conectar. Lo bueno de este módulo es que la capa de cálculos la genera automáticamente, salvo que el queramos diseñar varias redes de saneamiento sobre una misma imagen de fondo, en cuyo caso tendremos que definir nosotros las correspondientes capas de cálculo. Por último

también tenemos que calibrar previamente la imagen de fondo, pero una vez hecho todo esto la filosofía de trabajo es parecida a DMelect.

Nota importante: Realmente lo que hace más difícil trabajar con Procuno que con DMelect, es que todos los símbolos que vamos introduciendo dentro de la red de saneamiento aparecen con un determinado tamaño, dando igual el tamaño de la imagen de fondo. Esto supone que cuando tenemos que abarcar una gran superficie, como puede ser la manzana de un polígono industrial, los elementos de la red eléctrica aparecen demasiado pequeños, teniendo que escalar cada símbolo nuevo que vayamos introduciendo, lo que ralentiza el proceso de edición gráfica.

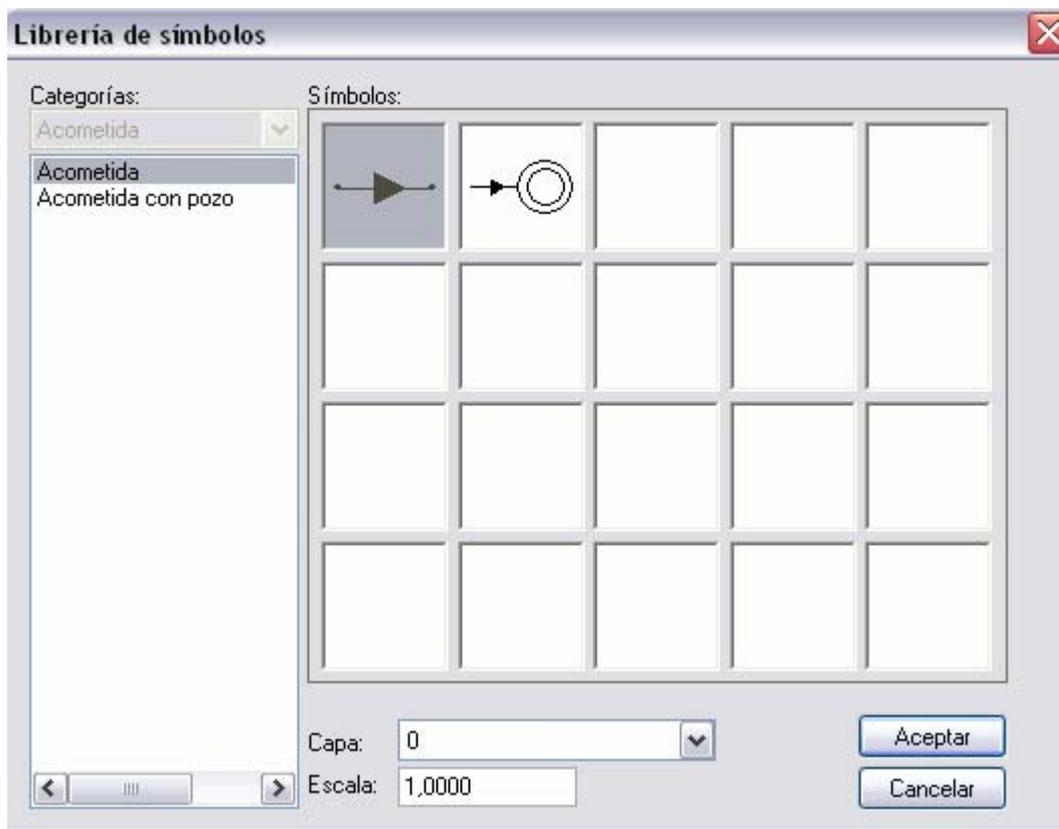


Fig. 1: Aspecto de la librería de símbolos para una toma con Procuno

2-) Con DMelect podemos editar distintos tramos y nudos de forma simultánea, pues permite seleccionar varios elementos a la vez si mantenemos pulsada la tecla ctrl. como lo haría cualquier herramienta de entorno Windows. Sin embargo con CYPE no tenemos más remedio que irnos al menú desplegable de derecha de la pantalla, elegir la opción de edición para nudos o ramas, e ir modificando los datos nudo a nudo y rama a rama. Esto ralentiza más si cabe el proceso de edición gráfica. Eso sí, al menos tenemos la opción de “asignar” que como vimos permite modificar valores típicos en nudos (Caudal y cota de rasante) y ramas (Longitud,

material y diámetro). Esta última opción agiliza el proceso de edición gráfica, pero la modificación de datos sigue siendo elemento a elemento.

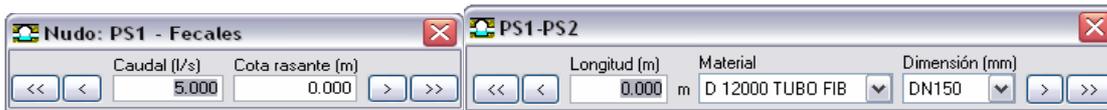


Fig. 2: Ventanas auxiliares para la edición de nudos y ramas con CYPE

Procuno en este aspecto se lleva la peor parte ya que la única forma que tenemos de editar varios nudos a la vez es la de ir elemento a elemento lo que de nuevo nos ralentiza y dificulta el proceso de edición gráfica. Con el módulo de BTwin de Procuno teníamos la opción de copiar propiedades de los elementos, cosa que no ocurre con el módulo de abastecimiento de saneamiento SUwin.

3-) Con DMelect tenemos todas las posibilidades de edición de cualquier programa de entorno Windows: Podemos cortar, copiar y pegar elementos directamente utilizando los comandos Ctrl. + X, Ctrl. + C, Ctrl. + V respectivamente. Además podemos deshacer y rehacer un cierto número de modificaciones que hallamos realizado durante la fase de edición gráfica de nuestro proyecto. Esto último también es posible hacerlo con CYPE. Con Procuno, tal y como vimos, también podemos realizar las operaciones de cortar, copiar, pegar a través de los correspondientes comandos de la barra de propiedades estándar. Sin embargo, se echa de menos no poder deshacer y rehacer modificaciones durante la fase de edición gráfica.

4-) Corregir los errores de diseño con DMelect es mucho más directo que con CYPE, ya que si calculamos el proyecto y hay errores nos aparece un cuadro de dialogo indicándonos las ramas y nudos erróneos. Haciendo un clic sobre cualquiera de los mensajes el programa nos relaciona el error cometido con la rama o nudo correspondientes remarcándolo en azul. Haciendo un doble clic nos lleva directamente al nudo o rama erróneos. Con CYPE, sin embargo no nos aparece ningún cuadro de diálogo, tan solo nos aparece remarcado de color rojo en la zona de edición gráfica los nudos y ramas erróneos, por lo que es tarea del usuario localizarlos. Con Procuno gracias a la opción que vimos de cálculo dinámico, los errores nos aparecen de manera automática pues el programa conforme diseñamos la red de saneamiento va comprobando automáticamente que no hay errores. En caso que desactivemos la opción de cálculo dinámico porque el proceso de edición gráfica se ralentiza mucho debido a que la instalación que estemos diseñando sea muy grande, la forma que tiene de tratar los errores Procuno es como con los dos módulos anteriores: los errores nos aparecen (sin que nos salga ningún cuadro de diálogo) señalados en la red, aunque con una pequeña ventaja sobre CYPE y es que Procuno centra la vista en la zonas

donde hay elementos erróneos, olvidándose del resto de la instalación, lo que facilita la tarea de localizar los errores. Con todo a pesar de que la instalación sea muy grande, tal vez interese tener siempre la opción de cálculo dinámico activado, ya que al menos así siempre nos aseguraremos que la instalación que estamos calculado es la adecuada con lo que nos evitamos luego la tarea de estar localizando errores, lo que a la larga hace que esta forma de trabajar sea la más rápida.

5-) Con DMelect y CYPE programas tenemos dos modalidades de trabajo a la hora diseñar nuestra instalación de alcantarillado: Por pendiente de los tramos o por las cotas de los nudos. Con DMelect es más sencillo trabajar por pendiente de los tramos que con DMelect debido a que podemos fijar en las condiciones iniciales una pendiente fija para cada tramo, y no tenemos que ir indicando tramo a tramo la pendiente como CYPE. Eso si la pendiente introducida con DMelect es la misma para todos los tramos sin posibilidad de modificarla, mientras que con CYPE podemos indicar la pendiente para cada tramo que más nos interese lo que nos permite afinar más en los cálculos. Con Procuno, también tenemos dos formas de trabajar, pero una de ellas es completamente distinta a la forma de trabajar de CYPE y DMelect: Al igual que con CYPE y DMelect podemos trabajar por cotas indicando indicando la cota de cada nudo. Sin embargo no podemos trabajar por pendiente de los tramos, sino que la forma de trabajar alternativa consiste en previamente definir las curvas de nivel del terreno con lo que las cotas de los nudos y las pendientes de los elementos quedarían ya fijadas. Claramente aquí se ve la tónica que se ha venido manteniendo hasta ahora: La forma de trabajar de DMelect siempre será más sencilla, mientras que la forma de trabajar de CYPE y Procuno es más laboriosa pero más precisa.

6-) DMelect, a diferencia de CYPE es capaz de estimar los caudales de aguas pluviales. Así el programa obtiene el caudal de aguas pluviales evacuado a razón de 0,1 m³/s·ha, mayorando dicho valor en función de la zona geográfica en la que nos encontremos: zona X no se mayor, zona Y se mayor un 50% y zona Z se mayor el 100%). Sin embargo con CYPE lo que hacemos es definir un coeficiente de escorrentía que de tipo superficie y la intensidad de lluvia que depende de la zona geográfica en la que nos encontremos, lo que supone irnos a fuentes externas para poder estimarlo, lo que hace que la forma de trabajar de CYPE, aunque más precisa también es más dificultosa. Procuno que tiene una forma de trabajar parecida a la de CYPE con la gran ventaja que sí estima estos dos parámetros antes vistos dependiendo de las características de la cuenca vertiente que como vimos las definimos nosotros, por lo que reúne las dos características: facilidad y precisión.

7-) El manual de usuario de DMelect es mucho más completo, extenso y claro que el que disponemos para CYPE y Procuno. Los manuales de DMelect nos explican detalladamente todas las posibilidades del programa, mientras que los manuales de CYPE y Procuno sólo nos dan pinceladas sobre las posibilidades del programa a la vez que resuelven un ejemplo, por lo que es probable que, si el usuario no tiene mucha experiencia omita muchas de las posibilidades que tiene el programa. Como compensación, tanto CYPE como Procuno ofrecen una ayuda en línea, aunque como sabemos esto nunca será tan práctico como disponer de un manual completo del programa que nos dé una visión global de las posibilidades del mismo.

8-) Por último, señalar que con Procuno la navegación a lo largo de la zona de edición grafica es muy cómoda pues solo debemos mantener pulsada la tecla ctrl. mientras nos movemos con el ratón por la pantalla. Esto resulta novedoso respecto a CYPE y DMelect y lo cierto es que agiliza mucho el trabajo.

Por tanto, debido a lo señalado anteriormente, considero a DMelect superior a CYPE y Procuno en cuanto a nivel de interrelación con el usuario pero en este caso no está tan claro como en los otros dos módulos. Como en los módulos anteriores, DMelect es el programa más fácil de manejar pues prácticamente sin necesidad de tener ni tan siquiera que leer el manual, podemos intuir el manejo de DMelect, al menos en cuanto a sus opciones básicas. Otra cosa es que quisiéramos un manejo más avanzado, con lo que tendríamos que recurrir al manual de usuario que como ya comente DMelect dispone un manual completo que nos da una visión global de todas las posibilidades el programa.

Sin embargo en cuanto a rapidez de trabajo la tendencia se invierte siendo posiblemente Procuno el más rápido, pues a pesar de que no podemos editar varios elementos a la vez, tener que calibrar el plano, indicar la escala de cada nudo nuevo que introduzcamos o tener que trabajar con 4 capas como mínimo, la posibilidad de hacer un cálculo dinámico de la instalación y que el programa vaya detectando los errores de forma automática a la vez que diseñamos la red de saneamiento, nos evita luego al final tener que estar corrigiendo estos errores. Por ello en este apartado, aunque el programa que tiene un manejo más sencillo es DMelect, sin embargo en cuanto a rapidez de trabajo posiblemente el más rápido sea Procuno luego ya es un poco más subjetivo decidir que programa es superior en cuanto a interrelación con el usuario. Lo único que está claro es que en este apartado en último lugar quedaría CYPE como ha venido ocurriendo hasta ahora.

Posibilidades del programa

Veamos las posibilidades que ofrece uno y otro programa:

1-) A nivel de cálculo con CYPE y Procuno podemos afinar más que con DMelect. Con los tres programas podemos restringir la velocidad máxima y mínima en cada tramo en las condiciones generales del proyecto. Sin embargo a la hora de introducir el calado máximo con CYPE y Procuno no estamos limitados a un calado máximo del 50 %, 75 % y 100 % como en DMelect, sino que tenemos la posibilidad de escoger cualquier porcentaje de calado máximo lo que permite a usuario afinar más en los cálculos (con todo para ambos programas en caso de que no pueda cumplir simultáneamente las condiciones de velocidad y calado descartará la menos restrictiva técnicamente, es decir, la velocidad mínima). Por otro lado, en este apartado Procuno va más allá, pues como vimos en las condiciones generales del proyecto, también podemos fijar un calado mínimo, así como la velocidad máxima para caudal máximo, lo que permite personalizar más el diseño de la instalación de saneamiento.

2-) Además de lo dicho anteriormente, CYPE aún es capaz de afinar aun más en los cálculos, pues el usuario aparte de las restricciones de velocidad y calado máximo impuestas en las condiciones iniciales del proyecto, tiene la posibilidad de definir unas condiciones de velocidad máxima y mínima y calado máximo para cada tramo cosa que no es posible hacer ni con DMelect ni con Procuno.

3-) A nivel del resultados de calculo, DMelect nos proporciona una memoria descriptiva de proyecto, un anexo de calculo, un pliego de condiciones, una medición y unos esquemas DXF de la obra. Sin embargo CYPE tan solo nos ofrece una memoria de cálculo (donde incluye la medición) y unos esquemas DFX de la obra. Eso si la memoria de calculo ofrecida por CYPE es mucho más completa, clara y ordenada que la proporcionada por DMelect. Además podemos exportarla en diversos formatos: TXT, PDF, RTF y HTML (HTML es el formato estándar utilizado por las páginas Web). Por otro lado, como vimos, los esquemas DXF los podemos editar de tal manera que podamos utilizarlos directamente como planos de obra (podemos añadir un cajetín, centrar los planos, mover el dibujo etc.). De hecho la opción de CYPE que permite realizar esto se llama “planos de obra”. Por tanto podemos ver que en este sentido aunque CYPE ofrece menos resultados que DMelect, si lo hace de una forma por así decirlo más “profesional”. Procuno, en este apartado claramente es el programa más flojo de los tres, pues sólo ofrece unos cuadros de resultados y una medición del proyecto (Todo ello como vimos

en distintos formatos: RTF, TXT y HTML), luego no incluye una memoria descriptiva de la instalación, ni justifica ninguno de los cálculos realizados. Por otro lado tampoco un pliego de condiciones como hace DMelect.

4-) En cuanto a posibilidades de edición gráfica Procuno es de nuevo el programa más completo de los tres pues su editor gráfico simula un programa de CAD 2D. A continuación estaría CYPE, pues aunque DMelect admite más formatos que CYPE y Procuno a la hora de importar la imagen de fondo, CYPE, y sobretodo Procuno tienen varias opciones útiles que no tiene DMelect. Veamos que posibilidades ofrecen unos y otros:

a) Como dijimos DMelect procesa más formatos de imágenes de fondo que CYPE, pues no solo procesa formatos DXF y DWG (comúnmente utilizados por programas tipo CAD) como lo hace CYPE y Procuno, sino que también admite otros formatos como BMP (Comúnmente usado por los programas de Microsoft Windows y por el sistema operativo propiamente dicho) y TIF (se utiliza masivamente en gráficos de imprenta).

b) Tanto con CYPE como con Procuno podemos descartar las capas de dibujo que no nos interesen, lo que da claridad a la imagen de fondo con la que estamos trabajando. Además con CYPE y Procuno, podemos fijar el color de la imagen de fondo asociando un mismo color a todas las entidades del dibujo. Así si le asociamos un color difuso como gris oscuro, permite que nuestra instalación de saneamiento resalte sobre el resto del dibujo, mejorando su apreciación. Además también podemos introducir el grosor de la línea de la imagen de fondo. Procuno es aún mas completo pues además podemos elegir el estilo de trazo y el color de relleno de la imagen de fondo.

c) CYPE tiene una opción muy útil que no tienen DMelect y Procuno y es que podemos situar el origen de coordenadas donde más nos convenga al introducir la imagen de fondo, lo cual nos facilita una posterior introducción de datos por coordenadas.

Veamos otras opciones que posee exclusivamente Procuno y que hacen de él el programa mas completo de los tres con diferencia en cuanto a posibilidades de edición gráfica:

a) En primer lugar, podemos realizar las modificaciones que deseemos a la imagen de fondo directamente, sin necesidad de recurrir a otros programas de dibujo como Autocad.

b) Gracias a la posibilidad de trabajar con distintas capas de dibujo, Procuno tiene la opción de editar distintas redes de saneamiento a la vez sobre una misma imagen de fondo para su posterior cálculo.

c) Podemos prácticamente editar cualquier tipo de símbolo gracias a las herramientas de dibujo en 2D y librerías de símbolos que posee.

d) Podemos medir distancias y áreas. Además podemos calibrar la imagen de fondo en el caso de que esta no este dibujada a escala.

5-) Por último, Procuno, y sobretodo CYPE, poseen varias opciones útiles que no tiene DMelect y que hacen de ellos programas mucho más prácticos y “profesionales”:

a) CYPE posee la opción del longitudinal que es por así decirlo el perfil de la red. Una vez calculado el proyecto podemos modificar dicho perfil, pues el programa nos da la posibilidad de cambiar las pendientes de los tramos, las cotas de terreno y rasante de los nudos, la profundidad del pozo etc. Esta es una opción que no tienen ni Procuno ni DMelect que permite introducir de manera rápida cambios en nuestro proyecto. Eso si al menos DMelect una vez calculado el proyecto nos da como resultado no sólo un esquema en planta de la instalación sino además nos dibuja el perfil de la red, cosa que Procuno no hace y que supone una deficiencia en cuanto a resultados del programa.

b) Para este módulo los tres programas permiten la introducción de los caudales de aguas negras y grises de forma directa o por dotación. Sin embargo en este aspecto DMelect y Procuno tienen una ventaja: Para la estimación de las aguas pluviales DMelect nos da una referencia para poder calcularlas como vimos antes, mientras que Procuno dispone una base de datos para calcular de forma precisa el caudal de pluviales a partir del coeficiente de escorrentía y de la intensidad de lluvia de la zona. Por otro lado, para la estimación de aguas negras DMelect nos proporciona la siguiente referencia: indicaremos el numero de viviendas que es capaz de evacuar el nudo sabiendo que hay una proporcionalidad de $0.00005 \text{ m}^3/\text{s}\cdot\text{viv}$ entre el caudal de aguas negras o fecales y el numero de viviendas

evacuadas. Además el programa incluye la siguiente tabla orientativa:

Hoteles: 1 vivienda cada dormitorio.
 Hospitales: 1 vivienda cada 2 enfermos.
 Escuelas: 1 vivienda cada 50 alumnos.
 Cuarteles: 1 vivienda cada 10 soldados.
 Piscinas públicas: 1 vivienda cada 25 m³ de vaso de piscina.
 Mercados: 1 vivienda cada 200 m².
 Mataderos: 1 vivienda por cabeza.

Por otro lado Procuno incluye la siguiente tabla orientativa (que no incluyo de forma completa para no sobrecargar innecesariamente la memoria):

Industria	Dotación	
	por empleado [m ³ /empl·d]	por superficie [m ³ /m ² ·d]
Productos de alimentación	7,9	13,5
Productos lácteos	9,5	29,2
Conservas de frutas	6,8	8,2
Azucareras	36,8	6,3
Tintura y acabados textiles	2,5	11,3
Textiles en general	0,5	3,2
Aserraderos	44,1	7,3
.....

CYPE ofrece en su manual de usuario una tabla similar, aunque no tan completa como la de Procuno, pues por ejemplo mientras que con CYPE sólo nos da la dotación por empleado, Procuno nos la da tanto por empleado como por superficie. Por tanto en este apartado Procuno es claramente superior a DMelect y CYPE, sobretodo por la forma que tiene de hacer el cálculo de pluviales que es preciso y además nos estima los parámetros necesarios para llevar a cabo dicho cálculo.

c) CYPE a diferencia de DMelect y Procuno tiene en cuenta el factor de infiltración que en ciertos casos de longitudes y diámetros grandes de los tramos puede ser importante. Para su estimación definimos el factor de infiltración en l/s por cm de diámetro y kilómetro.

d) CYPE tiene en cuenta el tipo de suelo que tenemos (Suelto, cohesivo o roca), de manera que será capaz de darnos una medición mas detallada que DMelect y Procuno de la excavación.

e) A diferencia de DMelect y Procuno, CYPE posee un menú desplegable que nos permite configurar diversos aspectos de CYPE que DMelect no permite como configurar el sistema de unidades (sistema internacional, M.K.S o unidades inglesas), envíos de obra y planos (formato del plano A0, A1, A2, A3, A4).

f) CYPE tiene la opción de utilizar diversas hipótesis de calculo y combinarlas entre si. Así por ejemplo, para una misma instalación de saneamiento podemos suponer diversas hipótesis de velocidad, de pendiente máxima y mínima y de calado máximo y calcular el proyecto para cada una de las hipótesis supuestas. Además, como ya dije, tenemos la posibilidad de fijar unas condiciones particulares para cada nudo y rama, condiciones que también podemos combinar entre si y obtener distintos resultados.

g) Por último señalar la importante novedad que presenta Procuno que no tiene ni DMelect ni CYPE y es la posibilidad de realizar un cálculo dinámico de la instalación con lo que los posibles errores que haya durante la fase de diseño los podemos corregir directamente. Otra novedad son los resúmenes que hay de caudal mínimo y máximo de pluviales y residuales al final de cada ventana de propiedades de los elementos de aporte a la red de saneamiento así como del nudo final de vertido de aguas residuales.

En conclusión, si bien es verdad que CYPE es el programa con mas posibilidades, Procuno tiene algunas posibilidades que son tremendamente prácticas que no tiene CYPE como son la estimación de los parámetros para el cálculo de pluviales o la posibilidad de realizar un cálculo dinámico de la instalación de saneamiento, si bien tiene algunas deficiencias como la no posibilidad, al igual que DMelect, de no poder particularizar condiciones de velocidad, pendiente o calado para cada tramo, ni de tener en cuenta el tipo de suelo, ni tener en cuenta el posible factor de infiltración y ni poder realizar combinación de hipótesis. Luego en este apartado, como ocurría en el anterior, es difícil ser objetivo a la hora de elegir el programa que ofrece mayores posibilidades. Lo único claro es que el programa que queda claramente atrás es DMelect.

Fundamentos de cálculo

Comparemos ahora las bases de cálculo de cada programa. Veremos que en este sentido CYPE supera claramente a DMelect y Procuno pues nos da mayores posibilidades de cálculo:

1-) Para el cálculo de los diámetros óptimos los tres programas utilizan el método de recuento de caudales desde los aportes hasta el vertedero. Por ello la red debe ser ramificada. Para el cálculo del caudal mientras que DMelect y Procuno sólo disponen de la formulación de Manning-Strickler, CYPE posee como vimos otros tipos de formulación. No las añadiré en este apartado para no repetir ideas, pero dichas formulaciones alternativas se pueden ver en el apartado de fundamentos de cálculo de CYPE.

2-) DMelect solo permite dos tipos de sección: circular y ovoide, mientras que Procuno incluye una más y que como vimos es la sección rectangular. Como sabemos para el diseño de instalaciones de alcantarillado, existen otros tipos de sección sobretodo por facilidad constructiva. CYPE además sección circular, ovoide y rectangular admite otros tipos de sección que como vimos son: Trapezoidal, oval horizontal y vertical y en herradura. De nuevo para no repetir ideas, los dibujos con los distintos tipos de sección pueden verse en el apartado de fundamentos de cálculo de CYPE.

3-) Como vimos CYPE, a diferencia de DMelect y Procuno, permite la introducción de unas condiciones particulares de velocidad máxima y mínima y de calado máximo para cada rama. Además como vimos dichos valores particulares se pueden combinar entre si, junto con los definidos en las condiciones generales del proyecto, con lo que aumentamos el número de hipótesis que podemos combinar y por tanto obtenemos una mayor cantidad de resultados para una misma instalación de alcantarillado.

4-) Más adelante se hará una comparativa detallada entre las memorias de calculo y los resultados obtenidos para un caso concreto.

Por tanto vemos que CYPE es programa más completo que DMelect y Procuno en cuanto a posibilidades de cálculo y resultados obtenidos.

Conclusión final

Aquí de nuevo la conclusión esta clara. El precio de licencia del modulo de abastecimiento de agua de DMelect es de 300 € mientras que el de CYPE 500 €. Por lo tanto, si queremos un programa sencillo, fácil de manejar y barato sin duda nuestra elección deberá ser DMelect. Si por el contrario queremos un programa más completo, con mayores posibilidades aunque más caro elegiremos CYPE. Por otro lado, Procuno aunque su manejo es

también sencillo y posee un potente editor gráfico, para el precio de licencia que tiene que esta en torno a los 500 €, mejor optar por CYPE, pues es superior en cuanto a posibilidades de programa y más preciso y fiable a la hora de realizar los cálculos. Al igual que ocurría con los módulos de abastecimiento de agua, en este caso no me puedo decantar tan claramente por un programa o por otro como hacía cuando analicé los módulos de electrificación, ya que de nuevo, aquí también hay que tener en cuenta la subjetividad del usuario. Habrá usuarios que prefieran un programa de manejo sencillo y potente editor gráfico como es el caso de Procuno, más que un programa con muchas posibilidades y preciso en los cálculos. Además como vimos Procuno tiene dos puntos fuertes que son el cálculo dinámico de la instalación y la estimación de los parámetros necesarios para el cálculo de pluviales, aunque también presenta alguna deficiencia como la de no dibujar el perfil de la red, y que hace que personalmente, al igual que en el módulo de abastecimiento, me decante por CYPE.

4.0 - Aplicación a un caso concreto -

A continuación aplicaremos los tres programas para el cálculo de la instalación eléctrica de baja tensión, abastecimiento de agua y saneamiento a un polígono industrial concreto, en este caso, el polígono industrial de Cañadas de San Pedro. Se trata de un polígono industrial en fase de planificación que como su nombre indica, se va a situar en el municipio Murciano de Cañadas de San Pedro. En realidad, se trata de una ampliación de una zona industrial preexistente en la zona. Se pretende pasar de las apenas 5 Ha actuales, a un total de 78 Ha aproximadamente. El nuevo polígono contará, además de nuevas zonas edificables, con zonas verdes y equipamientos de ámbito local, diversos centros de transformación, espacios verdes protegidos e incluso de una estación depuradora de aguas residuales (EDAR). Además se mejorará el sistema viario existente para el acceso al nuevo polígono, así como las infraestructuras urbanas preexistentes. El reparto del nuevo territorio de la zona puede verse en el plano parcelario que adjunto con la memoria (Ver apéndice 4). Con esta ampliación se pretende generar nuevos puestos de trabajo, e impedir que las empresas existentes en la zona y en los municipios cercanos emigren a otros lugares.

Como veremos, los ejemplos de aplicación son sencillos, pues al final he optado por coger solamente dos manzanas de dicho polígono. El objetivo de esta decisión es simple: la idea principal, más que tratar de resolver un ejemplo complicado, es de ver las diferencias existentes entre los tres programas en cuanto a nivel de cálculos y de resultados, de ahí que cuanto más sencillo sea el ejemplo aplicación mejor, pues el hecho de trabajar con menos nudos y ramas hará que las diferencias de resultados de uno y otro programa se vean de una forma más clara, pues me ha dado la posibilidad de hacer exactamente el mismo cálculo con los tres programas, además de conseguir que la numeración de nudos y ramas para los tres programas sea prácticamente la misma.

El objetivo de este apartado es ante todo completar la comparativa de los tres programas, viendo en la práctica las diferencias existentes entre ellos a la hora de diseñar y calcular infraestructuras urbanas, además de comprobar algunas de las ventajas e inconvenientes anteriormente analizadas. El esquema de trabajo para este apartado será el habitual: Primero analizaremos las diferencias existentes a la hora de llevar a cabo los cálculos de cada uno de los programas, así como los resultados que generan cada uno de ellos, para luego poder llegar a una serie de conclusiones. Con esto ya estaremos de disposición de llegar a unas conclusiones finales, que será lo que se analizará en el siguiente apartado del presente trabajo.

4.1 - Resultados para el cálculo de la instalación eléctrica -

Los datos generales de la instalación, la mayoría de los cuales se contemplan en el plan parcial de nuestro polígono (ver apéndice 2), y comunes para los tres programas objeto de la comparativa son los siguientes:

- Tensión trifásica/monofásica: 400/230 V
- Caída de tensión máxima admisible: 5 %
- Factor de potencia global $\cos \phi$: 0.8
- Reactancia: No se considerará
- Coeficiente de simultaneidad: 1
- Material: Aluminio
- Canalización: Cable enterrado bajo tubo
- Aislamiento: Polietileno reticulado XLPE
- Polaridad: Cable unipolar
- Secciones: 50, 70, 95, 120, 150, 185, 240 mm²
- Coeficiente de simultaneidad: 1
- Factor de seguridad para el cálculo: 1
- Tipo de nudo de consumo: Arquetas
 - Consumos por arqueta: 20.70 kW
 - Número de arquetas: 15
- Tipo de nudo de suministro: Transformador
 - Relación de transformación: 20000/400V
 - Potencia nominal: 630 KVA
 - Impedancia de cortocircuito: 4 %
 - Número: 1
- Superficie de las dos manzanas: 4.4 y 2.8 Ha respectivamente
- Parcela mínima: 600m²

A continuación justificaremos la potencia, número de centros de transformación y consumo de cada arqueta:

Para simplificar, vamos a suponer que la parcelación de la zona se hace a través de parcelas de una superficie mayor a 5000 m² para las que el plan parcial prevé un consumo mínimo de 40 KVA. Como la superficie abarcada por las dos manzanas es de 7,2 Ha = 72000 m² tendremos que el consumo total es $40 \times (72000/5000) = 576$ KVA. Con esto la incidencia de potencia en baja tensión a nivel de centro de transformación es:

$$PCT(kVA) = \frac{\sum PBT(kW) \times 0.64}{0.9} = \frac{720 \times 0.8 \times 0.64}{0.9} = 310.5 \text{ KVA}$$

Con esto vemos que directamente, con un solo transformador de 630 KVA tenemos suficiente para abastecer las dos manzanas. Como tenemos 15 arquetas de consumo, el consumo de cada arqueta será de 20.7 KW.

Antes de pasar a analizar los resultados de cada programa veamos otros datos necesarios, dependiendo del tipo de programa que utilicemos:

- Potencia de cortocircuito: 350 MVA, dato necesario para Procuno y CYPE, pues calculan las intensidades de cortocircuito en bornes del primario y secundario del transformador sin suponer que la red eléctrica es capaz de aportar una potencia infinita.
- Temperatura ambiente para el cálculo de la conductividad eléctrica: 20 ° C, dato necesario para DMelect, pues tiene en cuenta la variación de la conductividad con la temperatura.
- Pérdidas en el cobre del transformador: 2.3 %, dato que únicamente utiliza Procuno, pero que realmente no influye en los cálculos, y sólo lo utiliza para determinar las pérdidas de potencia del transformador, es decir, un transformador de 630 KVA no es capaz de transformar exactamente esta cantidad de potencia, pues su rendimiento nunca es del 100 %.
- Excavaciones: Se tomara una profundidad mínima de 1.5 m y de 0.35 m de espesor de firme. Datos únicamente utilizados por CYPE y utilizados para obtener una medición de la excavación.

A continuación vemos un detalle de la instalación eléctrica, con una la numeración de nudos (en negro) y ramas (en azul), que se ha procurado en la medida de lo posible que sea común para los tres programas. Más detalladamente puede verse este esquema en los planos que adjunto con la memoria (ver apéndice 4). En ellos puede verse con detalle qué planos genera cada programa, así como la superficie parcelaria sobre la que se ha realizado el diseño de la instalación eléctrica.

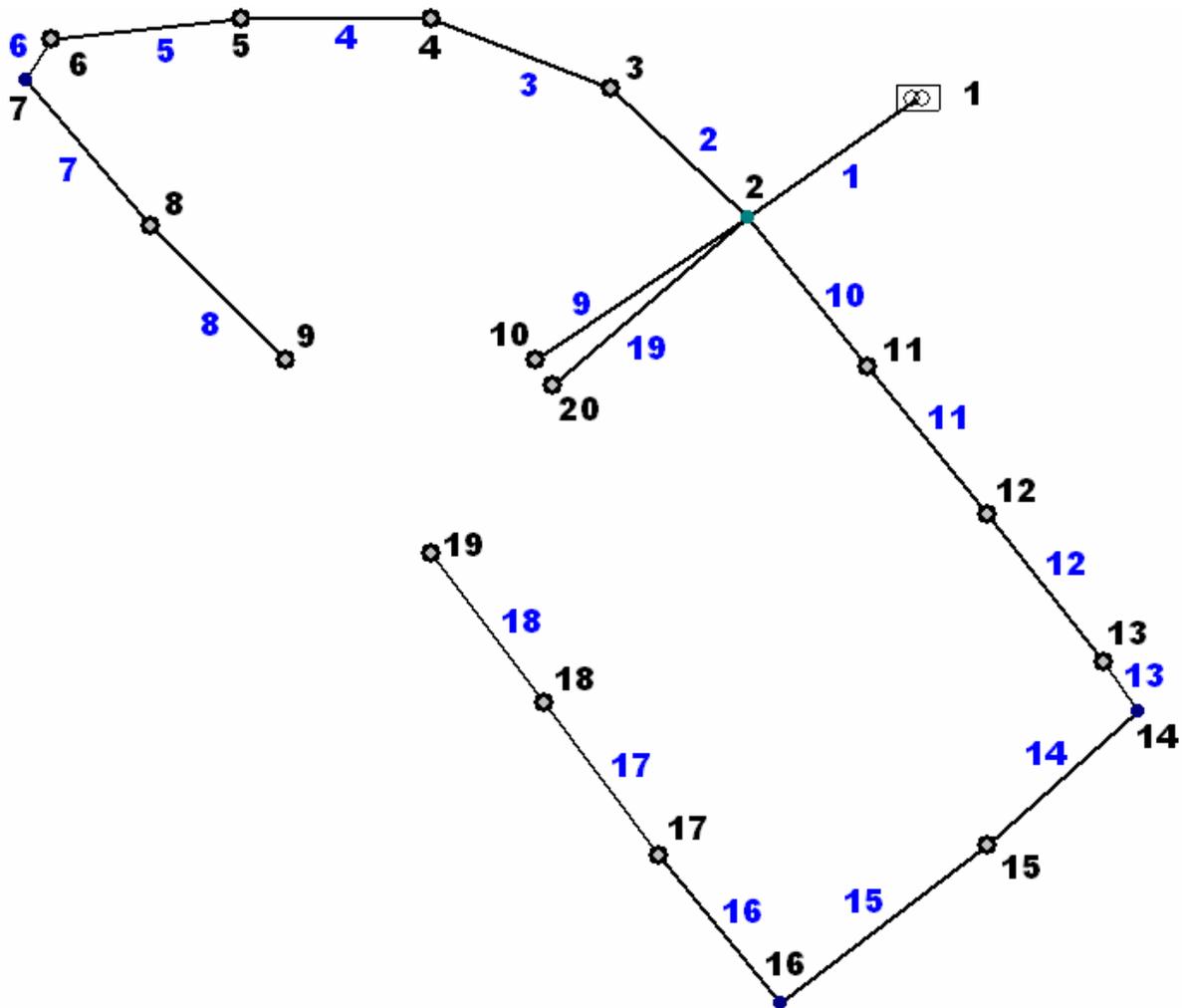


Fig. 1: Detalle de la instalación eléctrica y numeración de nudos y ramas.

Hay que indicar que la comparativa de resultados que se va a realizar va a ser sin que se haya hecho el cálculo de la instalación eléctrica frente a sobrecargas y cortocircuitos. El motivo, como bien sabido es, es que CYPE no realiza el cálculo de la sección para que esta esté protegida frente a sobrecargas y cortocircuitos, con lo que si queremos ver las diferencias existentes en los resultados de los cálculos entre los tres programas esta es la única forma. Las secciones calculadas frente a sobreintensidades pueden verse únicamente para DMelect y Procuno en la memoria de cálculos que a continuación adjuntaré y cuyos resultados también comentaré más adelante.

Comenzaremos primeramente por comparar la memoria de cálculos de los tres programas para luego comentar las diferencias entre los resultados de unas y otras.

1-) Memoria de cálculos de DMelect

ANEXO DE CALCULOS

Fórmulas Generales

Emplearemos las siguientes:

Sistema Trifásico

$$I = P_c / 1,732 \times U \times \cos\phi = \text{amp (A)}$$

$$e = 1,732 \times I [(L \times \cos\phi / k \times S \times n) + (X_u \times L \times \text{Sen}\phi / 1000 \times n)] = \text{voltios (V)}$$

Sistema Monofásico:

$$I = P_c / U \times \cos\phi = \text{amp (A)}$$

$$e = 2 \times I [(L \times \cos\phi / k \times S \times n) + (X_u \times L \times \text{Sen}\phi / 1000 \times n)] = \text{voltios (V)}$$

En donde:

P_c = Potencia de Cálculo en Watios.

L = Longitud de Cálculo en metros.

e = Caída de tensión en Voltios.

K = Conductividad.

I = Intensidad en Amperios.

U = Tensión de Servicio en Voltios (Trifásica ó Monofásica).

S = Sección del conductor en mm^2 .

$\cos \phi$ = Coseno de ϕ . Factor de potencia.

n = N° de conductores por fase.

X_u = Reactancia por unidad de longitud en $\text{m}\Omega/\text{m}$.

Fórmula Conductividad Eléctrica

$$K = 1/\rho$$

$$\rho = \rho_{20}[1+\alpha (T-20)]$$

$$T = T_0 + [(T_{\max} - T_0) (I/I_{\max})^2]$$

Siendo,

K = Conductividad del conductor a la temperatura T .

ρ = Resistividad del conductor a la temperatura T .

ρ_{20} = Resistividad del conductor a 20°C .

$$Cu = 0.018$$

$$Al = 0.029$$

α = Coeficiente de temperatura:

$$Cu = 0.00392$$

$$Al = 0.00403$$

T = Temperatura del conductor ($^\circ\text{C}$).

T_0 = Temperatura ambiente ($^\circ\text{C}$):

Cables enterrados = 25°C

Cables al aire = 40°C

T_{\max} = Temperatura máxima admisible del conductor ($^\circ\text{C}$):

XLPE, EPR = 90°C

PVC = 70°C

I = Intensidad prevista por el conductor (A).

I_{\max} = Intensidad máxima admisible del conductor (A).

Fórmulas Sobrecargas

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 I_z$$

Donde:

I_b : intensidad utilizada en el circuito.

I_z : intensidad admisible de la canalización según la norma UNE 20-460/5-523 (norma ITC-07).

I_n : intensidad nominal del dispositivo de protección. Para los dispositivos de protección regulables, I_n es la intensidad de regulación escogida.

I_2 : intensidad que asegura efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección. En la práctica I_2 se toma igual:

- a la intensidad de funcionamiento en el tiempo convencional, para los interruptores automáticos ($1,45 I_n$ como máximo).

- a la intensidad de fusión en el tiempo convencional, para los fusibles ($1,6 I_n$).

Fórmulas Cortocircuito

$$* I_{pccI} = C_t U / \sqrt{3} Z_t$$

Siendo,

I_{pccI} : intensidad permanente de c.c. en inicio de línea en kA.

C_t : Coeficiente de tensión.

U : Tensión trifásica en V.

Z_t : Impedancia total en mohm, aguas arriba del punto de c.c. (sin incluir la línea o circuito en estudio).

$$* I_{pccF} = C_t U_F / 2 Z_t$$

Siendo,

I_{pccF} : Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en kA.

C_t : Coeficiente de tensión.

U_F : Tensión monofásica en V.

Z_t : Impedancia total en mohm, incluyendo la propia de la línea o circuito (por tanto es igual a la impedancia en origen mas la propia del conductor o línea).

* La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:

$$Z_t = (R_t^2 + X_t^2)^{1/2}$$

Siendo,

R_t : $R_1 + R_2 + \dots + R_n$ (suma de las resistencias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

X_t : $X_1 + X_2 + \dots + X_n$ (suma de las reactancias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

$$R = L \cdot 1000 \cdot C_R / K \cdot S \cdot n \quad (\text{mohm})$$

$$X = X_u \cdot L / n \quad (\text{mohm})$$

R : Resistencia de la línea en mohm.

X : Reactancia de la línea en mohm.

L : Longitud de la línea en m.

C_R : Coeficiente de resistividad, extraído de condiciones generales de c.c.

K: Conductividad del metal.

S: Sección de la línea en mm².

Xu: Reactancia de la línea, en mohm por metro.

n: n° de conductores por fase.

$$* t_{mcc} = C_c \cdot S^2 / I_{pcc} F^2$$

Siendo,

t_{mcc}: Tiempo máximo en sg que un conductor soporta una I_{pcc}.

C_c= Constante que depende de la naturaleza del conductor y de su aislamiento.

S: Sección de la línea en mm².

I_{pcc}F: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

$$* t_{ficc} = cte. fusible / I_{pcc} F^2$$

Siendo,

t_{ficc}: tiempo de fusión de un fusible para una determinada intensidad de cortocircuito.

I_{pcc}F: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

$$* L_{max} = 0,8 U_F / 2 \cdot I_{F5} \cdot \sqrt{(1,5 / K \cdot S \cdot n)^2 + (X_u / n \cdot 1000)^2}$$

Siendo,

L_{max}: Longitud máxima de conductor protegido a c.c. (m) (para protección por fusibles)

U_F: Tensión de fase (V)

K: Conductividad

S: Sección del conductor (mm²)

X_u: Reactancia por unidad de longitud (mohm/m). En conductores aislados suele ser 0,1.

n: n° de conductores por fase

C_t= 0,8: Es el coeficiente de tensión.

C_R = 1,5: Es el coeficiente de resistencia.

I_{F5} = Intensidad de fusión en amperios de fusibles en 5 sg.

* Curvas válidas.(Para protección de Interruptores automáticos dotados de Relé electromagnético).

CURVA B	IMAG = 5 In
CURVA C	IMAG = 10 In
CURVA D Y MA	IMAG = 20 In

Red Baja Tensión 1

Las características generales de la red son:

Tensión(V): Trifásica 400, Monofásica 230

C.d.t. máx.(%): 5

Cos φ : 0,8

Coef. Simultaneidad: 1

Temperatura cálculo conductividad eléctrica (°C):

- XLPE, EPR: 20

- PVC: 20

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos (cortocircuito)

Linea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal / Xu(mΩ/m)	Canal./Aislam/Polar.	I. Cálculo (A)	In/Ireg (A)	Sección (mm2)	I. Admisi.(A)/ Fc	D.ext.(mm)
1	1	2	82	Al	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp.	560,23	630	3(3x240/150)	3(225)	
2	2	3	75	Al	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp.	224,09	250/250	2(3x150/95)	2(180)	
3	3	4	75	Al	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp.	186,74		2(3x150/95)	2(180)	
4	4	5	75	Al	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp.	149,39		2(3x150/95)	2(180)	
5	5	6	75	Al	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp.	112,05		2(3x150/95)	2(180)	
6	6	7	19	Al	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp.	74,7		2(3x150/95)	2(180)	
7	7	8	76	Al	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp.	74,7		2(3x150/95)	2(180)	
8	8	9	75	Al	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp.	37,35		2(3x150/95)	2(180)	
9	2	10	100	Al	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp.	37,35	38	4x50	144/0,8	140
10	2	11	75	Al	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp.	261,44	400/400	3(3x240/150)	3(225)	
11	11	12	75	Al	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp.	224,09		3(3x240/150)	3(225)	
12	12	13	75	Al	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp.	186,74		3(3x240/150)	3(225)	
13	13	14	23	Al	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp.	149,39		3(3x240/150)	3(225)	
14	14	15	79	Al	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp.	149,39		3(3x240/150)	3(225)	
15	15	16	104	Al	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp.	112,05		3(3x240/150)	3(225)	
16	16	17	75	Al	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp.	112,05		3(3x240/150)	3(225)	
17	17	18	75	Al	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp.	74,7		3(3x240/150)	3(225)	
18	18	19	75	Al	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp.	37,35		3(3x240/150)	3(225)	
19	2	20	101	Al	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp.	37,35	38	4x50	144/0,8	140

Nudo C.d.t.(V) Tensión Nudo(V) C.d.t.(%) Carga Nudo

1	0	400	0	560,227(310,5 kW)
2	-2,526	397,474	0,631	0 A(0 kW)
3	-4,744	395,256	1,186	-37,35 A(-20,7 kW)
4	-6,592	393,408	1,648	-37,35 A(-20,7 kW)
5	-8,071	391,929	2,018	-37,35 A(-20,7 kW)
6	-9,179	390,821	2,295	-37,35 A(-20,7 kW)
7	-9,367	390,633	2,342	0 A(0 kW)
8	-10,116	389,884	2,529	-37,35 A(-20,7 kW)
9	-10,486	389,514	2,621*	-37,35 A(-20,7 kW)
10	-5,483	394,517	1,371	-37,35 A(-20,7 kW)
11	-3,604	396,396	0,901	-37,35 A(-20,7 kW)
12	-4,528	395,472	1,132	-37,35 A(-20,7 kW)
13	-5,298	394,702	1,325	-37,35 A(-20,7 kW)
15	-6,128	393,872	1,532	-37,35 A(-20,7 kW)
16	-6,769	393,231	1,692	0 A(0 kW)
17	-7,231	392,769	1,808	-37,35 A(-20,7 kW)
18	-7,539	392,461	1,885	-37,35 A(-20,7 kW)
19	-7,693	392,307	1,923	-37,35 A(-20,7 kW)
20	-5,513	394,487	1,378	-37,35 A(-20,7 kW)

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

Resultados Cortocircuito:

Linea Nudo Nudo IpccI P de C IpccF tmcicc tficc In;Curvas

	Orig.	Dest.	(kA)	(kA)	(A)	(sg)	(sg)		
1	1	2	34,64	50	12.674,51	28,51	0,778	630	
2	2	3	25,45	35	6.306,0320		250; B		
3	3	4	12,66		4.034,7	48,85			
4	4	5	8,1		2.947,9191,51				
5	5	6	5,92		2.318,22147,98				
6	6	7	4,66		2.198,89164,47				
7	7	8	4,42		1.822,9	239,32			
8	8	9	3,66		1.559,29327,07				
9	2	10	25,45	35	1.246,4114,22		38; B,C,D		
10	2	11	25,45	35	9.128,9354,96		400; B		
11	11	12	18,33		6.935,7895,22				
12	12	13	13,93		5.539,32149,28				
13	13	15	11,12		4.333,66243,9				
14	15	16	8,7		3.530,51367,49				
15	16	17	7,09		3.111,62473,09				
16	17	18	6,25		2.780,45592,5				
17	18	19	5,58		2.512,33725,72				
18	2	20	25,45	35	1.234,9614,48		38; B,C,D		

MEDICION DEL PROYECTO

Red Baja Tensión 1

MEDICION DE CABLES

Sección(mm ²)	Metal	Design	Polaridad	Total(m)	Pu(Euros)	Ptotal(Euros)
50	Al	XLPE 0.6/1 kV	Unipolar	804		
95	Al	XLPE 0.6/1 kV	Unipolar	940		
150	Al	XLPE 0.6/1 kV	Unipolar	5.031		
240	Al	XLPE 0.6/1 kV	Unipolar	6.633		

MEDICION DE TUBOS.

Diámetro interior(mm)	Total metros	Pu(Euros)	Ptotal(Euros)
140	201		
180	940		
225	2.211		

MEDICION DE PROTECCIONES.

Descripción	Intens(A)	Cantidad	Pu(Euros)	Ptotal(Euros)
I.Aut.Tetrap.	38	2		
I.Aut.Tetrap.	250	1		

I.Aut.Tetrap. 400	1
Fusibles 630	4

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos (NO cortocircuito)

Linea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal / Xu(mΩ/m)	Canal./Aislam/Polar.	I. Cálculo (A)	In/Ireg (A)	In/Sens.Dif (A/mA)	Sección (mm2)	I. Admisi.(A)/ Fc	D.ext.t (mm)
1	1	2	82	Al	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp.	560,23		2(3x240/150)	688/0,8	2(225)	
2	2	3	75	Al	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp.	224,09			3x185/95	300/0,8	180
3	3	4	75	Al	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp.	186,74			3x185/95	300/0,8	180
4	4	5	75	Al	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp.	149,39			3x150/95	264/0,8	180
5	5	6	75	Al	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp.	112,05			3x150/95	264/0,8	180
6	6	7	19	Al	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp.	74,7			3x120/70	236/0,8	160
7	7	8	76	Al	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp.	74,7			3x120/70	236/0,8	160
8	8	9	75	Al	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp.	37,35			3x70/50	176/0,8	140
9	2	10	100	Al	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp.	37,35			4x50	144/0,8	140
10	2	11	75	Al	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp.	261,44		2(3x150/95)	528/0,8	2(180)	
11	11	12	75	Al	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp.	224,09		2(3x150/95)	528/0,8	2(180)	
12	12	13	75	Al	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp.	186,74			3x240/150	344/0,8	225
13	13	14	23	Al	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp.	149,39			3x240/150	344/0,8	225
14	14	15	79	Al	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp.	149,39			3x240/150	344/0,8	225
15	15	16	104	Al	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp.	112,05			3x185/95	300/0,8	180
16	16	17	75	Al	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp.	112,05			3x185/95	300/0,8	180
17	17	18	75	Al	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp.	74,7			3x185/95	300/0,8	180
18	18	19	75	Al	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp.	37,35			3x120/70	236/0,8	160
19	2	20	101	Al	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp.	37,35			4x50	144/0,8	140

Nudo C.d.t.(V) Tensión Nudo(V) C.d.t.(%) Carga Nudo

1	0	400	0	560,227(310,5 kW)
2	-3,789	396,211	0,947	0 A(0 kW)
3	-7,385	392,615	1,846	-37,35 A(-20,7 kW)
4	-10,382	389,618	2,596	-37,35 A(-20,7 kW)
5	-13,34	386,66	3,335	-37,35 A(-20,7 kW)
6	-15,557	384,443	3,889	-37,35 A(-20,7 kW)
7	-16,026	383,974	4,006	0 A(0 kW)
8	-17,899	382,101	4,475	-37,35 A(-20,7 kW)
9	-19,483	380,517	4,871	-37,35 A(-20,7 kW)
10	-6,746	393,254	1,686	-37,35 A(-20,7 kW)
11	-6,376	393,624	1,594	-37,35 A(-20,7 kW)
12	-8,594	391,406	2,149	-37,35 A(-20,7 kW)
13	-10,904	389,096	2,726	-37,35 A(-20,7 kW)
15	-13,393	386,607	3,348	-37,35 A(-20,7 kW)
16	-15,887	384,113	3,972	0 A(0 kW)
17	-17,685	382,315	4,421	-37,35 A(-20,7 kW)
18	-18,884	381,116	4,721	-37,35 A(-20,7 kW)
19	-19,808	380,192	4,952*	-37,35 A(-20,7 kW)
20	-6,776	393,224	1,694	-37,35 A(-20,7 kW)

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

MEDICION DEL PROYECTO

Red Baja Tensión 1

MEDICION DE CABLES

Sección(mm ²)	Metal	Design	Polaridad	Total(m)	Pu(Euros)	Ptotal(Euros)
50	Al	XLPE 0.6/1 kV	Unipolar	879		
70	Al	XLPE 0.6/1 kV	Unipolar	395		
95	Al	XLPE 0.6/1 kV	Unipolar	854		
120	Al	XLPE 0.6/1 kV	Unipolar	510		
150	Al	XLPE 0.6/1 kV	Unipolar	1.690		
185	Al	XLPE 0.6/1 kV	Unipolar	1.212		
240	Al	XLPE 0.6/1 kV	Unipolar	1.020		

MEDICION DE TUBOS.

Diámetro interior(mm)	Total metros	Pu(Euros)	Ptotal(Euros)
140	276		
160	170		
180	854		
225	340		

Como vemos, en primer lugar DMelect justifica de qué manera se han llevado a cabo todos los cálculos de la instalación eléctrica, haciendo sólo una referencia a la normativa en el modo en que se calcula intensidad máxima admisible I_z . Esto supone una ventaja, pues salvo para el cálculo de la intensidad admisible I_z , el usuario no necesita estar al tanto de la normativa para saber de que forma se han llevado a cabo los cálculos, como por ejemplo ocurría con Procuno, que constantemente hace referencias a la normativa debido a que no justifica todas las formulas utilizadas ni en la memoria de cálculos ni en el manual de usuario. DMelect hace un resumen de formulas completo, tanto para los cálculos generales de intensidad en cada nudo y caída de tensión en cada rama, como para los cálculos de sobrecargas y cortocircuitos.

Una vez justificados los cálculos, podemos ver los resultados para los nudos y ramas, así como las condiciones generales para los que se han realizado dichos cálculos (Tensión, caída de tensión, factor de potencia, coeficiente de simultaneidad y temperatura de conductividad eléctrica). También incluye los resultados de las mediciones tanto para cables, tubos y protecciones. Se echa un poco en falta que el programa no genere cuadros resumen para los resultados para cada nudo y rama, pues de la forma en la que el programa vuelca los resultados da la impresión de desorden y apelmazamiento, restándole claridad a la memoria de cálculos.

2-) Memoria de cálculos de CYPE

1. Descripción de la red eléctrica

- Título: Cañadas de San Pedro
- Tipo: Trifásica
- Tensión compuesta: 400.0 V
- Tensión simple: 230.9 V
- Potencia cortocircuito: 350.0 MVA
- Factor de potencia (cos Ø): 0.80

2. Descripción de los materiales empleados

Los materiales utilizados para esta instalación son:

BT XLPE 0.6/1 Uni AI Enterr.

Descripción	Secc mm2	Resist Ohm/Km	React Ohm/Km	I.adm. A
3x50	50.0	0.641	0.000	144.0
3x70	70.0	0.443	0.000	176.0
3x95	95.0	0.320	0.000	205.0
3x150	150.0	0.206	0.000	264.0
3x240	240.0	0.125	0.000	344.0

La sección a utilizar se calculará partiendo de la potencia simultánea que ha de transportar el cable, calculando la intensidad correspondiente y eligiendo el cable adecuado con los valores de intensidad máxima admisible en función del tipo de instalación.

3. Formulación

En corriente alterna trifásica, la formulación utilizada es la que sigue:

$$I = \frac{P}{3^{1/2} \cdot U_n \cdot \cos \varnothing}$$

$$c.d.t. = 3^{1/2} \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos \varnothing + X \cdot \sin \varnothing)$$

$$p.p. = 3 \cdot R \cdot L \cdot I^2$$

donde:

- ⇒ I es la intensidad en A
- ⇒ c.d.t. es la caída de tensión en V
- ⇒ p.p. es la pérdida de potencia en W

4. Resultados

4.1 Listado de nudos

Combinación: Combinación 1

Nudo	Pot.dem. kW	Intens. A	Tensión V	Caída %	Coment.
CT1	20.70	37.35	393.14	1.715	
CT2	20.70	37.35	390.70	2.326	
CT3	20.70	37.35	388.77	2.808	
CT4	20.70	37.35	386.37	3.407	
CT5	20.70	37.35	383.21	4.196	
CT6	20.70	37.35	380.73	4.818	Caída máx.

CT7	20.70	37.35	392.70	1.824	
CT8	20.70	37.35	394.34	1.415	
CT9	20.70	37.35	392.88	1.780	
CT10	20.70	37.35	390.46	2.384	
CT11	20.70	37.35	387.81	3.047	
CT12	20.70	37.35	384.37	3.908	
CT13	20.70	37.35	382.75	4.312	
CT14	20.70	37.35	381.06	4.734	
CT15	20.70	37.35	392.67	1.832	
N2		---	396.04	0.991	
SG1	---	-560.21	400.00	0.000	Caída mín.

4.2 Listado de tramos

Valores negativos en intensidades indican que el sentido de circulación es de nudo final a nudo de inicio.

Combinación: Combinación 1

Inicio	Final	Longitud m	Sección mm2	Int.adm. A	Intens. A	Caída %	Périd. kW	Coment.
CT1	CT2	75.51	3x240	344.00	186.74	0.611	0.987	
CT1	N2	74.66	3x240	344.00	-224.08	0.724	1.406	
CT2	CT3	74.65	3x185	344.00	149.39	0.483	0.625	
CT3	CT4	74.83	3x150	264.00	112.04	0.598	0.581	
CT4	N7	19.16	3x95	205.00	74.69	0.159	0.103	
CT5	CT6	74.95	3x50	144.00	37.35	0.622	0.201	
CT5	N7	76.20	3x95	205.00	-74.69	0.631	0.408	
CT7	N2	100.48	3x50	144.00	-37.35	0.833	0.270	l.mín.
CT8	CT9	75.22	2x(3x240)	2x344.00 = 688.00	224.08	0.365	0.708	
CT8	N2	75.06	2x(3x150)	2x344.00 = 688.00	-261.43	0.425	0.962	
CT9	CT10	74.70	3x240	344.00	186.74	0.604	0.977	
CT10	N14	23.03	3x240	344.00	149.39	0.149	0.193	
CT11	N14	79.40	3x240	344.00	-149.39	0.514	0.665	
CT11	N16	102.68	3x240	344.00	112.04	0.498	0.483	
CT12	CT13	75.80	3x150	264.00	74.69	0.404	0.261	
CT12	N16	74.68	3x240	344.00	-112.04	0.362	0.352	
CT13	CT14	73.77	3x70	176.00	37.35	0.423	0.137	
CT15	N2	101.50	3x50	144.00	-37.35	0.842	0.272	
N2	SG1	81.67	2x(3x240)	2x344.00 = 688.00	-560.21	0.991	4.806	l.máx.

5. Envoltente

Se indican los máximos de los valores absolutos.

Envoltente de máximos

Inicio	Final	Longitud m	Sección mm2	I.adm. A	Intens. A	Périd. kW
CT1	CT2	75.51	3x240	344.00	186.74	0.99
CT1	N2	74.66	3x240	344.00	224.08	1.41
CT2	CT3	74.65	3x185	344.00	149.39	0.62
CT3	CT4	74.83	3x150	264.00	112.04	0.58
CT4	N7	19.16	3x95	205.00	74.69	0.10
CT5	CT6	74.95	3x50	144.00	37.35	0.20
CT5	N7	76.20	3x95	205.00	74.69	0.41

CT7	N2	100.48	3x50	144.00	37.35	0.27
CT8	CT9	75.22	2x(3x240)	688.00	224.08	0.71
CT8	N2	75.06	2x(3x150)	688.00	261.43	0.96
CT9	CT10	74.70	3x240	344.00	186.74	0.98
CT10	N14	23.03	3x240	344.00	149.39	0.19
CT11	N14	79.40	3x240	344.00	149.39	0.66
CT11	N16	102.68	3x240	344.00	112.04	0.48
CT12	CT13	75.80	3x150	264.00	74.69	0.26
CT12	N16	74.68	3x240	344.00	112.04	0.35
CT13	CT14	73.77	3x70	176.00	37.35	0.14
CT15	N2	101.50	3x50	144.00	37.35	0.27
	N2	81.67	2x(3x240)	688.00	560.21	4.81

Se indican los mínimos de los valores absolutos.

Envolvente de mínimos

Inicio	Final	Longitud m	Sección mm ²	I.adm. A	Intens. A	Périd. kW
CT1	CT2	75.51	3x240	344.00	186.74	0.99
CT1	N2	74.66	3x240	344.00	224.08	1.41
CT2	CT3	74.65	3x185	304.00	149.39	0.62
CT3	CT4	74.83	3x150	264.00	112.04	0.58
CT4	N7	19.16	3x95	205.00	74.69	0.10
CT5	CT6	74.95	3x50	144.00	37.35	0.20
CT5	N7	76.20	3x95	205.00	74.69	0.41
CT7	N2	100.48	3x50	144.00	37.35	0.27
CT8	CT9	75.22	2x(3x240)	688.00	224.08	0.71
CT8	N2	75.06	2x(3x150)	528.00	261.43	0.96
CT9	CT10	74.70	3x240	344.00	186.74	0.98
CT10	N14	23.03	3x240	344.00	149.39	0.19
CT11	N14	79.40	3x240	344.00	149.39	0.66
CT11	N16	102.68	3x240	344.00	112.04	0.48
CT12	CT13	75.80	3x150	264.00	74.69	0.26
CT12	N16	74.68	3x240	344.00	112.04	0.35
CT13	CT14	73.77	3x70	176.00	37.35	0.14
CT15	N2	101.50	3x50	144.00	37.35	0.27
	N2	81.67	2x(3x240)	688.00	560.21	4.81

6. Condición de cortocircuito

Para el cálculo de las corrientes de cortocircuito en redes ramificadas, se consideran dos condiciones:

- ⇒ Intensidad de cortocircuito mínima. Para cada uno de los ramales nacidos del suministro principal, se determina el trayecto que provoca la intensidad de cortocircuito de menor valor, originada por un cortocircuito en el nudo más alejado del ramal.
- ⇒ Intensidad de cortocircuito máxima. Se calcula la máxima intensidad de cortocircuito que debe soportar cada tramo, considerando que el cortocircuito se produce justo en el nudo perteneciente al tramo más cercano a la fuente de alimentación. El cálculo de intensidad tiene en cuenta únicamente las características de los tramos anteriores a dicho nudo.

Combinación: Combinación 1

Intensidades mínimas de cortocircuito (ramales de salida del suministro)

Inicio	Final	Nudo cortoc.	Int.cortocircuito kA	Int.cc.por conductor kA
SG1	N2	CT6	1.77	0.88

Intensidades máximas de cortocircuito (en cada tramo)

Inicio	Final	Sección mm2	Int.cortocircuito kA	Int.cc.por conductor kA	Coef.tiempo cortocir. s
CT1	CT2	3x240	11.61	11.61	3.81
CT1	N2	3x240	18.76	18.76	1.46
CT2	CT3	3x185	8.07	8.07	7.90
CT3	CT4	3x150	6.14	6.14	5.32
CT4	N7	3x95	4.38	4.38	4.19
CT5	CT6	3x50	2.78	2.78	2.88
CT5	N7	3x95	3.93	3.93	5.21
CT7	N2	3x50	18.76	18.76	0.06
CT8	CT9	2x(3x240)	14.54	7.27	2.43
CT8	N2	2x(3x150)	18.76	9.38	1.46
CT9	CT10	3x240	11.58	11.58	3.83
CT10	N14	3x240	8.08	8.08	7.88
CT11	N14	3x240	7.37	7.37	9.47
CT11	N16	3x240	5.64	5.64	16.16
CT12	CT13	3x150	3.68	3.68	14.83
CT12	N16	3x240	4.31	4.31	27.63
CT13	CT14	3x70	2.95	2.95	5.02
CT15	N2	3x50	18.76	18.76	0.06
N2	SG1	2x(3x240)	24.11	12.06	0.88

Datos de los transformadores

Trafo	Potencia trafo kVA	Tensión de primario V	Urcc (Rcc) % (mOhm)	Uxcc (Xcc) % (mOhm)	Ucc (Zcc) % (mOhm)
SG1	630.000	20000	1.30 (3.30)	3.54 (8.99)	3.77 (9.58)

Cortocircuitos en los transformadores

Trafo	Icc (Primario) kA	Icc (Secundario) Scc,p = infinito kA	Icc (Secundario) Scc,p = 350.0MVA kA
SG1	Icc,perm = 10.10 x2.5 (I.máx.) = 25.26	Icc,perm = 24.11 x2.5 (I.máx.) = 60.28	Icc,perm = 23.01 x2.5 (I.máx.) = 57.54

Terminología

Tramo: Conducción entre dos nudos de cualquier tipo.

Ramal: En redes ramificadas, serie de tramos nacidos en un nudo de aporte hasta un nudo de consumo.

7. Medición

A continuación se detallan las longitudes totales de los materiales utilizados en la instalación.

BT XLPE 0.6/1 Uni Al Enterr.

Descripción	Longitud
3x50	276.94
3x70	73.77
3x95	95.36
3x150	150.63
3x185	74.65
3x240	1043,23

8. Medición excavación

Los volúmenes de tierra removidos para la ejecución de la obra son:

Descripción	Vol. excavado m3	Vol. arenas m3	Vol. zahorras m3
Terrenos cohesivos	0.00	0.00	0.00
Total	0.00	0.00	0.00

Como vemos, la memoria de cálculos generada por CYPE es la más clara y ordenada de los tres programas. En primer lugar destacar la gran cantidad de cuadros resumen: Incluye un cuadro resumen de los materiales empleados, de los resultados para los nudos y ramas, de los envolventes (en este caso los cuadros de máximos y mínimos son los mismos pues no hemos hecho ninguna combinación de hipótesis), de los resultados de cortocircuito y de la medición de los materiales y la excavación. Vemos que cada cálculo realizado por el programa lleva asociado un cuadro resumen, lo que da una gran sensación de claridad y orden.

Por el contrario se echa un poco en falta que no venga justificado las fórmulas empleadas para el cálculo de cortocircuitos. Eso si, al menos el uso de estas fórmulas vienen justificadas en el manual de usuario cosa que por ejemplo Procuno no hace. Además como ya comenté tampoco aparecen los resultados de cálculo de las secciones y las protecciones necesarias para que la línea esté protegida frente a sobrecargas y cortocircuitos, pues el programa simplemente no las calcula. Tampoco hace ninguna referencia a la normativa empleada para el cálculo de la intensidad admisible I_z , lo que si el usuario no conoce la normativa no sabe de qué manera se ha realizado dicho cálculo.

3-) Memoria de cálculos de Procuno

PROYECTO DE ELECTRICIDAD

1.- MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1.- EXPEDIENTE

Referencia:
Descripción:
Fecha:
Dirección:
Localidad:
Proyectado por:

1.2.- AUTOR DEL ENCARGO

Propietario:
CIF:
Dirección:

Localidad:
Código postal:

2.- MEMORIA JUSTIFICATIVA

2.1.- POTENCIAS

Calcularemos la potencia real de un tramo sumando la potencia instalada de los receptores que alimenta, y aplicando la simultaneidad adecuada y los coeficientes impuestos por el **REBT**. Entre estos últimos cabe destacar:

- Factor de **1'8** a aplicar en tramos que alimentan a puntos de luz con lámparas o tubos de descarga. (Instrucción **ITC-BT-09**, apartado 3 e Instrucción **ITC-BT 44**, apartado 3.1 del **REBT**).
- Factor de **1'25** a aplicar en tramos que alimentan a uno o varios motores, y que afecta a la potencia del mayor de ellos. (Instrucción **ITC-BT-47**, apartado. 3 del **REBT**).

2.2.- INTENSIDADES

Determinaremos la intensidad por aplicación de las siguientes expresiones:

- *Distribución monofásica:*

$$I = \frac{P}{V \cdot \text{Cos}\varphi}$$

Siendo:

V = Tensión (V)
P = Potencia (W)
I = Intensidad de corriente (A)
Cos φ = Factor de potencia

- *Distribución trifásica:*

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \text{Cos}\varphi}$$

Siendo:

V = Tensión entre hilos activos.

2.3.- SECCIÓN

Para determinar la sección de los cables utilizaremos tres métodos de cálculo distintos:

- Calentamiento.
- Limitación de la caída de tensión en la instalación (momentos eléctricos).
- Limitación de la caída de tensión en cada tramo.

Adoptaremos la sección nominal más desfavorable de las tres resultantes, tomando como valores mínimos **1,50 mm²** para alumbrado y **2,50 mm²** para fuerza.

2.3.1.- CÁLCULO DE LA SECCIÓN POR CALENTAMIENTO

Aplicaremos para el cálculo por calentamiento lo expuesto en la norma **UNE 20.460-94/5-523**. La intensidad máxima que debe circular por un cable para que éste no se deteriore viene marcada por las tablas **52-C1** a **52-C14**, y **52-N1**. En función del método de instalación adoptado de la tabla **52-B2**, determinaremos el método de referencia según **52-B1**, que en función del tipo de cable nos indicará la tabla de intensidades máximas que hemos de utilizar.

La intensidad máxima admisible se ve afectada por una serie de factores como son la temperatura ambiente, la agrupación de varios cables, la exposición al sol, etc. que generalmente reducen su valor. Hallaremos el factor por temperatura ambiente a partir de las tablas **52-D1** y **52-N2**. El factor por agrupamiento, de las tablas **52-E1**, **52-N3**, **52-N4 A** y **52-N4 B**. Si el cable está expuesto al sol, o bien, se trata de un cable con aislamiento mineral, desnudo y accesible, aplicaremos directamente un **0,9**. Si se trata de una instalación enterrada bajo tubo, aplicaremos un **0,8** a los valores de la tabla **52-N1**.

Para el cálculo de la sección, dividiremos la intensidad de cálculo por el producto de todos los factores correctores, y buscaremos en la tabla la sección correspondiente para el valor resultante. Para determinar la intensidad máxima admisible del cable, buscaremos en la misma tabla la intensidad para la sección adoptada, y la multiplicaremos por el producto de los factores correctores.

2.3.2.- MÉTODO DE LOS MOMENTOS ELÉCTRICOS

Este método nos permitirá limitar la caída de tensión en toda la instalación a **4,50%** para alumbrado y **5,00%** para fuerza. Para ejecutarlo, utilizaremos las siguientes fórmulas:

- *Distribución monofásica:*

$$S = \frac{2 \cdot \lambda}{K \cdot e \cdot U_n}; \quad \lambda = \sum (L_i \cdot P_i)$$

Siendo:

S = Sección del cable (mm²)

λ = Longitud virtual.

e = Caída de tensión (V)

K = Conductividad.

L_i = Longitud desde el tramo hasta el receptor (m)

P_i = Potencia consumida por el receptor (W)

U_n = Tensión entre fase y neutro (V)

- *Distribución trifásica:*

$$S = \frac{\lambda}{K \cdot e \cdot U_n}; \quad \lambda = \sum (L_i \cdot P_i)$$

Siendo:

$$U_n = \text{Tensión entre fases (V)}$$

2.4.- CAÍDA DE TENSIÓN

Una vez determinada la sección, calcularemos la caída de tensión en el tramo aplicando las siguientes fórmulas:

- *Distribución monofásica:*

$$e = \frac{2 \cdot P \cdot L}{K \cdot S \cdot U_n}$$

Siendo:

- e = Caída de tensión (V)
- S = Sección del cable (mm²)
- K = Conductividad
- L = Longitud del tramo (m)
- P = Potencia de cálculo (W)
- U_n = Tensión entre fase y neutro (V)

- *Distribución trifásica:*

$$e = \frac{P \cdot L}{K \cdot S \cdot U_n}$$

Siendo:

- U_n = Tensión entre fases (V)

3.- MÉTODOS DE INSTALACIÓN EMPLEADOS

Referencia	XLPE 0,6/1 kV Al Tensados con fiador de acero
Tipo de instalación (UNE 20.460 Parte 5-523)	[Ref 82] Cables uni o multiconductores aislados instalados en tubos enterrados. Resistividad térmica del terreno = 1 K·m/W. Profundidad de los cables = 0,70m. Un cable por tubo.
Disposición	En caso de más de un circuito, la distancia entre tubos es nula
Temperatura ambiente (°C)	20
Exposición al sol	No
Tipo de cable	unipolar
Material de aislamiento	XLPE (Polietileno reticulado)
Tensión de aislamiento (V)	0,6/1 kV
Material conductor	Al
Conductividad (Ω·mm ²)/m	35,00
Tabla de intensidades máximas para 2 conductores	4, ITC-BT-07
Tabla de intensidades máximas para 3 conductores	4, ITC-BT-07
Tabla de tamaño de los tubos	
Listado de las líneas de la instalación que utilizan este	1. 2.

método	3.
	4.
	5.
	6.
	7.
	8.
	9.
	19.
	10.
	11.
	12.
	13.
	14.
	15.
	16.
	17.
	18.

4.- DEMANDA DE POTENCIA

- RESUMEN

Potencia instalada: Consideramos la potencia instalada como la suma de los consumos de todos los receptores de la instalación. En este caso, y según desglose detallado, asciende a **310,50 kW**.

Potencia de cálculo: Se trata de la máxima carga prevista para la que se dimensionan los conductores, y se obtiene aplicando los factores indicados por el **REBT**, así como la simultaneidad o reserva estimada para cada caso. Para la instalación objeto de proyecto, resulta una potencia de cálculo de **310,50 kW**.

Potencia a contratar: Se elige la potencia normalizada por la compañía suministradora superior y más próxima a la potencia de cálculo. Dadas estas condiciones, seleccionamos una potencia a contratar de **310,50 kW**.

- DESGLOSE NIVEL 0

Acometida

<u>Fuerza</u>	
- 1	20.700,00 w
- 2	20.700,00 w
- 3	20.700,00 w
- 4	20.700,00 w
- 6	20.700,00 w
- 5	20.700,00 w
- 7	20.700,00 w
- 15	20.700,00 w
- 8	20.700,00 w

- 9	20.700,00 w
- 10	20.700,00 w
- 12	20.700,00 w
- 14	20.700,00 w
- 13	20.700,00 w
- 11	20.700,00 w
Total	310.500,00 w

Resumen

- Fuerza	310.500,00 w
Total	310.500,00 w

5.- CUADROS RESUMEN POR CIRCUITOS (CORTOCIRCUITO)

FU									
Circuito	Método de Instalación	Ltot	Lcdt	Un	Pcal	In	Imax	Sección	Cdt
1	XLPE 0,6/1 kV Al Tensados con fiador de acero	82,59	82,59	400	310.500	186,7 4	275,2	3×(3×240/120)mm²Al	0,4897

IA									
Circuito	Método de Instalación	Ltot	Lcdt	Un	Pcal	In	Imax	Sección	Cdt
10	XLPE 0,6/1 kV Al Tensados con fiador de acero	643,50	643,50	400	144.900	87,14	164,0	3×(3×240/120)mm²Al	4,5061

IA									
Circuito	Método de Instalación	Ltot	Lcdt	Un	Pcal	In	Imax	Sección	Cdt
19	XLPE 0,6/1 kV Al Tensados con fiador de acero	99,21	99,21	400	20.700	37,35	144,0	(4×50)mm²Al	1,1492

IA									
Circuito	Método de Instalación	Ltot	Lcdt	Un	Pcal	In	Imax	Sección	Cdt
9	XLPE 0,6/1 kV Al Tensados con fiador de acero	100,59	100,59	400	20.700	37,35	144,0	(4×50)mm²Al	1,1446

IA									
Circuito	Método de Instalación	Ltot	Lcdt	Un	Pcal	In	Imax	Sección	Cdt
2	XLPE 0,6/1 kV Al Tensados con fiador de acero	458,66	458,66	400	124.200	112,0	182,4	2×(3×150/120)mm²Al	4,3281

Donde:

- Ltot = Longitud total del circuito, en metros.
- Lcdt = Longitud hasta el receptor con la caída de tensión más desfavorable, en metros.
- Un = Tensión de línea, en voltios.
- Pcal = Potencia de cálculo, en vatios.
- In = Intensidad de cálculo, en amperios.
- Imáx = Intensidad máxima admisible, en amperios.
- Sección = Sección elegida.
- Cdt = Caída de tensión acumulada en el receptor más desfavorable (%).

6.- CUADROS RESUMEN POR TRAMOS (NO cortocircuito)

Acometida						
Tramo	L	Un	Pcal	In	Sadp	CdtAc
1	82,59	400	310.500	186,74	2x240,0	0,9669
2	74,86	400	124.200	112,04	185,0	1,9582
3	76,05	400	103.500	93,37	185,0	2,485
4	74,89	400	82.800	74,69	185,0	3,0132
5	75,39	400	62.100	56,02	185,0	3,5873
6	18,68	400	41.400	37,35	120,0	3,7890
7	76,08	400	41.400	37,35	120,0	4,2021
8	74,71	400	20.700	18,67	70,0	4,5987
9	100,59	400	20.700	37,35	50,0	1,7362
19	99,21	400	20.700	37,35	50,0	1,7590
10	75,22	400	144.900	87,14	2x150,0	1,6782
11	75,36	400	124.200	74,69	2x150,0	2,2548
12	74,90	400	103.500	62,25	2x150,0	2,5845
13	22,96	400	82.800	49,80	240,0	2,8792
14	78,05	400	82.800	49,80	240,0	3,2850
15	104,13	400	62.100	37,35	240,0	3,6548
16	75,32	400	62.100	37,35	185,0	4,1830
17	74,56	400	41.400	24,90	185,0	4,4562
18	75,00	400	20.700	12,45	120,0	4,7012

Donde:
 L = Longitud del tramo, en metros.
 Un = Tensión de línea, en voltios.
 Pcal = Potencia de cálculo, en vatios.
 In = Intensidad de cálculo, en amperios.
 Sadp = Sección adoptada, en mm².
 CdtAc = Caída de tensión acumulada, en porcentaje (%).

7.- CUADROS RESUMEN DE PROTECCIONES

Acometida						
Dispositivo	Nº polos	In	U	Ir	Is	Pc
FU	IV	630	400			50
IA	IV	250	400	227	30	16
IA	IV	63	400	38	30	16
IA	IV	63	400	38	30	16
IA	IV	320	400	265	30	16

Donde:
 Nº polos = Número de polos.
 In = Calibre, en amperios.
 U = Tensión, en voltios.
 Ir = Intensidad de regulación, en amperios.
 Is = Sensibilidad, en miliamperios.
 Pc = Poder de corte, en kiloamperios.

8.- LISTADO DE MATERIALES

Ud	Concepto	Medición
m	Cable unipolar XLPE 0,6/1 kV Al de 240mm ²	572,35
m	Cable unipolar XLPE 0,6/1 kV Al de 120mm ²	190,78
m	Cable unipolar XLPE 0,6/1 kV Al de 95mm ²	2.754,75
m	Cable unipolar XLPE 0,6/1 kV Al de 50mm ²	6.599,77
m	Cable unipolar XLPE 0,6/1 kV Al de 70mm ²	2.747,96
ud	Punto terminal (20700w, f.p.0,80)	15,00
ud	Fusible (General, IV polos, 630 A, 400 V, 50 kA)	1,00
ud	Automático (General, IV polos, 250 A, 400 V, 30 mA, 16 kA)	1,00
ud	Automático (General, IV polos, 63 A, 400 V, 30 mA, 16 kA)	2,00
ud	Automático (General, IV polos, 320 A, 400 V, 30 mA, 16 kA)	1,00
ud	Acometida (1)	1,00
ud	Transformador (2)	1,00

Vemos que la memoria de Procuno es la más completa de todas, pues aunque el programa no hace una medición de la excavación como hace CYPE, sí incluye información que no incluye CYPE o DMelect, como la información referente al método de instalación empleado o incluye un resumen demanda de potencia. También los cuadros resumen son más completos que los generados por CYPE. Además hace continuamente referencias a la normativa aplicada, cosa que es de agradecer para alguien que la desconozca. Por otro lado, es también una memoria muy clara y ordenada pues incluye cuadros resumen de todos los cálculos realizados: método de instalación empleado, resultados de nudos ramas, cuadro resumen de protección y resultados de la medición (sin incluir una medición de la excavación pues el programa no calcula esto). Quizás lo que hace que no sea tan clara esta memoria como la de CYPE es que al incluir tanta información en los cuadros resumen de los resultados para los nudos, ramas y protecciones, hace que tenga que recurrir a una leyenda para saber que es cada cosa, lo que le resta un poco de claridad.

Por contra, al igual que CYPE, esta memoria no justifica el modo en que se han realizado la totalidad de los cálculos y lo peor es que dichos cálculos tampoco viene justificados en el manual de usuario. Aun así, podemos decir que la memoria de cálculos generada por Procuno es la más completa de las tres, pues es la que más información incluye y la que hace más referencias a la normativa empleada para el cálculo de la instalación eléctrica.

4-) Comparativa de resultados

Como ya dije la única forma que tenemos de comparar resultados es no calculando la sección frente a sobretensiones, pues como sabemos CYPE no calcula esto, luego las secciones que voy a dar a continuación NO están calculadas frente a sobretensiones. Dicho esto los resultados obtenidos son:

Secciones (mm²)

Tramos	DMelect	CYPE	Procuno
1	2x(3x240)	2x(3x240)	2x(3x240)
2	3x185	3x240	3x185
3	3x185	3x240	3x185
4	3x150	3x185	3x185
5	3x150	3x150	3x185
6	3x120	3x95	3x120
7	3x120	3x95	3x120
8	3x70	3x50	3x70
9	3x50	3x50	3x50
10	2x(3x150)	2x(3x240)	2x(3x150)
11	2x(3x150)	2x(3x150)	2x(3x150)
12	3x240	3x240	2x(3x150)
13	3x240	3x240	3x240
14	3x240	3x240	3x240
15	3x185	3x240	3x240
16	3x185	3x240	3x185
17	3x185	3x150	3x185
18	3x120	3x70	3x120
19	3x50	3x50	3x50

Tabla 1: Resultados del cálculo de secciones

Caída de tensión (%)

Nudos	DMelect	CYPE	Procuno
1	0	0	0
2	0,947	0,991	0,9669
3	1,846	1,715	1,9582
4	2,596	2,326	2,485
5	3,335	2,808	3,0132
6	3,889	3,407	3,5873
7	4,006	--	3,7890
8	4,475	4,196	4,2021
9	4,871	4,818	4,5987
10	1,686	1,824	1,7362
11	1,594	1,415	1,6782

12	2,149	1,780	2,2548
13	2,726	2,384	2,5845
14	3,008	--	2,8792
15	3,348	3,047	3,2850
16	3,972	--	3,6548
17	4,421	3,908	4,1830
18	4,721	4,312	4,4562
19	4,952	4,734	4,7012
20	1,694	1,832	1,7590

Tabla 2: Resultados del cálculo de caídas de tensión

Viendo los resultados obtenidos vemos que:

1-) Las menores secciones nos las proporciona DMelect, tal y como era de esperar, pues vimos que a la hora de realizar los cálculos afinaba bastante pues era el único programa de los tres que consideraba la variación de la conductividad con la temperatura. Además de esto deducimos que la base de cálculos matricial mediante algoritmos de optimización en la que se basa DMelect no dicta tanto de la base de cálculos de CYPE mediante el método de elementos finitos discretizado. También observamos que la base de cálculo de Procuno es de fiar, la lastima es que el programa no la indica y he tenido que esperar a ver los resultados finales para cerciorarme de su fiabilidad.

2-) Viendo los resultados de las caídas de tensión deducimos el motivo que explica las diferencias de secciones entre los programas y el porqué DMelect afina un poco más que CYPE y Procuno. El hecho que DMelect tenga en cuenta la variación de la conductividad con la temperatura le permite ir más al límite a la hora de cumplir el criterio de máxima caída de tensión admisible. Como podemos observar en los resultados, con DMelect el nudo con mayor caída tiene un valor de 4,952 %, mientras que con CYPE y Procuno son 4,734 % y 4,7012 % respectivamente. Con todo, si comparamos los resultados del calculo de la sección frente a cortocircuito entre DMelect y Procuno donde el criterio de caída de tensión no es tan importante (vemos en la memoria de cálculos que lo valores máximos no superan el 3 % y el límite esta en un 5 %) y por tanto el factor de variación de resistencia con la temperatura no es importante, curiosamente se obtienen las mismas secciones con un programa y con otro.

3-) Por último, habría indicar los resultados obtenidos con CYPE y Procuno hubieran sido mejores que con DMelect si se hubieran fijado unas condiciones particulares para cada nudo y rama, pues como vemos sólo se han fijado unas condiciones globales para toda la obra de coeficiente de

utilización y factor de potencia. Lógicamente si por ejemplo hubiéramos definido unos coeficientes de potencia y de uso locales para cada nudo con CYPE y Procuno podríamos haber afinado más los cálculos que con DMelect, pues como sabemos DMelect sólo permite definir un factor de potencia y de uso global. Con CYPE aún podríamos ir más allá, pues como sabemos podemos particularizar la caída de tensión máxima admisible en un nudo. Esto lo cierto es que es un elemento especialmente útil, pues imaginemos que por ejemplo en el nudo 19 que es donde se acumula mayor caída de tensión, hubiéramos definido que allí la máxima caída de tensión podía ser del 6 %. Esto supondría que, dado que sino realizamos el cálculo a cortocircuito lo que más hace que aumente la sección es que se cumpla la condición de máxima caída de tensión, si damos más margen a esto la sección va a disminuir mucho en ese tramo y por tanto se puede afinar bastante más en los cálculos.

Por tanto, como vemos que CYPE afina más que Procuno, a la hora de elegir un programa para realizar los cálculos elegiría CYPE. Lo malo es que como ya sabemos, no calcula la línea para que esté protegida frente a sobreintensidades y lo normal es que siempre se haga este cálculo. En este caso, es preferible Procuno, pues aunque las secciones calculadas con DMelect y Procuno son las mismas, no debemos olvidar que los cálculos se han hecho definiendo unas condiciones globales y que con Procuno podemos particularizar condiciones como el factor de potencia y de utilización, y por tanto afinar más los cálculos de las secciones.

5-) Otras consideraciones y conclusión

Señalemos que DMelect, a diferencia de CYPE y Procuno genera una memoria descriptiva del proyecto completa, así como un pliego de condiciones, que adjunto con la memoria (ver apéndice 3), y que hace que en cuanto a nivel de resultados generados, DMelect sea el más completo de todos. Prácticamente con una memoria descriptiva, una memoria de cálculos, una medición, un pliego de condiciones y unos planos de la instalación ya tenemos resuelto nuestro proyecto. Con Procuno y CYPE que sólo generan una memoria de cálculos (incluyendo la medición del proyecto) y unos planos de la instalación, tenemos que recurrir a otros módulos de gestión de proyectos (incluidos dentro del paquete de programas ofertados por CYPE y Procuno como vimos en la descripción general de los mismos), independientes de los módulos de infraestructuras para completar nuestro proyecto.

Destacar lo completa que es la memoria descriptiva creada por DMelect, pues no solo incluye una descripción completa de la instalación

(Antecedentes, objeto del proyecto, reglamentación, emplazamiento, suministro de energía y previsión de demanda, trazado de la red eléctrica, sistemas de protección y equipos de medida, planos y conclusión), sino que además incluye un apartado de seguridad, higiene y salud en el trabajo con diversos apartados que hablan sobre prevención de riesgos laborales, así como de seguridad y salud en el trabajo. En la actualidad, el tema de prevención de riesgos laborales y seguridad en el trabajo está a la orden del día, de ahí lo útil que exista un apartado (por cierto bastante amplio) dedicado a este aspecto.

Además como vemos DMelect también genera un pliego de condiciones. Por un lado se establecen unas condiciones generales que determinan los requisitos a que se debe ajustar la ejecución de instalaciones para la distribución de energía eléctrica cuyas características técnicas estarán especificadas en el correspondiente Proyecto. Por el otro, se establecen condiciones Técnicas para la ejecución de Redes Subterráneas de Distribución en Baja Tensión que determinan las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de las obras de instalación de redes subterráneas de distribución. Un poco a modo de resumen se trata de un documento en el cual se describen de forma minuciosa las características constructivas y de ejecución de todas las instalaciones proyectadas, así como las responsabilidades que debe asumir cada una de las partes que interviene en la ejecución de la obra.

Por tanto podemos decir que aunque tal vez la memoria de cálculo de DMelect no sea tan completa, clara y ordenada como las de CYPE o Procuno, sí justifica la forma en la que se han llevado a cabo todos los cálculos de la obra. Si a esto le unimos que además genera una memoria descriptiva completa de la instalación, así como un pliego de condiciones, podemos decir que si duda DMelect es el programa más completo de los tres en cuanto a nivel de información aportada.

Sin embargo, en cuanto a nivel de cálculos, como ya comentamos, el más preciso es Procuno, pues aunque en el caso de que NO calculemos nuestra instalación frente a sobreintensidades CYPE afina un poco más que Procuno, lo normal es que la instalación esté calculada para que esté protegida frente a sobreintensidades y en este caso como vimos con DMelect y Procuno obtuvimos los mismos resultados, pero claro, con Procuno siempre podemos afinar más, pues podemos particularizar condiciones de nudos y ramas como el factor de potencia o factor de utilización.

4.2 - Resultados para el cálculo de la instalación de abastecimiento de agua -

De nuevo, los datos generales de la instalación, la mayoría de los cuales se contemplan en el plan parcial de nuestro polígono (ver apéndice 2), y comunes para los tres programas objeto de la comparativa son los siguientes:

- Consumo mínimo por hectárea: 2.2 l/s
- Velocidad máxima: 1.5 m/s
- Presión mínima: 10 m.c.a
- Consumo de hidrantes y bocas de riego: 8.33 l/s
- Separación máxima entre hidrantes: 200 m
- Material: PVC
- Coeficiente de pérdidas secundarias: 20%
- Coeficiente de simultaneidad: 1
- Superficie de las dos manzanas: 4.4 y 2.8 Ha respectivamente
- Parcela mínima: 600m²

Los consumos se han repartido en nudos de consumo de 1.1 l/s cada uno. Como las manzanas tienen respectivamente 4.4 Ha y 2.8 Ha, se le han asignado 8 y 6 nudos de consumos respectivamente lo que cubre el consumo mínimo por hectárea establecido por el plan parcial. La distancia entre hidrantes en ningún caso supera la máxima establecida por el plan parcial y que son 200 m.

Por otro lado veamos otros datos necesarios, dependiendo del tipo de programa que utilicemos:

- Velocidad mínima 0.5 m/s y presión máxima 50 m.c.a, datos utilizados únicamente por CYPE y Procuno, ya que estos a la hora de realizar los cálculos de los diámetros óptimos no sólo tienen en cuenta la limitación de velocidad máxima y presión mínima sino que además, siempre que sea posible intentan que se cumpla la condición de velocidad mínima y presión máxima.
- Viscosidad cinemática del fluido: 1.1×10^{-6} m²/s, dato necesario para DMelect y CYPE, pues es un valor que depende del tipo del fluido con el que trabajemos. Procuno toma por defecto 1.31×10^{-6} m²/s, que es la viscosidad cinemática del agua a 10°C. Por tanto en este aspecto tanto DMelect como CYPE son más completos que Procuno ya que gracias a que el usuario puede introducir un valor de viscosidad cinemática, podemos trabajar con distintos tipos de fluido

y además de elegir el valor de viscosidad cinemática en función de la temperatura, que no tiene porque ser de 10 °C.

- N° de Reynolds de transición: 2500, dato utilizado únicamente por CYPE, pues como vimos es el único programa que utiliza diferente formulación según sea el régimen del flujo laminar (formula de Poiseuille) o turbulento (Formula de Colebrook). Por lo tanto a la hora de hallar el coeficiente de fricción en tuberías y con él la pérdida de presión a lo largo de la tubería, el programa que será más preciso de los tres será CYPE. Como sabemos las perdidas de presión en régimen laminar son menores que en régimen turbulento. En este sentido se podría decir que tanto DMelect como Procuno son programas más conservadores ya que directamente consideran un flujo en régimen turbulento, utilizando directamente la formulación de Colebrook en el caso de Procuno y la formulación propia que tiene DMelect para el caculo de coeficiente de fricción en tuberías.

- Excavaciones: Tanto CYPE como Procuno tienen en cuenta el tipo de terrenos (suelos, cohesivos y roca). Sin embargo mientras Procuno toma una profundidad por defecto de 0.6 m para terrenos cohesivos, 0.8 para roca y 1 m para terrenos sueltos, CYPE permite como vimos, introducir la profundidad mínima de excavación y el espesor del firme lo que nos da mayor libertad a la hora de considerar la excavación.

- Tipo de formulación; Procuno tiene la posibilidad de elegir el tipo de formulación que queramos (Colebrook-White o Hazen-Williams) en función de que si lo que queremos es precisión en los cálculos o velocidad en los cálculos.

- Número máximo de iteraciones y precisión en los cálculos: Datos que se introducen sólo en el caso de que trabajemos con DMelect y Procuno y que permiten definir la precisión que queremos para los cálculos. Como siempre sino restamos precisión en los cálculos la velocidad de cálculo de la red de abastecimiento será mayor y viceversa.

- Por último, sino introducimos ningún coeficiente de perdidas secundarias porque no tenemos ni idea de que valor puede tener, Procuno, a diferencia de CYPE y DMelect, considera un coeficiente de perdidas secundarias por defecto (lo malo es que no justifica como lo hace) dependiendo del tipo de elemento que introduzcamos en la red.

A continuación vemos un detalle de la instalación de abastecimiento de agua, con una la numeración de nudos (en negro) y ramas (en azul), que se ha procurado en la medida de lo posible que sea común para los tres programas. Más detalladamente puede verse este esquema en los planos que adjunto con la memoria (ver apéndice 4). En ellos puede verse con detalle qué planos genera cada programa, así como la superficie parcelaria sobre la que se ha realizado el diseño de la instalación de abastecimiento de agua.

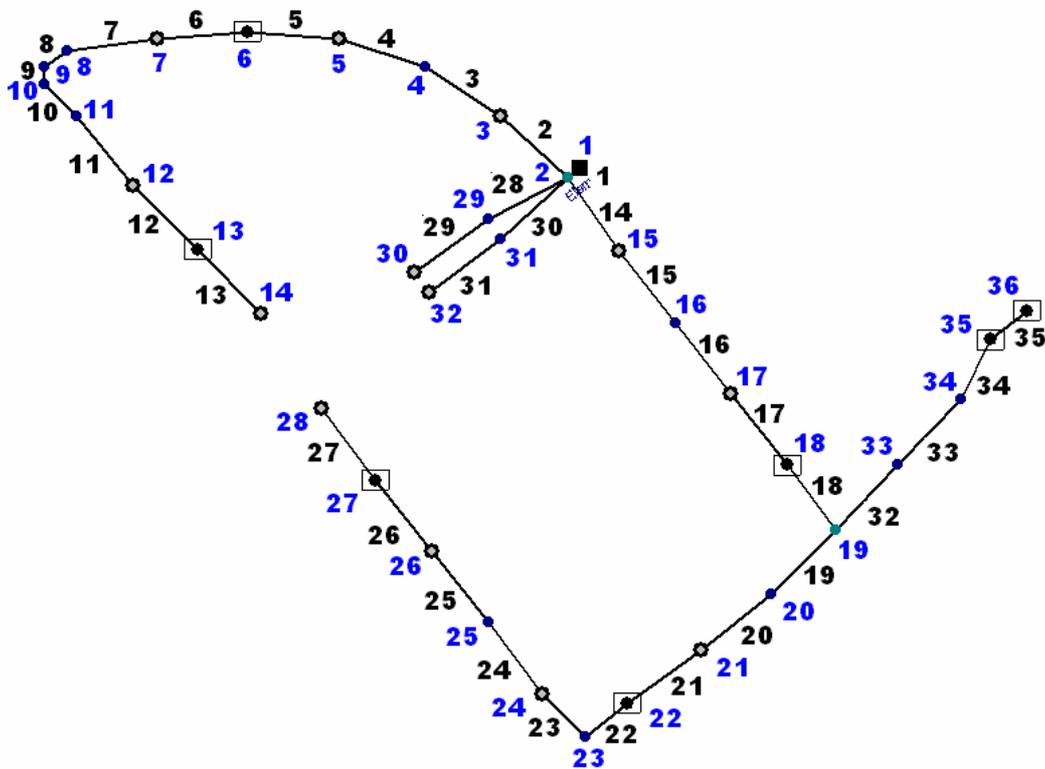


Fig. 1: Detalle de la instalación de abastecimiento y numeración de nudos y ramas.

Al igual que hicimos anteriormente con la instalación eléctrica, comenzaremos por comparar la memoria de cálculos de los tres programas para luego comentar las diferencias entre los resultados de unas y otras.

1-) Memoria de cálculos de DMelect

ANEXO DE CALCULOS

Fórmulas Generales

Emplearemos las siguientes:

$$H = Z + (P/\gamma) ; \gamma = \rho \times g ; H_1 = H_2 + h_r$$

Siendo:

- H = Altura piezométrica (mca).
- z = Cota (m).
- P/γ = Altura de presión (mca).
- γ = Peso específico fluido.
- ρ = Densidad fluido (kg/m^3).
- g = Aceleración gravedad. $9,81 \text{ m/s}^2$.
- h_f = Pérdidas de altura piezométrica, energía (mca).

a) Tuberías.

$$h_f = [(8 \times f \times L) / (\pi^2 \times g \times D^5)] \times Q^2$$

$$f = 0.25 / [1g_{10}(\epsilon / (3.7 \times D) + 5.74 / \text{Re}^{0.9})]^2$$

$$\text{Re} = 4 \times Q / (\pi \times D \times v)$$

b) Válvulas.

$$h_v = [(8 \times k) / (\pi^2 \times g \times D^4)] \times Q^2$$

c) Bombas-Grupos de presión.

$$h_b = \alpha^2 \times H_0 + A \times Q^2$$

Siendo:

- f = Factor de fricción en tuberías (adimensional).
- L = Longitud equivalente de tubería (m).
- D = Diámetro de tubería o válvula (m).
- Q = Caudal (m^3/s).
- ϵ = Rugosidad absoluta tubería (mm).
- Re = Número de Reynolds (adimensional).
- v = Viscosidad cinemática del fluido (m^2/s).
- k = Coeficiente de pérdidas en válvula (adimensional).
- α = Coeficiente de velocidad en bombas (adimensional).
- H_0 = Altura bomba a caudal cero (mca).
- A = Coeficiente en bombas.

Datos Generales

- Densidad fluido: 1000 kg/m^3
- Viscosidad cinemática del fluido: $0.000011 \text{ m}^2/\text{s}$
- Pérdidas secundarias: 20 %
- Coeficiente simultaneidad: 1
- Velocidad máxima: 1.5 m/s
- Presión dinámica mínima: 10 mca

A continuación se presentan los resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Lreal (m)	Material/Rugosidad (mm)	f	Q (m^3/s)	Dn (mm)	Dint (mm)	Pn (kg/cm^2)	hf (mca)	V (m/s)
1	1	2	10	PVC/0.1	0.02	0.07602	250	265.2	6	7.163	1.48*
2	2	3	50	PVC/0.1	0.02	0.02282	160	150.6	6	0.665	1.28
3	3	4	50	PVC/0.1	0.02	0.02172	160	150.6	6	0.605	1.22
4	4	5	50	PVC/0.1	0.02	0.02172	160	150.6	6	0.605	1.22
5	5	6	50	PVC/0.1	0.02	0.02062	160	150.6	6	0.548	1.16
6	6	7	50	PVC/0.1	0.022	0.01196	110	103.6	6	1.287	1.42
7	7	8	50	PVC/0.1	0.022	0.01086	110	103.6	6	1.07	1.29
8	8	9	14	PVC/0.1	0.022	0.01086	110	103.6	6	0.3	1.29
9	9	10	11	PVC/0.1	0.022	0.01086	110	103.6	6	0.235	1.29
10	10	11	24	PVC/0.1	0.022	0.01086	110	103.6	6	0.514	1.29
11	11	12	50	PVC/0.1	0.022	0.01086	110	103.6	6	1.07	1.29
12	12	13	50	PVC/0.1	0.022	0.00976	110	103.6	6	0.872	1.16

Memoria PFC - Juan Luis Paredes Ortiz -

13	13	14	50	PVC/0.1	0.031	0.0011	110	103.6	6	0.016	0.13
14	2	15	50	PVC/0.1	0.018	0.051	225	211.8	6	0.553	1.45
15	15	16	50	PVC/0.1	0.018	0.0499	225	211.8	6	0.53	1.42
16	16	17	50	PVC/0.1	0.018	0.0499	225	211.8	6	0.53	1.42
17	17	18	50	PVC/0.1	0.018	0.0488	225	211.8	6	0.508	1.39
18	18	19	45	PVC/0.1	0.019	0.04014	200	188.2	6	0.572	1.44
19	19	20	50	PVC/0.1	0.02	0.02172	160	150.6	6	0.605	1.22
20	20	21	50	PVC/0.1	0.02	0.02172	160	150.6	6	0.605	1.22
21	21	22	50	PVC/0.1	0.02	0.02062	160	150.6	6	0.548	1.16
22	22	23	30	PVC/0.1	0.022	0.01196	110	103.6	6	0.772	1.42
23	23	24	34	PVC/0.1	0.022	0.01196	110	103.6	6	0.875	1.42
24	24	25	50	PVC/0.1	0.022	0.01086	110	103.6	6	1.07	1.29
25	25	26	50	PVC/0.1	0.022	0.01086	110	103.6	6	1.07	1.29
26	26	27	50	PVC/0.1	0.022	0.00976	110	103.6	6	0.872	1.16
27	27	28	50	PVC/0.1	0.031	0.0011	110	103.6	6	0.016	0.13
28	2	29	50	PVC/0.1	0.041	0.00031	110	103.6	6	0.002	0.13
29	29	30	50	PVC/0.1	0.031	0.001104	110	103.6	6	0.016	0.13
30	2	31	50	PVC/0.1	0.04	0.000349	110	103.6	6	0.002	0.13
31	31	32	50	PVC/0.1	0.031	0.001105	110	103.6	6	0.016	0.13
32	19	33	50	PVC/0.1	0.021	0.01732	140	131.8	6	0.771	1.27
33	33	34	50	PVC/0.1	0.021	0.01732	140	131.8	6	0.771	1.27
34	34	35	37	PVC/0.1	0.021	0.01732	140	131.8	6	0.571	1.27
35	35	36	26	PVC/0.1	0.022	0.00866	110	103.6	6	0.361	1.03

Nudo	Cota(m)	Pestática(mca)	H(mca)	Pdinámica(mca)	Caudal(l/s)
1	0	50	50	50	76.02
2	0	50	42.837	42.837	0
3	0	50	42.172	42.172	-1.1
4	0	50	41.567	41.567	0
5	0	50	40.962	40.962	-1.1
6	0	50	40.414	40.414	-8.66
7	0	50	39.127	39.127	-1.1
8	0	50	38.057	38.057	0
9	0	50	37.758	37.758	0
10	0	50	37.522	37.522	0
11	0	50	37.009	37.009	0
12	0	50	35.939	35.939	-1.1
13	0	50	35.067	35.067	-8.66
14	0	50	35.051	35.051	-1.1
15	0	50	42.285	42.285	-1.1
16	0	50	41.755	41.755	0
17	0	50	41.225	41.225	-1.1
18	0	50	40.717	40.717	-8.66
19	0	50	40.146	40.146	-1.1
20	0	50	39.541	39.541	0
21	0	50	38.936	38.936	-1.1
22	0	50	38.388	38.388	-8.66
23	0	50	37.615	37.615	0
24	0	50	36.74	36.74	-1.1
25	0	50	35.67	35.67	0
26	0	50	34.6	34.6	-1.1
27	0	50	33.728	33.728	-8.66
28	0	50	33.713	33.713*	-1.1
29	0	50	42.836	42.836	0
30	0	50	42.82	42.82	-1.1
31	0	50	42.835	42.835	0
32	0	50	42.82	42.82	-1.1
33	0	50	39.375	39.375	0
34	0	50	38.604	38.604	0
35	0	50	38.033	38.033	-8.66
36	0	50	37.672	37.672	-8.66

NOTA:

- * Rama de mayor velocidad o nudo de menor presión dinámica.

MEDICION DEL PROYECTO

MEDICION DE TUBERIAS

<u>Diámetro Nom.(mm)</u>	<u>Material</u>	<u>Timbraje(kg/cm²)</u>	<u>Total(m)</u>	<u>Pu(Euros)</u>
<u>Ptotal(Euros)</u>				
110	PVC	6	789	
140	PVC	6	137	
160	PVC	6	350	
200	PVC	6	45	
225	PVC	6	200	

VALVULAS Y BOMBAS

<u>Designación</u>	<u>Diametro Nom(mm)</u>	<u>Timbraje(kg/cm²)</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu(Euros)</u>
<u>Ptotal(Euros)</u>				
VRT	100	6	1	

Como vemos, en primer lugar DMelect justifica de qué manera se han llevado a cabo todos los cálculos de la instalación de abastecimiento de agua, haciendo un resumen de formulas completo, tanto para los cálculos de perdidas en tuberías, como de perdidas secundarias, y la formulación utilizada para las bombas o grupos de presión.

Una vez justificados los cálculos, podemos ver los resultados para los nudos y ramas, así como las condiciones generales para los que se han realizado dichos cálculos (Densidad fluido, viscosidad cinemática del fluido, pérdidas secundarias, coeficiente simultaneidad, velocidad máxima y presión dinámica mínima). También incluye los resultados de las mediciones de los metros de tubería empleados según el diámetro de tubería y una medición de las válvulas y bombas empleadas en la instalación. Se echa un poco en falta que el programa no genere cuadros resumen para los resultados para cada nudo y rama, pues de la forma en la que el programa vuelca los resultados da la impresión de desorden y apelmazamiento, restándole claridad.

2-) Memoria de cálculos de CYPE

1. Descripción de la red hidráulica

- Título: Cañadas de San Pedro
- Viscosidad del fluido: 1.10000000 x10-6 m²/s
- Nº de Reynolds de transición: 2500.0

La velocidad de la instalación deberá quedar por encima del mínimo establecido, para evitar sedimentación, incrustaciones y estancamiento, y por debajo del máximo, para que no se produzca erosión.

2. Descripción de los materiales empleados

Los materiales utilizados para esta instalación son:

1 PN10 TUBO PVC - Rugosidad: 0.10000 mm

Descripción	Diámetros mm
DN110	99.4
DN125	113.0
DN140	126.6
DN160	144.6
DN225	203.4
DN250	226.2
DN280	253.2

El diámetro a utilizar se calculará de forma que la velocidad en la conducción no exceda la velocidad máxima y supere la velocidad mínima establecidas para el cálculo.

3. Descripción de terrenos

Las características de los terrenos a excavar se detallan a continuación.

Descripción	Lecho cm	Relleno cm	Ancho mínimo cm	Distancia lateral cm	Talud
Terrenos cohesivos	20	20	70	25	1/3

4. Formulación

La formulación utilizada se basa en la fórmula de Darcy y el factor de fricción según Colebrook-White:

$$h = f \cdot \frac{8 \cdot L \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot g \cdot D^5}$$

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu}$$

$$f_l = \frac{64}{Re}$$

$$\frac{1}{(ft)^{1/2}} = -2 \cdot \log\left(\frac{K}{3.7 \cdot D} + \frac{2.51}{Re \cdot (ft)^{1/2}} \right)$$

donde:

- ⇒ h es la pérdida de altura de presión en m.c.a.
- ⇒ f es el factor de fricción
- ⇒ L es la longitud resistente en m
- ⇒ Q es el caudal en m³/s
- ⇒ g es la aceleración de la gravedad
- ⇒ D es el diámetro de la conducción en m
- ⇒ Re es el número de Reynolds, que determina el grado de turbulencia en el flujo
- ⇒ v es la velocidad del fluido en m/s
- ⇒ ν es la viscosidad cinemática del fluido en m²/s
- ⇒ f_l es el factor de fricción en régimen laminar (Re < 2500.0)
- ⇒ f_t es el factor de fricción en régimen turbulento (Re ≥ 2500.0)

⇒ k es la rugosidad absoluta de la conducción en m

En cada conducción se determina el factor de fricción en función del régimen del fluido en dicha conducción, adoptando fl o ft según sea necesario para calcular la caída de presión. Se utiliza como umbral de turbulencia un nº de Reynolds igual a 2500.0.

5. Combinaciones

A continuación se detallan las hipótesis utilizadas en los consumos, y las combinaciones que se han realizado ponderando los valores consignados para cada hipótesis.

Combinación	Hipótesis Única
Combinación 1	1.00

6. Resultados

6.1 Listado de nudos

Combinación: Combinación 1

Nudo	Cota m	Caudal dem. l/s	Alt. piez. m.c.a.	Pre. disp. m.c.a.	Coment.
1	0.00	-74.92	50.00	50.00	
2	0.00	---	49.65	49.65	
3	0.00	1.10	48.83	48.83	
5	0.00	1.10	47.36	47.36	
6	0.00	8.66	46.69	46.69	
7	0.00	1.10	45.86	45.86	
12	0.00	1.10	41.96	41.96	
13	0.00	8.66	40.88	40.88	
14	0.00	1.10	40.87	40.87	
15	0.00	1.10	49.27	49.27	
17	0.00	1.10	48.55	48.55	
18	0.00	8.66	47.95	47.95	
19	0.00	---	47.59	47.59	
21	0.00	1.10	46.11	46.11	
22	0.00	8.66	45.45	45.45	
24	0.00	1.10	44.39	44.39	
26	0.00	1.10	41.78	41.78	
27	0.00	8.66	40.71	40.71	
28	0.00	1.10	40.69	40.69	Pres. min.
30	0.00	1.10	49.61	49.61	
32	0.00	1.10	49.61	49.61	Pres. máx.
35	0.00	8.66	45.02	45.02	
36	0.00	8.66	44.59	44.59	

6.2 Listado de tramos

Valores negativos en caudal o velocidad indican que el sentido de circulación es de nudo final a nudo de inicio.

Combinación: Combinación 1

Inicio	Final	Longitud m	Diámetros mm	Caudal l/s	Péridid. m.c.a.	Velocidad m/s	Coment.
1	2	7.72	DN280	74.92	0.35	1.49	Vel.máx.
2	3	50.27	DN160	22.82	0.82	1.39	
2	15	49.90	DN250	49.90	0.38	1.24	

2	29	50.21	DN110	1.10	0.02	0.14	Vel. < 0.5 m/s
2	31	50.50	DN110	1.10	0.02	0.14	Vel. < 0.5 m/s
3	4	49.85	DN160	21.72	0.74	1.32	
4	5	49.81	DN160	21.72	0.74	1.32	
5	6	50.27	DN160	20.62	0.67	1.26	
6	7	49.97	DN125	11.96	0.82	1.19	
7	8	50.27	DN110	10.86	1.32	1.40	
8	9	15.08	DN110	10.86	0.40	1.40	
9	10	9.40	DN110	10.86	0.25	1.40	
10	11	24.86	DN110	10.86	0.65	1.40	
11	12	49.56	DN110	10.86	1.30	1.40	
12	13	50.13	DN110	9.76	1.07	1.26	
13	14	49.89	DN110	1.10	0.02	0.14	Vel. < 0.5 m/s
15	16	50.11	DN250	48.80	0.36	1.21	
16	17	49.95	DN250	48.80	0.36	1.21	
17	18	49.95	DN225	47.70	0.59	1.47	
18	19	44.99	DN225	39.04	0.36	1.20	
19	20	50.13	DN160	21.72	0.74	1.32	
19	33	49.69	DN140	17.32	0.93	1.38	
20	21	49.90	DN160	21.72	0.74	1.32	
21	22	49.88	DN160	20.62	0.67	1.26	
22	23	30.20	DN125	11.96	0.50	1.19	
23	24	33.73	DN125	11.96	0.55	1.19	
24	25	49.79	DN110	10.86	1.30	1.40	
25	26	50.02	DN110	10.86	1.31	1.40	
26	27	50.14	DN110	9.76	1.07	1.26	
27	28	50.21	DN110	1.10	0.02	0.14	Vel. < 0.5 m/s
29	30	49.92	DN110	1.10	0.02	0.14	Vel. < 0.5 m/s
31	32	49.41	DN110	1.10	0.02	0.14	Vel. < 0.5 m/s
33	34	50.43	DN140	17.32	0.95	1.38	
34	35	36.65	DN140	17.32	0.69	1.38	
35	36	25.43	DN110	8.66	0.43	1.12	

6.3 Listado de elementos

Elemento	Válvula antirretorno
Nudo inicial: 1 Nudo final: 2	Distancia al nudo origen 0.461 m (1)
Sentido	Del nudo 1 al 2
Coef. pérdidas para válvula abierta - K	2.50
Diámetro interior de la válvula	253.2 mm

7. Envolvente

Se indican los máximos de los valores absolutos.

Inicio	Final	Longitud m	Diámetros mm	Caudal l/s	Périd. m.c.a.	Velocidad m/s
1	2	7.72	DN280	74.92	0.35	1.49
2	3	50.27	DN160	22.82	0.82	1.39
2	15	49.90	DN250	49.90	0.38	1.24
2	29	50.21	DN110	1.10	0.02	0.14
2	31	50.50	DN110	1.10	0.02	0.14

3	4	49.85	DN160	21.72	0.74	1.32
4	5	49.81	DN160	21.72	0.74	1.32
5	6	50.27	DN160	20.62	0.67	1.26
6	7	49.97	DN125	11.96	0.82	1.19
7	8	50.27	DN110	10.86	1.32	1.40
8	9	15.08	DN110	10.86	0.40	1.40
9	10	9.40	DN110	10.86	0.25	1.40
10	11	24.86	DN110	10.86	0.65	1.40
11	12	49.56	DN110	10.86	1.30	1.40
12	13	50.13	DN110	9.76	1.07	1.26
13	14	49.89	DN110	1.10	0.02	0.14
15	16	50.11	DN250	48.80	0.36	1.21
16	17	49.95	DN250	48.80	0.36	1.21
17	18	49.95	DN225	47.70	0.59	1.47
18	19	44.99	DN225	39.04	0.36	1.20
19	20	50.13	DN160	21.72	0.74	1.32
19	33	49.69	DN140	17.32	0.93	1.38
20	21	49.90	DN160	21.72	0.74	1.32
21	22	49.88	DN160	20.62	0.67	1.26
22	23	30.20	DN125	11.96	0.50	1.19
23	24	33.73	DN125	11.96	0.55	1.19
24	25	49.79	DN110	10.86	1.30	1.40
25	26	50.02	DN110	10.86	1.31	1.40
26	27	50.14	DN110	9.76	1.07	1.26
27	28	50.21	DN110	1.10	0.02	0.14
29	30	49.92	DN110	1.10	0.02	0.14
31	32	49.41	DN110	1.10	0.02	0.14
33	34	50.43	DN140	17.32	0.95	1.38
34	35	36.65	DN140	17.32	0.69	1.38
35	36	25.43	DN110	8.66	0.43	1.12

Se indican los mínimos de los valores absolutos.

Envolvente de mínimos

Inicio	Final	Longitud m	Diámetros mm	Caudal l/s	Péridid. m.c.a.	Velocidad m/s
1	2	7.72	DN280	74.92	0.35	1.49
2	3	50.27	DN160	22.82	0.82	1.39
2	15	49.90	DN250	49.90	0.38	1.24
2	29	50.21	DN110	1.10	0.02	0.14
2	31	50.50	DN110	1.10	0.02	0.14
3	4	49.85	DN160	21.72	0.74	1.32
4	5	49.81	DN160	21.72	0.74	1.32
5	6	50.27	DN160	20.62	0.67	1.26
6	7	49.97	DN125	11.96	0.82	1.19
7	8	50.27	DN110	10.86	1.32	1.40
8	9	15.08	DN110	10.86	0.40	1.40
9	10	9.40	DN110	10.86	0.25	1.40
10	11	24.86	DN110	10.86	0.65	1.40
11	12	49.56	DN110	10.86	1.30	1.40
12	13	50.13	DN110	9.76	1.07	1.26
13	14	49.89	DN110	1.10	0.02	0.14
15	16	50.11	DN250	48.80	0.36	1.21

16	17	49.95	DN250	48.80	0.36	1.21
17	18	49.95	DN225	47.70	0.59	1.47
18	19	44.99	DN225	39.04	0.36	1.20
19	20	50.13	DN160	21.72	0.74	1.32
19	33	49.69	DN140	17.32	0.93	1.38
20	21	49.90	DN160	21.72	0.74	1.32
21	22	49.88	DN160	20.62	0.67	1.26
22	23	30.20	DN125	11.96	0.50	1.19
23	24	33.73	DN125	11.96	0.55	1.19
24	25	49.79	DN110	10.86	1.30	1.40
25	26	50.02	DN110	10.86	1.31	1.40
26	27	50.14	DN110	9.76	1.07	1.26
27	28	50.21	DN110	1.10	0.02	0.14
29	30	49.92	DN110	1.10	0.02	0.14
31	32	49.41	DN110	1.10	0.02	0.14
33	34	50.43	DN140	17.32	0.95	1.38
34	35	36.65	DN140	17.32	0.69	1.38
35	36	25.43	DN110	8.66	0.43	1.12

8. Medición

A continuación se detallan las longitudes totales de los materiales utilizados en la instalación.

1 PN10 TUBO PVC

Descripción	Longitud m	Long. mayorada m
DN110	674.84	809.81
DN125	113.90	136.68
DN140	136.78	164.13
DN160	350.11	420.14
DN225	94.94	113.93
DN250	149.96	179.95
DN280	7.72	9.26

Se emplea un coeficiente de mayoración en las longitudes del 20.0 % para simular en el cálculo las pérdidas en elementos especiales no tenidos en cuenta en el diseño.

Como vemos, la memoria de cálculos generada por CYPE es la más clara y ordenada de los tres programas. En primer lugar destacar la gran cantidad de cuadros resumen: Incluye un cuadro resumen de los materiales empleados, de los resultados para los nudos y ramas, un listado de elementos empleados tipo válvula o bombas, de los envolventes (en este caso los cuadros de máximos y mínimos son los mismos pues no hemos hecho ninguna combinación de hipótesis), y de la medición de los materiales y la excavación. Vemos que cada cálculo realizado por el programa lleva asociado un cuadro resumen, lo que da una gran sensación de claridad y orden.

Por el contrario, al igual que ocurría con el modulo de electrificación, se echa un poco en falta que no vengan justificadas todas las formulas

empleadas para el cálculo de la instalación de abastecimiento, ya que por ejemplo no detalla de que forma se ha llevado a cabo el cálculo de las pérdidas secundarias ni tampoco se incluye la formulación utilizada por las bombas o grupos de presión. Eso sí, por lo menos toda la formulación utilizada por el programa viene detallada en el manual de usuario del programa.

3-) Memoria de cálculos de Procuno

PROYECTO DE RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

1.- EXPEDIENTE Y AUTOR DEL ENCARGO

1.1.- EXPEDIENTE

Referencia:
Descripción:
Fecha:
Dirección:
Localidad:
Proyectado por:

1.2.- AUTOR DEL ENCARGO

Propietario:
CIF:
Dirección:
Localidad:
Código postal:

2.- MEMORIA DESCRIPTIVA

2.1.- OBJETO DEL PROYECTO

El presente proyecto describe una red para abastecimiento de agua ubicada en una población con las siguientes características:

Población entre 6.001 y 12.000 habitantes (según NTE).
Coeficiente de horas punta 2,4.
Dotación por habitante 300,0 litros/día.
El promedio de habitantes por vivienda es de 4,2.

Dotaciones por superficie para distintos tipos de uso del suelo:

Uso	Dotación (litros/m²/día)
Residencial	12,6

Uso	Dotación (litros/m ² /día)
Docente	18,9
Comercial	31,5
Deportivo	18,9
Social	37,8
Jardines	1,9
Industrial	12,6

2.2.- CARACTERISTICAS GENERALES DE LA INSTALACION

Se utilizarán preferentemente tuberías tipo PVC con una rugosidad equivalente de $0,007 \times 10^{-3}$ mm y diámetros nominales iguales o superiores a DN-125.

La zanja tipo tiene las siguientes características:

Referencia: Acerado, roca fisurada, H=0'8m.

Talud (Horizontal/Vertical): 1/2.

Pavimento tipo Acerado de espesor 0,000 m.

Espesor del relleno seleccionado 0,300 m.

Lecho de tipo Arena de espesor 0,150 m.

Anchura mínima de la base 0,500 m.

Distancia lateral de la tubería a las paredes 0,200 m.

Profundidad mínima de la generatriz superior de la tubería 0,800 m.

En los Anejos de cálculo aparece un listado en el que para cada tramo de tubería se indica el volumen de excavación a realizar, el volumen sobrante de tierra, el volumen necesario de material de lecho y la superficie del pavimento que es necesario remover.

La referencia del sistema de cotas es Nivel del mar.

Existen limitaciones al diseño de modo que las velocidades medias del agua por cualquier tramo no superen 1,50 m/s, ni sean inferiores a 0,50 m/s.

Se dimensionará la red de distribución para soportar en cualquier punto unas presiones máximas de 50,0 m.c.a.

2.3.- MATERIALES

Relación de tipos de tuberías utilizados en el proyecto:

Referencia	Rugosidad equivalente (mm)
PVC	$0,007 \times 10^{-3}$

3.- MEMORIA JUSTIFICATIVA

Los cálculos hidráulicos han sido realizados con el programa RAwIn V1.0 de Procedimientos-Uno, S.L..

3.1.-CÁLCULOS HIDRÁULICOS

El cómputo de los caudales y de las pérdidas de carga se realiza mediante un cálculo matricial que plantea las siguientes ecuaciones:

- La suma algebraica de caudales en cualquier nudo será igual a 0 l/s. ± 0,001 l/s.
- La suma algebraica de las pérdidas de carga en cualquier anillo será igual a 0 m.c.a. ± 1 mm.c.a.

3.2.-PÉRDIDAS DE CARGA POR FRICCIÓN

Las pérdidas de carga en tuberías producidas por la fricción se calculan siguiendo la fórmula de Prandtl-Colebrook que tiene la forma siguiente:

$$V = -2 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot D \cdot J} \cdot \log_{10} \left(\frac{k_a}{3'71 \cdot D} + \frac{2'51 \cdot \nu}{D \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot D \cdot J}} \right)$$

Donde:

- J = Pérdida de carga, en m.c.a./m;
- D = Diámetro interior de la tubería, en m;
- V = Velocidad media del agua, en m/s;
- Q_r = Caudal por la rama en m³/s;
- k_a = Rugosidad uniforme equivalente, en m.;
- ν = Viscosidad cinemática del fluido, (1'31x10⁻⁶ m²/s para agua a 10°C);
- g = Aceleración de la gravedad, 9'8 m/s²;

3.3.-PÉRDIDAS DE CARGA POR RESISTENCIAS AISLADAS

La pérdida de carga debida a la fricción en válvulas se calcula usando una longitud equivalente a tubería recta y aplicando la fórmula de pérdidas por fricción anterior.

Las pérdidas localizadas en los accesorios donde la dirección del flujo de agua cambia en 22,5° o más se estiman por medio de un coeficiente de mayoración de longitudes que se a tomado igual al 20%.

En los anejos de cálculo aparece un listado con los accesorios de cada nudo y la longitud equivalente que se ha empleado en el cálculo.

3.4.-PREDIMENSIONADO DE DIÁMETROS

Se ha usado la fórmula de Mougny para obtener el diámetro óptimo de cada conducción:

$$V = 1'5 \cdot \sqrt{D + 0'05}$$

Donde:

- V = Velocidad media del agua, en m/s;
- D = Diámetro interior de la tubería, en m.

3.5.-RESULTADOS DEL CÁLCULO HIDRÁULICO

En los anejos de cálculo se presenta la lista de las tomas. Para cada una de ellas se escribe junto a su referencia, su caudal punta, la dotación, su presión requerida, y condiciones de funcionamiento. También los anejos de cálculo muestran los resultados de los cálculos hidráulicos para cada tramo: Diámetro nominal e interior, longitud real y equivalente, caudal, velocidad, pérdida de carga unitaria y la pérdida de carga total.

A continuación se detallan los resultados más significativos del cálculo hidráulico completo del sistema para la combinación de hipótesis base: Condiciones de uso normal.

La máxima presión sobre el terreno alcanza 50,000 m.c.a. en el nudo 1 y la mínima 48,624 m.c.a. en el nudo 28.

El rango de velocidades oscila entre 0,82 m/s en 1 [1-2], PVC ø-400, y 0,12 m/s en el tramo 13 [13-14], PVC ø-125.

El caudal máximo es de 74,920 l/s en 1 [1-2], PVC ø-400 y el mínimo 1,100 l/s en 13 [13-14], PVC ø-125.

ANEJO 1.- CÁLCULOS HIDRÁULICOS (ACCESORIOS)

Resultados para la combinación de hipótesis: Condiciones de uso normal.

N°	X (m)	Y (m)	Cota (m)			Accesorio	Le (m)	Pr (m.c.a.)	Pt (m.c.a.)
			Terreno	Zanja	Piezo.				
1	203,54	228,87	0,00	-0,80	50,00	Codo (r/d=0'5) 90° - 341	-	50,00	50,80
2	197,51	224,44	0,00	-0,80	49,99	Cruce 341 x 302 x 213 x 106	-	49,99	50,79
3	160,85	258,27	0,00	-0,80	49,88	Te 213 x 213 x 63	-	49,88	50,68
4	119,05	285,37	0,00	-0,80	49,78	Reducción - 213 x 213	-	49,78	50,58
5	71,05	300,78	0,00	-0,80	49,69	Te 213 x 191 x 63	-	49,69	50,49
6	21,46	305,21	0,00	-0,80	49,54	Te 191 x 153 x 140	-	49,54	50,34
7	-28,31	300,07	0,00	-0,80	49,38	Te 153 x 153 x 63	-	49,38	50,18
8	-77,90	294,58	0,00	-0,80	49,24	Codo (r/d=0'5) 26° - 153	-	49,24	50,04
9	-90,30	286,79	0,00	-0,80	49,20	Codo (r/d=0'5) 62° - 153	-	49,20	50,00
10	-89,59	275,99	0,00	-0,80	49,17	Codo (r/d=0'5) 40° - 153	-	49,17	49,97
11	-72,77	258,63	0,00	-0,80	49,10	Reducción - 153 x 153	-	49,10	49,90
12	-41,59	220,02	0,00	-0,80	48,97	Te 153 x 153 x 63	-	48,97	49,77
13	-6,17	184,59	0,00	-0,80	48,86	Te 153 x 140 x 106	-	48,86	49,66
14	28,90	148,46	0,00	-0,80	48,84	Codo (r/d=0'5) 90° - 106	-	48,84	49,64
15	226,21	183,00	0,00	-0,80	49,90	Te 302 x 302 x 63	-	49,90	50,70
16	257,02	143,68	0,00	-0,80	49,82	Reducción - 302 x 302	-	49,82	50,62
17	287,84	104,18	0,00	-0,80	49,74	Te 302 x 302 x 63	-	49,74	50,54
18	318,31	65,04	0,00	-0,80	49,66	Te 302 x 268 x 140	-	49,66	50,46
19	345,58	28,91	0,00	-0,80	49,58	Cruce 268 x 213 x 191 x 63	-	49,58	50,38
20	309,81	-6,69	0,00	-0,80	49,48	Reducción - 213 x 213	-	49,48	50,28
21	270,84	-38,04	0,00	-0,80	49,38	Te 213 x 191 x 63	-	49,38	50,18
22	230,46	-67,44	0,00	-0,80	49,23	Te 191 x 153 x 140	-	49,23	50,03
23	206,90	-86,93	0,00	-0,80	49,13	Codo (r/d=0'5) 86° - 153	-	49,13	49,93
24	183,52	-62,13	0,00	-0,80	49,02	Te 153 x 153 x 63	-	49,02	49,82
25	153,94	-21,93	0,00	-0,80	48,89	Reducción - 153 x 153	-	48,89	49,69
26	122,95	17,04	0,00	-0,80	48,75	Te 153 x 153 x 63	-	48,75	49,55
27	91,77	56,89	0,00	-0,80	48,64	Te 153 x 140 x 106	-	48,64	49,44
28	61,67	96,92	0,00	-0,80	48,62	Codo (r/d=0'5) 90° - 106	-	48,62	49,42
29	153,77	201,06	0,00	-0,80	49,97	Reducción - 106 x 106	-	49,97	50,77
30	113,21	171,84	0,00	-0,80	49,96	Codo (r/d=0'5) 90° - 106	-	49,96	50,76
31	379,24	65,04	0,00	-0,80	49,47	Reducción - 191 x 191	-	49,47	50,27
32	414,13	101,53	0,00	-0,80	49,36	Reducción - 191 x 191	-	49,36	50,16
33	429,89	134,47	0,00	-0,80	49,28	Te 191 x 140 x 136	-	49,28	50,08

N°	X (m)	Y (m)	Cota (m)			Accesorio	Le (m)	Pr (m.c.a.)	Pt (m.c.a.)
			Terreno	Zanja	Piezo.				
1	203,54	228,87	0,00	-0,80	50,00	Codo (r/d=0'5) 90° - 341	-	50,00	50,80
2	197,51	224,44	0,00	-0,80	49,99	Cruce 341 x 302 x 213 x 106	-	49,99	50,79
3	160,85	258,27	0,00	-0,80	49,88	Te 213 x 213 x 63	-	49,88	50,68
4	119,05	285,37	0,00	-0,80	49,78	Reducción - 213 x 213	-	49,78	50,58
5	71,05	300,78	0,00	-0,80	49,69	Te 213 x 191 x 63	-	49,69	50,49
6	21,46	305,21	0,00	-0,80	49,54	Te 191 x 153 x 140	-	49,54	50,34
7	-28,31	300,07	0,00	-0,80	49,38	Te 153 x 153 x 63	-	49,38	50,18
8	-77,90	294,58	0,00	-0,80	49,24	Codo (r/d=0'5) 26° - 153	-	49,24	50,04
9	-90,30	286,79	0,00	-0,80	49,20	Codo (r/d=0'5) 62° - 153	-	49,20	50,00
10	-89,59	275,99	0,00	-0,80	49,17	Codo (r/d=0'5) 40° - 153	-	49,17	49,97
11	-72,77	258,63	0,00	-0,80	49,10	Reducción - 153 x 153	-	49,10	49,90
12	-41,59	220,02	0,00	-0,80	48,97	Te 153 x 153 x 63	-	48,97	49,77
13	-6,17	184,59	0,00	-0,80	48,86	Te 153 x 140 x 106	-	48,86	49,66
14	28,90	148,46	0,00	-0,80	48,84	Codo (r/d=0'5) 90° - 106	-	48,84	49,64
15	226,21	183,00	0,00	-0,80	49,90	Te 302 x 302 x 63	-	49,90	50,70
16	257,02	143,68	0,00	-0,80	49,82	Reducción - 302 x 302	-	49,82	50,62
17	287,84	104,18	0,00	-0,80	49,74	Te 302 x 302 x 63	-	49,74	50,54
18	318,31	65,04	0,00	-0,80	49,66	Te 302 x 268 x 140	-	49,66	50,46
19	345,58	28,91	0,00	-0,80	49,58	Cruce 268 x 213 x 191 x 63	-	49,58	50,38
20	309,81	-6,69	0,00	-0,80	49,48	Reducción - 213 x 213	-	49,48	50,28
21	270,84	-38,04	0,00	-0,80	49,38	Te 213 x 191 x 63	-	49,38	50,18
22	230,46	-67,44	0,00	-0,80	49,23	Te 191 x 153 x 140	-	49,23	50,03
23	206,90	-86,93	0,00	-0,80	49,13	Codo (r/d=0'5) 86° - 153	-	49,13	49,93
24	183,52	-62,13	0,00	-0,80	49,02	Te 153 x 153 x 63	-	49,02	49,82
25	153,94	-21,93	0,00	-0,80	48,89	Reducción - 153 x 153	-	48,89	49,69
26	122,95	17,04	0,00	-0,80	48,75	Te 153 x 153 x 63	-	48,75	49,55
27	91,77	56,89	0,00	-0,80	48,64	Te 153 x 140 x 106	-	48,64	49,44
28	61,67	96,92	0,00	-0,80	48,62	Codo (r/d=0'5) 90° - 106	-	48,62	49,42
29	153,77	201,06	0,00	-0,80	49,97	Reducción - 106 x 106	-	49,97	50,77
30	113,21	171,84	0,00	-0,80	49,96	Codo (r/d=0'5) 90° - 106	-	49,96	50,76
31	379,24	65,04	0,00	-0,80	49,47	Reducción - 191 x 191	-	49,47	50,27
32	414,13	101,53	0,00	-0,80	49,36	Reducción - 191 x 191	-	49,36	50,16
33	429,89	134,47	0,00	-0,80	49,28	Te 191 x 140 x 136	-	49,28	50,08
34	450,26	151,83	0,00	-0,80	49,20	Codo (r/d=0'5) 90° - 140	-	49,20	50,00

Donde:

Le = Longitud equivalente a tubería recta de igual diámetro, en metros.

Pr = Presión sobre el terreno, en m.c.a.

Pt = Presión en la tubería, en m.c.a.

ANEJO 2.- CÁLCULOS HIDRÁULICOS (TOMAS)

Resultados para la combinación de hipótesis: Condiciones de uso normal.

Tomas Referencia	Uso	Sup (m ² /viv)	N p	Dot (l/día)	Qp (l/s)	Pm (m.c.a.)	Q (l/s)	Pr (m.c.a.)
3 [3]	Residencial	1.000	1	0	1,100	10,0	1,100	49,9
5 [5]	Residencial	1.000	1	0	1,100	10,0	1,100	49,7
6 [6]	Residencial	1.000	1	0	8,660	10,0	8,660	49,5
7 [7]	Residencial	1.000	1	0	1,100	10,0	1,100	49,4
12 [12]	Residencial	1.000	1	0	1,100	10,0	1,100	49,0
13 [13]	Residencial	1.000	1	0	8,660	10,0	8,660	48,9

14 [14]	Residencial	1.000	1	0	1,100	10,0	1,100	48,8
13 [15]	Residencial	1.000	1	0	1,100	10,0	1,100	49,9
17 [17]	Residencial	1.000	1	0	1,100	10,0	1,100	49,7
18 [18]	Residencial	1.000	1	0	8,660	10,0	8,660	49,7
19 [19]	Residencial	1.000	1	0	1,100	10,0	1,100	49,6
21 [21]	Residencial	1.000	1	0	1,100	10,0	1,100	49,4
22 [22]	Residencial	1.000	1	0	8,660	10,0	8,660	49,2
30 [30]	Residencial	1.000	1	0	1,100	10,0	1,100	50,0
24 [24]	Residencial	1.000	1	0	1,100	10,0	1,100	49,0
26 [26]	Residencial	1.000	1	0	1,100	10,0	1,100	48,8
27 [27]	Residencial	1.000	1	0	8,660	10,0	8,660	48,6
Toma [28]	Residencial	1.000	1	0	1,100	10,0	1,100	48,6
35 [33]	Residencial	1.000	1	0	8,660	10,0	8,660	49,3
36 [34]	Residencial	1.000	1	0	8,660	10,0	8,660	49,2

Donde:

- Sup = Superficie de terreno, en metros cuadrados o número de viviendas.
- Np = Altura en plantas.
- Dot = Dotación, en litros/día.
- Qp = Caudal punta, en litros/segundo ó litros/minuto.
- Pm = Presión mínima de buen funcionamiento, en m.c.a.
- Ptd = Presión real sobre el terreno en el punto más desfavorable del tramo en m.c.a.
- Q = Caudal de cálculo, en litros/segundo ó litros/minuto.
- Pr = Presión real sobre el terreno, en m.c.a.

ANEJO 3.- CÁLCULOS HIDRÁULICOS (TUBERÍAS Y VÁLVULAS)

Resultados para la combinación de hipótesis: Condiciones de uso normal.

Referencia Tramo	Diámetro Nominal	Q (l/s)	V (m/s)	L (m)	Le (m)	Δh (mca)	Pti (m.c.a.)	Ptj (m.c.a.)	J (mca)
1 [1-2]	PVC ø-400	74,92	0,82	7,5	1,49	0,00	50,80	50,79	0,0142
2 [2-3]	PVC ø-250	22,82	0,64	49,9	9,98	0,00	50,79	50,68	0,1059
3 [3-4]	PVC ø-250	21,72	0,61	49,8	9,96	0,00	50,68	50,58	0,0967
4 [4-5]	PVC ø-250	21,72	0,61	50,4	10,08	0,00	50,58	50,49	0,0979
5 [5-6]	PVC ø-225	20,62	0,72	49,8	9,96	0,00	50,49	50,34	0,1473
6 [6-7]	PVC ø-180	11,96	0,65	50,0	10,01	0,00	50,34	50,18	0,1621
7 [7-8]	PVC ø-180	10,86	0,59	49,9	9,98	0,00	50,18	50,04	0,1360
8 [8-9]	PVC ø-180	10,86	0,59	14,6	2,93	0,00	50,04	50,00	0,0399
9 [9-10]	PVC ø-180	10,86	0,59	10,8	2,17	0,00	50,00	49,97	0,0295
10 [10-11]	PVC ø-180	10,86	0,59	24,2	4,83	0,00	49,97	49,90	0,0659
11 [11-12]	PVC ø-180	10,86	0,59	49,6	9,92	0,00	49,90	49,77	0,1353
12 [12-13]	PVC ø-180	9,76	0,53	50,1	10,02	0,00	49,77	49,66	0,1128
13 [13-14]	PVC ø-125	1,10	0,12	50,4	10,07	0,00	49,66	49,64	0,0137

14 [2-15]	PVC ø-355	51,00	0,71	50,4	10,08	0,00	50,79	50,70	0,0845
15 [15-16]	PVC ø-355	49,90	0,69	50,0	9,99	0,00	50,70	50,62	0,0805
16 [16-17]	PVC ø-355	49,90	0,69	50,1	10,02	0,00	50,62	50,54	0,0807
17 [17-18]	PVC ø-355	48,80	0,68	49,6	9,92	0,00	50,54	50,46	0,0768
18 [18-19]	PVC ø-315	40,14	0,71	45,3	9,05	0,00	50,46	50,38	0,0877
19 [19-20]	PVC ø-250	21,72	0,61	50,5	10,09	0,00	50,38	50,28	0,0980
20 [20-21]	PVC ø-250	21,72	0,61	50,0	10,00	0,00	50,28	50,18	0,0971
21 [21-22]	PVC ø-225	20,62	0,72	50,0	9,99	0,00	50,18	50,03	0,1477
22 [22-23]	PVC ø-180	11,96	0,65	30,6	6,11	0,00	50,03	49,93	0,0991
23 [23-24]	PVC ø-180	11,96	0,65	34,1	6,82	0,00	49,93	49,82	0,1104
24 [24-25]	PVC ø-180	10,86	0,59	49,9	9,98	0,00	49,82	49,69	0,1361
25 [25-26]	PVC ø-180	10,86	0,59	49,8	9,96	0,00	49,69	49,55	0,1357
26 [26-27]	PVC ø-180	9,76	0,53	50,6	10,12	0,00	49,55	49,44	0,1139
27 [27-28]	PVC ø-125	1,10	0,12	50,1	10,02	0,00	49,44	49,42	0,0137
28 [2-29]	PVC ø-125	1,10	0,12	49,6	9,92	0,00	50,79	50,77	0,0135
29 [29-30]	PVC ø-125	1,10	0,12	50,0	10,00	0,00	50,77	50,76	0,0136
32 [19-31]	PVC ø-225	17,32	0,60	49,4	9,88	0,00	50,38	50,27	0,1067
33 [31-32]	PVC ø-225	17,32	0,60	50,5	10,10	0,00	50,27	50,16	0,1091
34 [32-33]	PVC ø-225	17,32	0,60	36,5	7,30	0,00	50,16	50,08	0,0789
35 [33-34]	PVC ø-160	8,66	0,59	26,8	5,35	0,00	50,08	50,00	0,0855

Donde:

- d = Diámetro interior de la tubería, en milímetros.
- Q = Caudal de agua que pasa por el tubo, en litros/segundo.
- V = Velocidad del agua, en metros/segundo.
- L = Longitud del tubo, en metros.
- Le = Longitud equivalente de accesorios, en metros.
- Δh = Variación de altura estática, en m.c.a.
- Pti = Presión real en la tubería en el nudo inicial, en m.c.a.
- Ptj = Presión real en la tubería en el nudo final, en m.c.a..
- J = Pérdida de carga en la tubería, en m.c.a.

ANEJO 4.- EXCAVACIONES EN ZANJAS

Referencia	Tipo de zanja	Excav. (m³)	Pavim. (m²)	Lecho (m³)	Escom. (m³)
1 [1-2]	Acerado, roca fisurada, H=0'8m	11,9	16,1	0,6	1,6
2 [2-3]	Acerado, roca fisurada, H=0'8m	65,8	99,8	4,3	6,8
3 [3-4]	Acerado, roca fisurada, H=0'8m	65,8	99,6	4,3	6,7
4 [4-5]	Acerado, roca fisurada, H=0'8m	66,5	100,8	4,3	6,8
5 [5-6]	Acerado, roca fisurada, H=0'8m	63,6	98,3	4,3	6,3
6 [6-7]	Acerado, roca fisurada, H=0'8m	60,2	96,6	4,3	5,6
7 [7-8]	Acerado, roca fisurada, H=0'8m	60,0	96,3	4,3	5,6
8 [8-9]	Acerado, roca fisurada, H=0'8m	17,6	28,3	1,3	1,6
9 [9-10]	Acerado, roca fisurada, H=0'8m	13,0	20,9	0,9	1,2
10 [10-11]	Acerado, roca fisurada, H=0'8m	29,1	46,7	2,1	2,7
11 [11-12]	Acerado, roca fisurada, H=0'8m	59,7	95,8	4,3	5,5

12 [12-13]	Acerado, roca fisurada, H=0'8m	60,3	96,7	4,3	5,6
13 [13-14]	Acerado, roca fisurada, H=0'8m	56,2	94,4	4,3	5,0
14 [2-15]	Acerado, roca fisurada, H=0'8m	75,8	106,1	4,3	9,3
15 [15-16]	Acerado, roca fisurada, H=0'8m	75,1	105,2	4,3	9,3
16 [16-17]	Acerado, roca fisurada, H=0'8m	75,3	105,5	4,3	9,3
17 [17-18]	Acerado, roca fisurada, H=0'8m	74,6	104,4	4,3	9,2
18 [18-19]	Acerado, roca fisurada, H=0'8m	64,9	93,5	3,9	7,4
19 [19-20]	Acerado, roca fisurada, H=0'8m	66,6	100,9	4,4	6,8
20 [20-21]	Acerado, roca fisurada, H=0'8m	66,0	100,0	4,3	6,8
21 [21-22]	Acerado, roca fisurada, H=0'8m	63,8	98,7	4,3	6,3
22 [22-23]	Acerado, roca fisurada, H=0'8m	36,8	59,0	2,6	3,4
23 [23-24]	Acerado, roca fisurada, H=0'8m	41,0	65,8	2,9	3,8
24 [24-25]	Acerado, roca fisurada, H=0'8m	60,1	96,3	4,3	5,6
25 [25-26]	Acerado, roca fisurada, H=0'8m	59,9	96,1	4,3	5,6
26 [26-27]	Acerado, roca fisurada, H=0'8m	60,9	97,6	4,4	5,7
27 [27-28]	Acerado, roca fisurada, H=0'8m	55,9	93,9	4,3	4,9
28 [2-29]	Acerado, roca fisurada, H=0'8m	55,3	93,0	4,3	4,9
29 [29-30]	Acerado, roca fisurada, H=0'8m	55,8	93,7	4,3	4,9
32 [19-31]	Acerado, roca fisurada, H=0'8m	63,1	97,5	4,3	6,2
33 [31-32]	Acerado, roca fisurada, H=0'8m	64,5	99,7	4,4	6,4
34 [32-33]	Acerado, roca fisurada, H=0'8m	46,7	72,1	3,1	4,6
35 [33-34]	Acerado, roca fisurada, H=0'8m	31,3	51,1	2,3	2,8

Donde:

Excav. = Volumen de excavación total, en m³.

Pavim. = Superficie de pavimento afectada, en m².

Lecho = Volumen necesario de material de lecho, en m³.

Escom. = Volumen sobrante de escombros, en m³.

LISTADO DE ELEMENTOS

Unidades	Descripción	Medición
m	PVC ø-400	7,47
m	PVC ø-250	250,60
m	PVC ø-225	236,12
m	PVC ø-180	464,24
m	PVC ø-125	200,04
m	PVC ø-355	200,06
m	PVC ø-315	45,27
m	PVC ø-160	26,76
ud	Suministro 50,0 m.c.a. 0,075 m ³ /s	1
ud	Collarín DN 63	13
ud	Collarín DN 140	7
ud	Codo (r/d=1'5) 26° - 153	1
ud	Codo (r/d=1'5) 62° - 153	1
ud	Codo (r/d=1'5) 40° - 153	1
ud	Codo (r/d=1'5) 86° - 153	1
ud	Cruce 341 x 302 x 213 x 106	1
ud	Cruce 268 x 213 x 191 x 63	1
ud	Unión 341	1
ud	Unión 213	2
ud	Unión 153	2
ud	Reducción - 106 x 63	3
ud	Unión 302	1
ud	Unión 106	1
ud	Unión 191	2
ud	Unión 140	1
m3	Excavación zanja	1.823,26
m2	Pavimentado superficie zanja con Acerado	2.820,40
m3	Relleno fondo de zanja con Arena	123,39
m3	Escombros. Transporte a vertedero	184,15

De nuevo vemos, que al igual que ocurría con el módulo de electrificación, la memoria de de Procuno es la más completa de todas aunque quizás no la más clara debido a que se incluye tanta información en los cuadros resumen que obliga al programa a utilizar leyendas para saber que es cada cosa.

Lo que hace que la memoria de Procuno sea la más completa de los tres programas es como podemos ver justifica, al igual que DMelect, de que manera se han llevado a cabo todos los cálculos, cosa que por ejemplo CYPE no hacía. Además, a diferencia de DMelect y CYPE, hace un pequeño resumen de los cálculos hidráulicos indicando los nudos de máxima y mínima presión, los tramos de mayor y menor velocidad y los tramos de mayor y menor caudal.

Por otro lado, es también una memoria muy clara y ordenada pues incluye cuadros resumen de todos los cálculos realizados: Incluye un anejo con los resultados para ramas y nudos, y un anejo con los resultados de las excavaciones realizadas (Anejos 3 y 4). En el anejo 1 hace un resumen de los accesorios que emplea para la instalación de abastecimiento como codos, reducciones, uniones etc. Estos elementos el programa los toma por defecto, lo que como siempre, por un lado es bueno si no tenemos ni idea de que elementos debemos introducir en la red de abastecimiento, pero por otro lado limita en cierto modo la libertad del usuario a la hora del diseño de la red de abastecimiento. El anejo 2 hace un resumen los consumos en las tomas. En nuestro ejemplo este anejo no tiene mucho sentido pues hemos introducido los caudales de consumo de forma directa y no por dotación. Por último señalar que el programa, al igual que CYPE, incluye cuadros resumen de los materiales empleados, así como de la medición de proyecto. Todo esto hace que la memoria de Procuno sea la más completa al igual que ocurría con el módulo de electrificación.

4-) Comparativa de resultados

Para la comparativa de resultados no sólo me he fijado en los diámetros calculados por uno y otro programa, sino que además me he fijado en otros factores importantes como la velocidad en cada nudo y rama, así como la pérdida de altura piezométrica que se produce a lo largo de la instalación de abastecimiento. Como veremos hay programas que prefieren tomar unos diámetros mayores de los necesarios con el fin de disminuir la velocidad máxima en los distintos tramos y así disminuir el nivel de desgaste de las tuberías y las pérdidas de presión. Pasemos a analizar los resultados:

a) Tabla de diámetros en milímetros.

Tramo	DMelect	CYPE	Procuno
1	250	280	400
2	160	160	250
3	160	160	250
4	160	160	250
5	160	160	225
6	110	125	180
7	110	110	180
8	110	110	180
9	110	110	180
10	110	110	180
11	110	110	180
12	110	110	180

13	110	110	125
14	225	250	355
15	225	250	355
16	225	225	355
17	225	225	355
18	200	160	315
19	160	160	250
20	160	160	250
21	160	125	225
22	110	125	180
23	110	110	180
24	110	110	180
25	110	110	180
26	110	110	180
27	110	110	125
28	110	110	125
29	110	110	125
30	110	110	125
31	110	110	125
32	140	140	225
33	140	140	225
34	140	140	225
35	110	110	160

b) Tabla de altura piezométrica en cada nudo en m.c.a.

Nudo	DMelect	CYPE	Procuno
1	50	50.00	50,00
2	42.837	49.65	49,99
3	42.172	48.83	49,88
4	41.567	--	49,78
5	40.962	47.36	49,69
6	40.414	46.69	49,54
7	39.127	45.86	49,38
8	38.057	--	49,24
9	37.758	--	49,20
10	37.522	--	49,17
11	37.009	--	49,10
12	35.939	41.96	48,97
13	35.067	40.88	48,86
14	35.051	40.87	48,84
15	42.285	49.27	49,90

16	41.755	--	49,82
17	41.225	48.55	49,74
18	40.717	47.95	49,66
19	40.146	47.59	49,58
20	39.541	--	49,48
21	38.936	46.11	49,38
22	38.388	45.45	49,23
23	37.615	--	49,13
24	36.74	44.39	49,02
25	35.67	--	48,89
26	34.6	41.78	48,75
27	33.728	40.71	48,64
28	33.713	40.69	48,62
29	42.836	--	49,97
30	42.82	49.61	49,96
31	42.835	--	49,97
32	42.82	49.61	49,96
33	39.375	--	49,47
34	38.604	--	49,36
35	38.033	45.02	49,28
36	37.672	44.59	49,20

c) Tabla de velocidades en m/s.

Tramo	DMelect	CYPE	Procuno
1	1.48	1.49	0.82
2	1.28	1.39	0.64
3	1.22	1.32	0.61
4	1.22	1.32	0.61
5	1.16	1.26	0.72
6	1.42	1.19	0.65
7	1.29	1.40	0.59
8	1.29	1.40	0.59
9	1.29	1.40	0.59
10	1.29	1.40	0.59
11	1.29	1.40	0.59
12	1.16	1.26	0.53
13	0.13	0.14	0.12
14	1.45	1.24	0.71
15	1.42	1.21	0.69
16	1.42	1.21	0.69
17	1.39	1.47	0.69

18	1.44	1.20	0.71
19	1.22	1.32	0.61
20	1.22	1.32	0.61
21	1.16	1.26	0.72
22	1.42	1.19	0.65
23	1.42	1.19	0.65
24	1.29	1.40	0.59
25	1.29	1.40	0.59
26	1.16	1,26	0.53
27	0.13	0.14	0.12
28	0.13	0.14	0.12
29	0.13	0.14	0.12
30	0.13	0.14	0.12
31	0.13	0.14	0.12
32	1.27	1.38	0.6
33	1.27	1.38	0.6
34	1.27	1.38	0.6
35	1.03	1.12	0.6

Viendo los resultados obtenidos concluimos que:

a) En principio comparemos los resultados obtenidos por DMelect y CYPE. Los menores diámetros los ofrece DMelect. Esto es un poco engañoso dado que el programa hace los cálculos de pérdida de presión en tuberías a través de unas formulas que no coinciden con las formulas analíticas teóricas (Formula de Colebrook), lo que esto “falsea” el posterior calculo de velocidades. Esto implica que, como vemos, las velocidades calculadas por DMelect en tramos en los que el diámetro coincide con el de CYPE, la velocidad calcula por DMelect sea menor que la teórica exacta. Esto supone que calcule diámetros menores de tuberías ya que cumple más holgadamente la condición de velocidad máxima que CYPE. Pero claro, esto tiene de malo que el hecho de que el cálculo de velocidades este falseado, habrá tramos en los que tal vez no se cumpla la condición de velocidad máxima. Esto puede verse claramente en el ejemplo analizado. Fijémonos en el tramo numero 1. El diámetro calculado por CYPE es de 280 mm con una velocidad de 1.49 m/s que teóricamente es un valor exacto. Con DMelect obtenemos un diámetro de 250 mm al que le asocia una velocidad de 1.48 m/s. Seguramente, si este cálculo de velocidad hubiese sido exacto, la velocidad, aunque por poco, superaría la limitación de 1.5 m/s de velocidad máxima. Esto viene a demostrar, en cuanto a nivel de resultados CYPE es mucho más fiable que DMelect. Del mismo modo

ocurrirá con Procuno que también utiliza formulas analíticas teóricas lo que hace de él un programa más fiable que DMelect.

b) Por otro lado si nos fijamos en los diámetros obtenidos por Procuno, vemos que su filosofía de trabajo es distinta a la DMelect y CYPE, pues como vemos opta por calcular diámetros claramente más grandes, con idea de disminuir las perdidas de presión en las tuberías y sobretodo disminuir las velocidad de los distintos tramos, lo que implica un menor desgaste y menores ruidos. Habría que ver si este menor desgaste que sufren las tuberías compensa con la mayor inversión que supondría la instalación dado que los diámetros calculados con mayores.

c) Por último, aunque en este ejemplo no lo hemos hecho por el tema de poder comparar los resultados obtenidos por uno y otro programa, no olvidar la posibilidad que ofrece CYPE la posibilidad de particularizar las condiciones de velocidad máxima y mínima en cada tramo y de presión máxima y mínima en cada nudo, lo que dado el caso, nos permitiría afinar mucho más los resultados que con DMelect, que sólo permite establecer una condición de velocidad máxima y presión mínima como condición general para todos los nudos y tramos. También añadir que en este sentido que Procuno permite seleccionar una presión mínima particular para cada nudo, aunque dada la filosofía de cálculo que sigue de primar un calculo de diámetros mayores a fin de que la velocidad en cada tramo sea menor y por tanto el desgaste sea menor hace que no tenga mucha importancia.

Por lo tanto podemos concluir que como ya había previsto, el cálculo más preciso y fiable es llevado a cabo por CYPE. Procuno, sin embargo, aunque su cálculo también es preciso, realiza un cálculo completamente alternativo al cálculo realizado por CYPE y DMelect al primar, como ya dije, un cálculo de diámetros mayores a fin de que la velocidad en cada tramo sea menor y por tanto el desgaste y el nivel de ruidos sea menor.

5-) Otras consideraciones y conclusión

Señalemos de nuevo que DMelect, a diferencia de CYPE y Procuno genera una memoria descriptiva del proyecto completa, así como un pliego de condiciones, que adjunto con la memoria (ver apéndice 3), y que hace que en cuanto a nivel de resultados generados, DMelect sea el más completo de todos. Prácticamente con una memoria descriptiva, una memoria de cálculos, una medición, un pliego de condiciones y unos planos de la instalación ya tenemos resuelto nuestro proyecto. Con Procuno y CYPE que sólo generan una memoria de cálculos (incluyendo la medición del proyecto) y unos planos de la instalación, tenemos que recurrir a otros

módulos de gestión de proyectos (incluidos dentro del paquete de programas ofertados por CYPE y Procuno como vimos en la descripción general de los mismos), independientes de los módulos de infraestructuras para completar nuestro proyecto.

Destacar lo completa que es la memoria descriptiva creada por DMelect, pues no solo incluye una descripción completa de la instalación (Antecedentes, objeto del proyecto, reglamentación, emplazamiento, dotación de la zona de actuación, conexión con el sistema general de distribución, descripción general de la instalación, tubos y protecciones de las tuberías, planos y conclusión), sino que además incluye un apartado de seguridad, higiene y salud en el trabajo con diversos apartados que hablan sobre prevención de riesgos laborales, así como de seguridad y salud en el trabajo. En la actualidad, el tema de prevención de riesgos laborales y seguridad en el trabajo está a la orden del día, de ahí lo útil que exista un apartado (por cierto bastante amplio) dedicado a este aspecto.

Además como vemos DMelect también genera un pliego de condiciones. Por un lado se establecen unas condiciones generales que determinan los requisitos a que se debe ajustar la ejecución de instalaciones para el abastecimiento de agua cuyas características técnicas estarán especificadas en el correspondiente Proyecto. Por el otro, se establecen condiciones técnicas para la ejecución de redes de abastecimiento de agua que determinan las condiciones mínimas aceptables para su ejecución. Un poco a modo de resumen se trata de un documento en el cual se describen de forma minuciosa las características constructivas y de ejecución de todas las instalaciones proyectadas, así como las responsabilidades que debe asumir cada una de las partes que interviene en la ejecución de la obra.

Por tanto podemos decir que aunque tal vez la memoria de cálculo de DMelect no sea tan completa, clara y ordenada como las de CYPE o Procuno, sí aporta bastante información en cuanto a memoria descriptiva y pliego de condiciones que no aporta ni CYPE ni Procuno. Por tanto, podemos decir que, aunque tal vez DMelect no sea precisamente el programa más exacto a la hora de realizar los cálculos, ni tenga la memoria de cálculos más completa, es sin duda el programa más completo de los tres en cuanto a nivel de información aportada. Como vemos se mantiene la tendencia que vimos cuando hicimos el estudio de los módulos de electrificación y como veremos esta tendencia se mantendrá cuando estudiemos los módulos de alcantarillado.

Sin embargo, en cuanto a nivel de cálculos, en este caso es claramente superior CYPE, pues no sólo trabaja con fórmulas analíticas teóricas, sino

que su base fundamental de cálculos se basa en el método de elementos finitos, una de las herramientas de cálculo más modernas y fiables dentro del campo de la ingeniería. A esto hay que sumarle la posibilidad única que tenemos de particularizar las condiciones de presión máxima y mínima para cada nudo y de velocidad máxima y mínima en cada tramo (Recordar que con Procuno sólo podíamos particularizar la condición de presión mínima en cada nudo y con DMelect no podemos particularizar ninguna). En este apartado queda claramente atrás DMelect, pues como ya analizamos, no emplea fórmulas teóricas para el cálculo de pérdidas en tuberías, lo que hace que los valores obtenidos aunque no sean malos, no tienen la precisión conseguida con CYPE. Con Procuno, dada su particular filosofía de sobredimensionar la instalación a fin de reducir la velocidad máxima, y así reducir el desgaste de las tuberías y el ruido de la instalación, realmente no hemos podido ver las diferencias de resultados respecto a CYPE y DMelect, si bien podemos decir que, aunque no podamos particularizar las condiciones de velocidad y presión en nudos y ramas respectivamente (salvo la condición de presión mínima en cada nudo) como hacíamos con CYPE, la precisión que Procuno realiza los cálculos es buena, ya que como vimos utiliza fórmulas analíticas teóricas para realizar sus cálculos.

4.3 - Resultados para el cálculo de la instalación de saneamiento -

Los datos generales de la instalación, la mayoría de los cuales se contemplan en el plan parcial de nuestro polígono (ver apéndice 2), y comunes para los tres programas objeto de la comparativa son los siguientes:

- Tipo de red de alcantarillado: Sistema unitario
- Velocidad máxima: 3 m/s
- Velocidad mínima: 0.5 m/s
- Diámetros mínimos: Redes principales \leq 300 mm
Redes secundarias o acometidas \leq 200 mm
- Material: Redes principales \rightarrow Hormigón en masa
Redes secundarias o acometidas \rightarrow UPVC
- Separación máxima entre pozos de registro: 50 m
- Evacuación de aguas fecales = Dotación de agua potable 1.1 l/s
- Superficie evacuada de aguas pluviales por sumidero: 450 m²
- Cámaras de descarga: 20 l/s
- Diámetro de los pozos de registro circulares \leq 60 cm
- Superficie de las dos manzanas: 4.4 y 2.8 Ha respectivamente
- Parcela mínima: 600m²

Como vemos para el cálculo de aguas residuales se ha optado por la opción conservadora y se ha supuesto igual a la dotación de aguas potables y se ha introducido como un caudal directo. Por otro lado como el objetivo es hacer un cálculo similar con los tres programas para poder comparar los resultados con uno, para el cálculo del caudal de pluviales ha surgido un inconveniente, pues como vimos en la descripción de cada programa, cada uno hace este cálculo de una forma distinta. Por ello la solución más sencilla ha sido utilizar el cálculo de pluviales que hace DMelect y tomarlo como caudal directo con CYPE y Procuno consiguiendo de esta forma que al final el caudal evacuado por la red de saneamiento diseñada con los tres programas sea el mismo. El caudal de pluviales calculado por DMelect lo hace tomando $0.1 \text{ m}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$ y multiplicando por un factor que depende de la zona geográfica en la que nos encontremos (como estamos en la zona Y hay que mayorar el resultado por 1.5). Por tanto como la superficie de agua a evacuar por sumidero es de 450 m^2 el caudal de pluviales es el siguiente:

$0.1 \text{ m}^3/\text{s}\cdot\text{ha} \times 0.045 \text{ ha} \times 1.5 = 0.00675 \text{ m}^3/\text{s} = 6.75 \text{ l/s}$, que sumado al caudal de aguas residuales da un caudal directo total de 7.85 l/s .

Por lo tanto mientras que con DMelect se ha separado por una lado el caudal de aguas fecales y por otro el de aguas pluviales, con CYPE y Procuno con idea de hacer el mismo cálculo se ha tomado un caudal directo de 7.85 l/s que incluye tanto el caudal de aguas residuales como de aguas pluviales.

Por otro lado veamos otros datos necesarios, dependiendo del tipo de programa que utilicemos:

- Pendiente mínima 0.3% y pendiente máxima 1.5% , datos utilizados únicamente por CYPE. Como vimos, con CYPE sólo podemos introducir los nudos por cotas, luego una forma de no introducir pendientes excesivas o muy pequeñas es tener la posibilidad de limitarlas. Esto en realidad, no es algo exclusivo que tenga CYPE, sino que en realidad es una forma de compensar que no tengamos dos posibilidades de trabajo como con DMelect y Procuno (Recordar que con DMelect podíamos introducir los nudos por cotas o bien fijando la pendiente de las ramas, mientras que con Procuno podíamos introducir los nudos por cotas o bien definir previamente las cotas del terreno lo que de alguna forma fija las pendientes de las ramas).
- Velocidad máxima a caudal máximo 3 m/s , dato utilizado sólo por Procuno, que además de poder definir una velocidad máxima para

cualquier calado, permite definir una velocidad máxima a calado máximo lo que permite personalizar más el diseño de nuestra red de alcantarillado.

- Calado máximo 100 %, dato utilizado por los tres programas. La diferencia entre CYPE y Procuno con DMelect es que en los dos primeros podemos introducir cualquier calado entre 0% y 100 %, mientras que con DMelect estamos limitados a tres valores (50 %, 75 % y 100 %). Además Procuno permite personalizar un poco más pudiendo además definir un calado mínimo. DMelect también tiene algo parecido, pero en vez de definir un calado mínimo, lo que hacemos es definir un caudal mínimo para todas las ramas.

- Tipo de formulación Manning-Strickler, dato que introducimos únicamente para CYPE pues como vimos es el único de los tres programas que trabaja con distintos tipos de formulaciones (ver descripción general del programa).

- Factor de infiltración por centímetro de diámetro y kilómetro, factor que sólo tiene en cuenta CYPE, por lo que lo tomaremos 0, de forma que podamos hacer el mismo cálculo con los tres programas.

- Coeficiente de escorrentía e intensidad de lluvia, datos utilizados por Procuno y CYPE para el cálculo del caudal de pluviales. Procuno en este apartado va más allá pues permite estimarlos, mientras que con CYPE debemos irnos a fuentes externas para su cálculo. Para el coeficiente de escorrentía definimos el tipo de superficie que tenemos, mientras que para calcular la intensidad de lluvia definimos la zona geográfica en la que nos encontramos.

- Profundidad de enterramiento: Tomaremos un mínimo de 1.5 m y un máximo de 6 m. Estos datos únicamente se introducen en Procuno y no se utilizan para realizar un cálculo de la excavación, sino para fijar el enterramiento máximo y mínimo de la red de alcantarillado.

- Excavaciones: Se tomara una profundidad mínima de 1.5 m y de 0.35 m de espesor de firme. Datos únicamente utilizados por CYPE y utilizados para obtener una medición de la excavación.

A continuación vemos un detalle de la instalación de alcantarillado, con una la numeración de nudos (en negro) y ramas (en azul), que se ha procurado en la medida de lo posible que sea común para los tres programas. Más detalladamente puede verse este esquema en los planos

que adjunto con la memoria (ver apéndice 4). En ellos puede verse con detalle qué planos genera cada programa, así como la superficie parcelaria sobre la que se ha realizado el diseño de la instalación de alcantarillado.

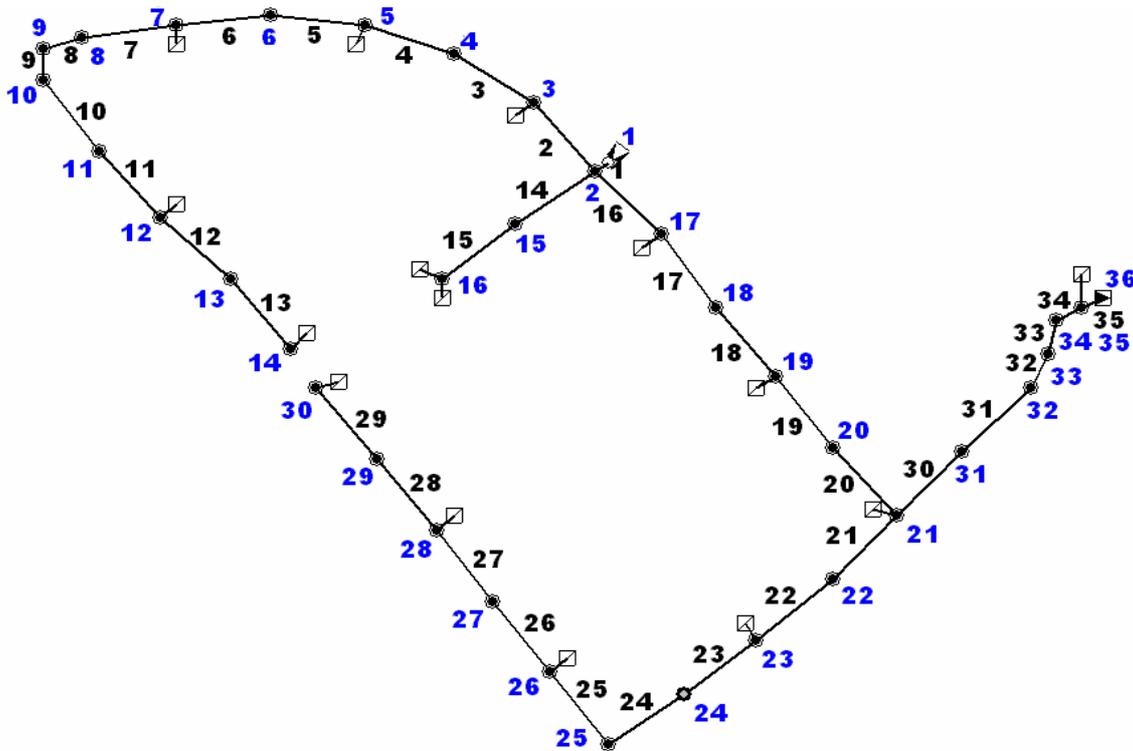


Fig. 1: Detalle de la instalación de alcantarillado y numeración de nudos y ramas

Notar que sólo se ha numerado la red principal de alcantarillado y no las acometidas que llegan a ella. Dado que el caudal evacuado en cada acometida es el mismo, el diámetro de cada una será el mismo para todas las acometidas, por lo que no se ha hecho necesario numerarlos, ya que las diferencias de resultados las encontraremos en la red principal.

Una vez hechas estas aclaraciones, veamos cuales son las memorias de cálculos volcadas por los tres programas para poderlas comparar.

1-) Memoria de cálculos de DMelect

ANEXO DE CALCULOS

Fórmulas Generales

Emplearemos las siguientes:

$$Q_{II} = 1/n S^{1/2} R_h^{2/3} A$$

$$V_{II} = 1/n S^{1/2} R_h^{2/3}$$

Siendo:

$$Q_{II} = \text{Caudal a conducto lleno (m}^3\text{/s)}.$$

$V_{||}$ = Velocidad a conducto lleno (m/s).
 n = Coeficiente de Manning (Adimensional).
 S = Pendiente hidráulica (En tanto por uno).
 R_h = Radio hidráulico (m).
 A = Area de la sección recta (m²).

a) Sección Circular.

$R_h = 0.25 D$.
 $A = 0.7854 D^2$.

b) Sección Ovoide.

$R_h = 0.193 D$.
 $A = 0.510 D^2$.

Siendo:

D = Altura del conducto (m).

Datos Generales

Zona geográfica: Y
 Velocidad máxima: 3 m/s
 Velocidad mínima: 0.5 m/s
 Caudal máximo de diseño para Y/D: 1

A continuación se presentan los resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Linea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long (m)	Material	n	Pte (mm/m)	Dn (mm)	Dint (mm)	$Q_{ }$ (m ³ /s)	$V_{ }$ (m/s)	Q (m ³ /s)	V (m/s)	Y (mm)
1	1	2	9	UPVC	0.012	6	200	190.2	0.0241	0.85	0.02		
	0.91	138											
2	2	3	50	Fibr	0.012	6	300	300	0.0811	1.15	0.028		
	1.06	122											
3	3	4	50	Fibr	0.012	6	300	300	0.0811	1.15	0.0224		
	0.99	108											
4	4	5	50	Fibr	0.012	6	300	300	0.0811	1.15	0.0224		
	0.99	108											
5	5	6	50	Fibr	0.012	6	300	300	0.0811	1.15	0.0168		
	0.92	93											
6	6	7	50	Fibr	0.012	6	300	300	0.0811	1.15	0.0168		
	0.92	93											
7	7	8	50	Fibr	0.012	6	300	300	0.0811	1.15	0.0112		
	0.83	75											
8	8	9	21	Fibr	0.012	6	300	300	0.0811	1.15	0.0112		
	0.83	75											
9	9	10	17	Fibr	0.012	6	300	300	0.0811	1.15	0.0112		
	0.83	75											
10	10	11	50	Fibr	0.012	6	300	300	0.0811	1.15	0.0112		
	0.83	75											
11	11	12	50	Fibr	0.012	6	300	300	0.0811	1.15	0.0112		
	0.83	75											
12	12	13	50	Fibr	0.012	6	300	300	0.0811	1.15	0.0056		
	0.68	53											
13	13	14	50	Fibr	0.012	6	300	300	0.0811	1.15	0.0056		
	0.68	53											
14	2	15	50	Fibr	0.012	6	300	300	0.0811	1.15	0.0112		
	0.83	75											
15	15	16	50	Fibr	0.012	6	300	300	0.0811	1.15	0.0112		
	0.83	75											
16	2	17	50	Fibr	0.012	6	350	350	0.1224	1.27	0.0867		
	1.35	222											
17	17	18	50	Fibr	0.012	6	350	350	0.1224	1.27	0.0968		
	1.36	244											
18	18	19	50	Fibr	0.012	6	350	350	0.1224	1.27	0.0968		
	1.36	244											
19	19	20	50	Fibr	0.012	6	350	350	0.1224	1.27	0.1024		
	1.36	255											

Memoria PFC - Juan Luis Paredes Ortiz -

20	20	21	50	Fibr	0.012	6	350	350	0.1224	1.27	0.1024
	1.36	255									
21	21	22	50	Fibr	0.012	6	300	300	0.0811	1.15	0.0224
	0.99	108									
22	22	23	50	Fibr	0.012	6	300	300	0.0811	1.15	0.0224
	0.99	108									
23	23	24	50	Fibr	0.012	6	300	300	0.0811	1.15	0.0168
	0.92	93									
24	24	25	50	Fibr	0.012	6	300	300	0.0811	1.15	0.0168
	0.92	93									
25	25	26	50	Fibr	0.012	6	300	300	0.0811	1.15	0.0168
	0.92	93									
26	26	27	50	Fibr	0.012	6	300	300	0.0811	1.15	0.0112
	0.83	75									
27	27	28	50	Fibr	0.012	6	300	300	0.0811	1.15	0.0112
	0.83	75									
28	28	29	50	Fibr	0.012	6	300	300	0.0811	1.15	0.0056
	0.68	53									
29	29	30	50	Fibr	0.012	6	300	300	0.0811	1.15	0.0056
	0.68	53									
30	21	31	50	Fibr	0.012	6	400	400	0.1748	1.39	0.1304
	1.49	264									
31	31	32	50	Fibr	0.012	6	400	400	0.1748	1.39	0.1304
	1.49	264									
32	32	33	22	Fibr	0.012	6	400	400	0.1748	1.39	0.1304
	1.49	264									
33	33	34	19	Fibr	0.012	6	400	400	0.1748	1.39	0.1304
	1.49	264									
34	34	35	14	Fibr	0.012	6	400	400	0.1748	1.39	0.1304
	1.49	264									
35	3	36	12	UPVC	0.012	10	200	190.2	0.0311	1.09	0.0011
	0.54**	24									
36	5	37	12	UPVC	0.012	10	200	190.2	0.0311	1.09	0.0011
	0.54	24									
37	7	38	12	UPVC	0.012	10	200	190.2	0.0311	1.09	0.0011
	0.54	24									
38	12	39	12	UPVC	0.012	10	200	190.2	0.0311	1.09	0.0011
	0.54	24									
39	14	40	12	UPVC	0.012	10	200	190.2	0.0311	1.09	0.0011
	0.54	24									
40	3	41	12	UPVC	0.012	10	200	190.2	0.0311	1.09	0.0045
	0.79	48									
41	5	42	12	UPVC	0.012	10	200	190.2	0.0311	1.09	0.0045
	0.79	48									
42	7	43	12	UPVC	0.012	10	200	190.2	0.0311	1.09	0.0045
	0.79	48									
43	12	44	12	UPVC	0.012	10	200	190.2	0.0311	1.09	0.0045
	0.79	48									
44	14	45	12	UPVC	0.012	10	200	190.2	0.0311	1.09	0.0045
	0.79	48									
45	16	46	12	UPVC	0.012	10	200	190.2	0.0311	1.09	0.0045
	0.79	48									
46	16	47	12	UPVC	0.012	10	200	190.2	0.0311	1.09	0.0045
	0.79	48									
47	16	48	12	UPVC	0.012	10	200	190.2	0.0311	1.09	0.0011
	0.54	24									
48	16	49	12	UPVC	0.012	10	200	190.2	0.0311	1.09	0.0011
	0.54	24									
49	17	50	12	UPVC	0.012	10	200	190.2	0.0311	1.09	0.0011
	0.54	24									
50	19	51	12	UPVC	0.012	10	200	190.2	0.0311	1.09	0.0011
	0.54	24									
51	21	52	12	UPVC	0.012	10	200	190.2	0.0311	1.09	0.0011
	0.54	24									
52	23	53	12	UPVC	0.012	10	200	190.2	0.0311	1.09	0.0011
	0.54	24									
53	26	54	12	UPVC	0.012	10	200	190.2	0.0311	1.09	0.0011
	0.54	24									
54	28	55	12	UPVC	0.012	10	200	190.2	0.0311	1.09	0.0011
	0.54	24									
55	30	56	12	UPVC	0.012	10	200	190.2	0.0311	1.09	0.0011
	0.54	24									
56	17	57	12	UPVC	0.012	10	200	190.2	0.0311	1.09	0.0045
	0.79	48									
57	19	58	12	UPVC	0.012	10	200	190.2	0.0311	1.09	0.0045
	0.79	48									

Memoria PFC - Juan Luis Paredes Ortiz -

58	21	59	12	UPVC	0.012	10	200	190.2	0.0311	1.09	0.0045
	0.79	48									
59	23	60	12	UPVC	0.012	10	200	190.2	0.0311	1.09	0.0045
	0.79	48									
60	26	61	12	UPVC	0.012	10	200	190.2	0.0311	1.09	0.0045
	0.79	48									
61	28	62	12	UPVC	0.012	10	200	190.2	0.0311	1.09	0.0045
	0.79	48									
62	30	63	12	UPVC	0.012	10	200	190.2	0.0311	1.09	0.0045
	0.79	48									
63	35	64	12	UPVC	0.012	10	200	190.2	0.0311	1.09	0.0075
	0.92	64									
64	35	65	12	UPVC	0.012	10	400	380.4	0.1973	1.74	0.1379
	1.84*	238									

Nudo	Cota(m)	Superf.ev(ha)	Nºviv	Caudal(l/s)	Caudal Total(l/s)
1		0	0	20	20
2		0.05	0	20	27.5
3		0	0	0	0
4		0	0	0	0
5		0	0	0	0
6		0	0	0	0
7		0	0	0	0
8		0	0	0	0
9		0	0	0	0
10		0	0	0	0
11		0	0	0	0
12		0	0	0	0
13		0	0	0	0
14		0	0	0	0
15		0	0	0	0
16		0	0	0	0
17		0.03	0	0	4.5
18		0	0	0	0
19		0	0	0	0
20		0	0	0	0
21		0	0	0	0
22		0	0	0	0
23		0	0	0	0
24		0	0	0	0
25		0	0	0	0
26		0	0	0	0
27		0	0	0	0
28		0	0	0	0
29		0	0	0	0
30		0	0	0	0
31		0	0	0	0
32		0	0	0	0
33		0	0	0	0
34		0	0	0	0
35		0	0	0	0
36		0	0	1.1	1.1
37		0	0	1.1	1.1
38		0	0	1.1	1.1
39		0	0	1.1	1.1
40		0	0	1.1	1.1
41		0.03	0	0	4.5
42		0.03	0	0	4.5
43		0.03	0	0	4.5
44		0.03	0	0	4.5
45		0.03	0	0	4.5
46		0.03	0	0	4.5

47	0.03	0	0	4.5
48	0	0	1.1	1.1
49	0	0	1.1	1.1
50	0	0	1.1	1.1
51	0	0	1.1	1.1
52	0	0	1.1	1.1
53	0	0	1.1	1.1
54	0	0	1.1	1.1
55	0	0	1.1	1.1
56	0	0	1.1	1.1
57	0.03	0	0	4.5
58	0.03	0	0	4.5
59	0.03	0	0	4.5
60	0.03	0	0	4.5
61	0.03	0	0	4.5
62	0.03	0	0	4.5
63	0.03	0	0	4.5
64	0.05	0	0	7.5
65	0.05	0	0	7.5

NOTA:

- * Rama de mayor velocidad.
- ** Rama de menor velocidad.

Cálculo Aliviadero

Altura del conducto de entrada: 400 mm
 Altura de cresta H: 100 mm
 Altura del conducto de salida a la depuradora: 300 mm
 Altura del conducto de salida al cauce receptor: 400 mm

ELEMENTOS

<u>Designación</u>	<u>Total(m)</u>	<u>Pu(Euros)</u>	<u>Ptotal(Euros)</u>
Cámara de Descarga	1		
Aliviadero	1		
Pozo de Registro Circular	34		
Arqueta	14		
Sumidero	15		

MEDICION DEL PROYECTO

MEDICION DE TUBOS

<u>Diámetro Nom.(mm)</u>	<u>Material</u>	<u>Total(m)</u>	<u>Pu(Euros)</u>	<u>Ptotal(Euros)</u>
200	UPVC	357.02		
300	Fibrocemento	1088.02		
350	Fibrocemento	250		
400	Fibrocemento	155		
400	UPVC	12		

De nuevo, DMelect en su memoria de cálculos primeramente justifica de qué manera se han llevado a cabo todos los cálculos de la instalación de

alcantarillado, haciendo un resumen de formulas completo incluyendo los tipos de secciones utilizadas por el programa (circular y ovoide).

Una vez justificados los cálculos, podemos ver los resultados para los nudos y ramas, así como las condiciones generales para los que se han realizado dichos cálculos (Zona geográfica, velocidad máxima y mínima, y calado). También incluye los resultados de las mediciones de los metros de tubería empleados según el diámetro de tubería y material así como una medición de los elementos utilizados en el diseño de la instalación (Arquetas, pozos de registro, cámaras de descarga, aliviadero etc.). Como ha venido ocurriendo con los otro módulos, se echa un poco en falta que el programa no genere cuadros resumen para los resultados para cada nudo y rama, pues de la forma en la que el programa vuelca los resultados da la impresión de desorden y apelmazamiento, restándole claridad.

2-) Memoria de cálculos de CYPE

1. Descripción de la red de saneamiento

- Título: Cañadas de San Pedro

La velocidad de la instalación deberá quedar por encima del mínimo establecido, para evitar sedimentación, incrustaciones y estancamiento, y por debajo del máximo, para que no se produzca erosión.

2. Descripción de los materiales empleados

Los materiales utilizados para esta instalación son:

1A 2000 TUBO UPVC - Coeficiente de Manning: 0.01200

Descripción	Geometría	Dimensión	Diámetros mm
DN200	Circular	Diámetro	188.8
DN350	Circular	Diámetro	378.0

A 4000 TUBO FIB - Coeficiente de Manning: 0.01200

Descripción	Geometría	Dimensión	Diámetros mm
DN300	Circular	Diámetro	300.0
DN350	Circular	Diámetro	350.0

El diámetro a utilizar se calculará de forma que la velocidad en la conducción no exceda la velocidad máxima y supere la velocidad mínima establecidas para el cálculo.

3. Descripción de terrenos

Las características de los terrenos a excavar se detallan a continuación.

Descripción	Lecho cm	Relleno cm	Ancho mínimo cm	Distancia lateral cm	Talud
Terrenos cohesivos	20	20	70	25	1/3

4. Formulación

Para el cálculo de conducciones de saneamiento, se emplea la fórmula de Manning - Strickler.

$$Q = \frac{A \cdot Rh^{(2/3)} \cdot So^{(1/2)}}{n}$$

$$v = \frac{Rh^{(2/3)} \cdot So^{(1/2)}}{n}$$

donde:

- ⇒ Q es el caudal en m3/s
- ⇒ v es la velocidad del fluido en m/s
- ⇒ A es la sección de la lámina de fluido (m2).
- ⇒ Rh es el radio hidráulico de la lámina de fluido (m).
- ⇒ So es la pendiente de la solera del canal (desnivel por longitud de conducción).
- ⇒ n es el coeficiente de Manning.

5. Combinaciones

A continuación se detallan las hipótesis utilizadas en los aportes, y las combinaciones que se han realizado ponderando los valores consignados para cada hipótesis.

Combinación	Hipótesis Fecales	Hipótesis Pluviales
Fecales	1.00	0.00
Fecales+Pluviales	1.00	1.00

6. Resultados

6.1 Listado de nudos

Combinación: Fecales

Nudo	Cota m	Prof. Pozo m	Caudal sim. l/s	Coment.
1	2.60	1.69	20.00	
2	2.55	1.80	0.00	
3	2.85	1.80	0.00	
4	3.15	1.80	0.00	
5	3.45	1.80	0.00	
6	3.75	1.80	0.00	
7	4.05	1.80	0.00	
8	4.35	1.80	0.00	
9	4.48	1.80	0.00	
10	4.58	1.80	0.00	
11	4.88	1.80	0.00	
12	5.18	1.80	0.00	
13	5.48	1.80	0.00	
14	5.78	1.80	0.00	
15	2.85	1.80	0.00	
16	3.15	1.80	0.00	
17	2.25	1.80	0.00	
18	1.95	1.80	0.00	
19	1.65	1.85	0.00	
20	1.35	1.85	0.00	
21	1.05	1.85	0.00	
22	1.35	1.80	0.00	
23	1.65	1.80	0.00	

24	1.95	1.80	0.00
25	2.25	1.80	0.00
26	2.55	1.80	0.00
27	2.85	1.80	0.00
28	3.15	1.80	0.00
29	3.45	1.80	0.00
30	3.75	1.80	0.00
31	0.75	1.85	0.00
32	0.45	1.85	0.00
33	0.32	1.90	0.00
34	0.20	1.90	0.00
35	0.12	1.90	0.00
A1	2.97	1.69	7.85
A2	3.57	1.69	7.85
A3	4.17	1.69	7.85
A4	5.30	1.69	7.85
A5	5.90	1.69	7.85
A6	3.27	1.69	7.85
A7	3.27	1.69	7.85
A8	2.37	1.69	7.85
A9	1.77	1.80	7.85
A10	1.17	1.69	7.85
A11	1.77	1.69	7.85
A12	2.67	1.69	7.85
A13	3.27	1.69	7.85
A14	3.87	1.69	7.85
A15	0.32	1.69	7.50
SM1	0.00	1.90	137.40

Combinación: Fecales+Pluviales

Nudo	Cota m	Prof. Pozo m	Caudal sim. l/s	Coment.
1	2.60	1.69	20.00	
2	2.55	1.80	0.00	
3	2.85	1.80	0.00	
4	3.15	1.80	0.00	
5	3.45	1.80	0.00	
6	3.75	1.80	0.00	
7	4.05	1.80	0.00	
8	4.35	1.80	0.00	
9	4.48	1.80	0.00	
10	4.58	1.80	0.00	
11	4.88	1.80	0.00	
12	5.18	1.80	0.00	
13	5.48	1.80	0.00	
14	5.78	1.80	0.00	
15	2.85	1.80	0.00	
16	3.15	1.80	0.00	
17	2.25	1.80	0.00	
18	1.95	1.80	0.00	
19	1.65	1.85	0.00	
20	1.35	1.85	0.00	
21	1.05	1.85	0.00	
22	1.35	1.80	0.00	

23	1.65	1.80	0.00
24	1.95	1.80	0.00
25	2.25	1.80	0.00
26	2.55	1.80	0.00
27	2.85	1.80	0.00
28	3.15	1.80	0.00
29	3.45	1.80	0.00
30	3.75	1.80	0.00
31	0.75	1.85	0.00
32	0.45	1.85	0.00
33	0.32	1.90	0.00
34	0.20	1.90	0.00
35	0.12	1.90	0.00
A1	2.97	1.69	7.85
A2	3.57	1.69	7.85
A3	4.17	1.69	7.85
A4	5.30	1.69	7.85
A5	5.90	1.69	7.85
A6	3.27	1.69	7.85
A7	3.27	1.69	7.85
A8	2.37	1.69	7.85
A9	1.77	1.80	7.85
A10	1.17	1.69	7.85
A11	1.77	1.69	7.85
A12	2.67	1.69	7.85
A13	3.27	1.69	7.85
A14	3.87	1.69	7.85
A15	0.32	1.69	7.50
SM1	0.00	1.90	137.40

6.2 Listado de tramos

Valores negativos en caudal o velocidad indican que el sentido de circulación es de nudo final a nudo de inicio.

Combinación: Fecales

Inicio	Final	Longitud m	Diámetros mm	Pendiente %	Caudal l/s	Calado mm	Velocidad m/s	Coment.
1	2	9.00	DN200	0.60	20.00	133.39	0.95	
2	3	50.16	DN300	0.60	-39.25	147.25	-1.14	
2	15	51.46	DN300	0.58	-15.70	90.11	-0.88	
2	17	49.75	DN300	0.60	74.95	227.02	1.38	
3	4	50.05	DN300	0.60	-31.40	129.56	-1.07	
3	A1	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
4	5	50.06	DN300	0.60	-31.40	129.57	-1.07	
5	6	49.91	DN300	0.60	-23.55	110.62	-1.00	
5	A2	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
6	7	50.06	DN300	0.60	-23.55	110.71	-0.99	
7	8	50.12	DN300	0.60	-15.70	89.50	-0.89	
7	A3	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
8	9	20.90	DN300	0.60	-15.70	89.33	-0.89	
9	10	17.50	DN300	0.58	-15.70	90.11	-0.88	
10	11	49.10	DN200	0.62	-15.70	111.65	-0.91	
11	12	49.86	DN300	0.60	-15.70	89.38	-0.89	
12	13	50.17	DN300	0.60	-7.85	63.08	-0.73	

12	A4	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
13	14	50.17	DN300	0.60	-7.85	63.08	-0.73	
14	A5	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
15	16	49.19	DN300	0.61	-15.70	89.06	-0.89	
16	A6	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
16	A7	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
17	18	50.42	DN300	0.59	82.80	253.13	1.40	
17	A8	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
18	19	49.79	DN300	0.60	82.80	251.14	1.41	
19	20	50.04	DN350	0.60	90.65	224.24	1.44	
19	A9	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
20	21	50.47	DN350	0.59	90.65	224.90	1.44	
21	22	48.83	DN300	0.61	-31.40	128.67	-1.08	
21	31	49.72	DN350	0.60	129.90	310.19	1.64	
21	A10	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
22	23	53.20	DN300	0.56	-31.40	131.79	-1.05	
23	24	48.49	DN300	0.62	-23.55	109.77	-1.01	
23	A11	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
24	25	48.54	DN300	0.62	-23.55	109.80	-1.01	
25	26	50.41	DN300	0.60	-23.55	110.92	-0.99	
26	27	49.72	DN300	0.60	-15.70	89.31	-0.89	
26	A12	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
27	28	50.05	DN300	0.60	-15.70	89.46	-0.89	
28	29	50.24	DN300	0.60	-7.85	63.11	-0.73	
28	A13	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
29	30	51.65	DN300	0.58	-7.85	63.54	-0.72	Vel.mín.
30	A14	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
31	32	51.23	DN350	0.59	129.90	323.44	1.60	
32	33	20.68	DN350	0.64	129.90	296.96	1.69	
33	34	19.71	DN350	0.58	129.90	260.16	1.60	
34	35	14.83	DN350	0.57	129.90	262.08	1.69	
35	A15	12.00	DN200	1.67	-7.50	55.86	-1.08	
35	SM1	12.00	DN350	1.00	137.40	234.85	1.98	Vel.máx.

Combinación: Fecales+Pluviales

Inicio	Final	Longitud m	Diámetros mm	Pendiente %	Caudal l/s	Calado mm	Velocidad m/s	Coment.
1	2	9.00	DN200	0.60	20.00	133.39	0.95	
2	3	50.16	DN300	0.60	-39.25	147.25	-1.14	
2	15	51.46	DN300	0.58	-15.70	90.11	-0.88	
2	17	49.75	DN300	0.60	74.95	227.02	1.38	
3	4	50.05	DN300	0.60	-31.40	129.56	-1.07	
3	A1	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
4	5	50.06	DN300	0.60	-31.40	129.57	-1.07	
5	6	49.91	DN300	0.60	-23.55	110.62	-1.00	
5	A2	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
6	7	50.06	DN300	0.60	-23.55	110.71	-0.99	
7	8	50.12	DN300	0.60	-15.70	89.50	-0.89	
7	A3	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
8	9	20.90	DN300	0.60	-15.70	89.33	-0.89	
9	10	17.50	DN300	0.58	-15.70	90.11	-0.88	
10	11	49.10	DN200	0.62	-15.70	111.65	-0.91	
11	12	49.86	DN300	0.60	-15.70	89.38	-0.89	
12	13	50.17	DN300	0.60	-7.85	63.08	-0.73	

12	A4	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
13	14	50.17	DN300	0.60	-7.85	63.08	-0.73	
14	A5	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
15	16	49.19	DN300	0.61	-15.70	89.06	-0.89	
16	A6	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
16	A7	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
17	18	50.42	DN300	0.59	82.80	253.13	1.40	
17	A8	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
18	19	49.79	DN300	0.60	82.80	251.14	1.41	
19	20	50.04	DN350	0.60	90.65	224.24	1.44	
19	A9	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
20	21	50.47	DN350	0.59	90.65	224.90	1.44	
21	22	48.83	DN300	0.61	-31.40	128.67	-1.08	
21	31	49.72	DN350	0.60	129.90	310.19	1.64	
21	A10	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
22	23	53.20	DN300	0.56	-31.40	131.79	-1.05	
23	24	48.49	DN300	0.62	-23.55	109.77	-1.01	
23	A11	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
24	25	48.54	DN300	0.62	-23.55	109.80	-1.01	
25	26	50.41	DN300	0.60	-23.55	110.92	-0.99	
26	27	49.72	DN300	0.60	-15.70	89.31	-0.89	
26	A12	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
27	28	50.05	DN300	0.60	-15.70	89.46	-0.89	
28	29	50.24	DN300	0.60	-7.85	63.11	-0.73	
28	A13	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
29	30	51.65	DN300	0.58	-7.85	63.54	-0.72	Vel.mín.
30	A14	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
31	32	51.23	DN350	0.59	129.90	323.44	1.60	
32	33	20.68	DN350	0.64	129.90	296.96	1.69	
33	34	19.71	DN350	0.58	129.90	260.16	1.60	
34	35	14.83	DN350	0.57	129.90	262.08	1.69	
35	A15	12.00	DN200	1.67	-7.50	55.86	-1.08	
35	SM1	12.00	DN350	1.00	137.40	234.85	1.98	Vel.máx.

7. Envoltente

Se indican los máximos de los valores absolutos.

Envoltente de máximos

Inicio	Final	Longitud m	Diámetros mm	Pendiente %	Caudal l/s	Calado mm	Velocidad m/s	Coment.
1	2	9.00	DN200	0.60	20.00	133.39	0.95	
2	3	50.16	DN300	0.60	-39.25	147.25	-1.14	
2	15	51.46	DN300	0.58	-15.70	90.11	-0.88	
2	17	49.75	DN300	0.60	74.95	227.02	1.38	
3	4	50.05	DN300	0.60	-31.40	129.56	-1.07	
3	A1	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
4	5	50.06	DN300	0.60	-31.40	129.57	-1.07	
5	6	49.91	DN300	0.60	-23.55	110.62	-1.00	
5	A2	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
6	7	50.06	DN300	0.60	-23.55	110.71	-0.99	
7	8	50.12	DN300	0.60	-15.70	89.50	-0.89	
7	A3	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
8	9	20.90	DN300	0.60	-15.70	89.33	-0.89	

9	10	17.50	DN300	0.58	-15.70	90.11	-0.88	
10	11	49.10	DN200	0.62	-15.70	111.65	-0.91	
11	12	49.86	DN300	0.60	-15.70	89.38	-0.89	
12	13	50.17	DN300	0.60	-7.85	63.08	-0.73	
12	A4	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
13	14	50.17	DN300	0.60	-7.85	63.08	-0.73	
14	A5	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
15	16	49.19	DN300	0.61	-15.70	89.06	-0.89	
16	A6	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
16	A7	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
17	18	50.42	DN300	0.59	82.80	253.13	1.40	
17	A8	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
18	19	49.79	DN300	0.60	82.80	251.14	1.41	
19	20	50.04	DN350	0.60	90.65	224.24	1.44	
19	A9	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
20	21	50.47	DN350	0.59	90.65	224.90	1.44	
21	22	48.83	DN300	0.61	-31.40	128.67	-1.08	
21	31	49.72	DN350	0.60	129.90	310.19	1.64	
21	A10	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
22	23	53.20	DN300	0.56	-31.40	131.79	-1.05	
23	24	48.49	DN300	0.62	-23.55	109.77	-1.01	
23	A11	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
24	25	48.54	DN300	0.62	-23.55	109.80	-1.01	
25	26	50.41	DN300	0.60	-23.55	110.92	-0.99	
26	27	49.72	DN300	0.60	-15.70	89.31	-0.89	
26	A12	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
27	28	50.05	DN300	0.60	-15.70	89.46	-0.89	
28	29	50.24	DN300	0.60	-7.85	63.11	-0.73	
28	A13	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
29	30	51.65	DN300	0.58	-7.85	63.54	-0.72	Vel.mín.
30	A14	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
31	32	51.23	DN350	0.59	129.90	323.44	1.60	
32	33	20.68	DN350	0.64	129.90	296.96	1.69	
33	34	19.71	DN350	0.58	129.90	260.16	1.60	
34	35	14.83	DN350	0.57	129.90	262.08	1.69	
35	A15	12.00	DN200	1.67	-7.50	55.86	-1.08	
35	SM1	12.00	DN350	1.00	137.40	234.85	1.98	Vel.máx.

Se indican los mínimos de los valores absolutos.

Envolvente de mínimos

Inicio	Final	Longitud m	Diámetros mm	Pendiente %	Caudal l/s	Calado mm	Velocidad m/s	Coment.
1	2	9.00	DN200	0.60	20.00	133.39	0.95	
2	3	50.16	DN300	0.60	-39.25	147.25	-1.14	
2	15	51.46	DN300	0.58	-15.70	90.11	-0.88	
2	17	49.75	DN300	0.60	74.95	227.02	1.38	
3	4	50.05	DN300	0.60	-31.40	129.56	-1.07	
3	A1	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
4	5	50.06	DN300	0.60	-31.40	129.57	-1.07	
5	6	49.91	DN300	0.60	-23.55	110.62	-1.00	
5	A2	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
6	7	50.06	DN300	0.60	-23.55	110.71	-0.99	
7	8	50.12	DN300	0.60	-15.70	89.50	-0.89	

7	A3	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
8	9	20.90	DN300	0.60	-15.70	89.33	-0.89	
9	10	17.50	DN300	0.58	-15.70	90.11	-0.88	
10	11	49.10	DN200	0.62	-15.70	111.65	-0.91	
11	12	49.86	DN300	0.60	-15.70	89.38	-0.89	
12	13	50.17	DN300	0.60	-7.85	63.08	-0.73	
12	A4	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
13	14	50.17	DN300	0.60	-7.85	63.08	-0.73	
14	A5	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
15	16	49.19	DN300	0.61	-15.70	89.06	-0.89	
16	A6	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
16	A7	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
17	18	50.42	DN300	0.59	82.80	253.13	1.40	
17	A8	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
18	19	49.79	DN300	0.60	82.80	251.14	1.41	
19	20	50.04	DN350	0.60	90.65	224.24	1.44	
19	A9	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
20	21	50.47	DN350	0.59	90.65	224.90	1.44	
21	22	48.83	DN300	0.61	-31.40	128.67	-1.08	
21	31	49.72	DN350	0.60	129.90	310.19	1.64	
21	A10	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
22	23	53.20	DN300	0.56	-31.40	131.79	-1.05	
23	24	48.49	DN300	0.62	-23.55	109.77	-1.01	
23	A11	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
24	25	48.54	DN300	0.62	-23.55	109.80	-1.01	
25	26	50.41	DN300	0.60	-23.55	110.92	-0.99	
26	27	49.72	DN300	0.60	-15.70	89.31	-0.89	
26	A12	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
27	28	50.05	DN300	0.60	-15.70	89.46	-0.89	
28	29	50.24	DN300	0.60	-7.85	63.11	-0.73	
28	A13	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
29	30	51.65	DN300	0.58	-7.85	63.54	-0.72	Vel.mín.
30	A14	12.00	DN200	1.00	-7.85	65.37	-0.91	
31	32	51.23	DN350	0.59	129.90	323.44	1.60	
32	33	20.68	DN350	0.64	129.90	296.96	1.69	
33	34	19.71	DN350	0.58	129.90	260.16	1.60	
34	35	14.83	DN350	0.57	129.90	262.08	1.69	
35	A15	12.00	DN200	1.67	-7.50	55.86	-1.08	
35	SM1	12.00	DN350	1.00	137.40	234.85	1.98	Vel.máx.

8. Medición

A continuación se detallan las longitudes totales de los materiales utilizados en la instalación.

1A 2000 TUBO UPVC

Descripción	Longitud m
DN200	238.10
DN400	12.00

A 4000 TUBO FIB

Descripción	Longitud m
DN300	1190.70

9. Medición excavación

Los volúmenes de tierra removidos para la ejecución de la obra son:

Descripción	Vol. excavado m3	Vol. arenas m3	Vol. zahorras m3
Terrenos cohesivos	3663.78	1087.07	2465.12
Total	3663.78	1087.07	2465.12

Volumen de tierras por tramos

Inicio	Final	Terreno Inicio m	Terreno Final m	Longitud m	Prof. Inicio m	Prof. Final m	Ancho fondo cm	Talud	Vol. excavado m3	Vol. arenas m3	Vol. zahorras m3	Superficie pavimento m2
1	2	-0.35	2.20	9.00	1.69	1.69	70.00	1/3	3.31	0.79	2.37	6.45
2	3	2.20	2.50	50.16	1.80	1.80	90.00	1/3	120.02	36.25	80.22	100.33
2	15	2.20	2.50	51.46	1.80	1.80	90.00	1/3	123.13	37.19	82.30	102.93
2	17	2.20	1.90	49.75	1.80	1.80	90.00	1/3	119.02	35.95	79.55	99.49
3	4	2.50	2.80	50.05	1.80	1.80	90.00	1/3	119.75	36.17	80.04	100.10
3	A1	2.50	2.62	12.00	1.69	1.69	70.00	1/3	22.40	6.00	16.06	20.71
4	5	2.80	3.10	50.06	1.80	1.80	90.00	1/3	119.77	36.18	80.06	100.12
5	6	3.10	3.40	49.91	1.80	1.80	90.00	1/3	119.40	36.06	79.81	99.81
5	A2	3.10	3.22	12.00	1.69	1.69	70.00	1/3	22.40	6.00	16.06	20.71
6	7	3.40	3.70	50.06	1.80	1.80	90.00	1/3	119.76	36.17	80.05	100.11
7	8	3.70	4.00	50.12	1.80	1.80	90.00	1/3	119.91	36.22	80.15	100.24
7	A3	3.70	3.82	12.00	1.69	1.69	70.00	1/3	22.40	6.00	16.06	20.71
8	9	4.00	4.13	20.90	1.80	1.80	90.00	1/3	50.01	15.11	33.43	41.81
9	10	4.13	4.23	17.50	1.80	1.80	90.00	1/3	41.87	12.65	27.99	35.00
10	11	4.23	-0.35	49.10	1.80	1.80	70.00	1/3	11.41	2.46	8.49	20.75
11	12	-0.35	4.83	49.86	1.80	1.80	90.00	1/3	13.45	3.27	8.99	24.45
12	13	4.83	5.13	50.17	1.80	1.80	90.00	1/3	120.02	36.25	80.22	100.33
12	A4	4.83	4.95	12.00	1.69	1.69	70.00	1/3	22.40	6.00	16.06	20.71
13	14	5.13	-0.35	50.17	1.80	1.80	90.00	1/3	11.42	2.78	7.63	20.77
14	A5	-0.35	5.55	12.00	1.69	1.69	70.00	1/3	1.98	0.47	1.42	3.87
15	16	2.50	2.80	49.19	1.80	1.80	90.00	1/3	117.68	35.55	78.66	98.38
16	A6	2.80	2.92	12.00	1.69	1.69	70.00	1/3	22.40	6.00	16.06	20.71
16	A7	2.80	-0.35	12.00	1.69	1.69	70.00	1/3	3.51	0.84	2.52	6.85
17	18	1.90	1.60	50.42	1.80	1.80	90.00	1/3	120.64	36.44	80.63	100.84
17	A8	1.90	2.02	12.00	1.69	1.69	70.00	1/3	22.40	6.00	16.06	20.71
18	19	1.60	1.30	49.79	1.80	1.80	90.00	1/3	119.12	35.98	79.62	99.58
19	20	1.30	1.00	50.04	1.85	1.85	90.00	1/3	124.77	38.35	81.61	101.75
19	A9	1.30	1.42	12.00	1.80	1.80	70.00	1/3	24.75	6.00	18.42	21.60
20	21	1.00	0.70	50.47	1.85	1.85	90.00	1/3	125.83	38.67	82.30	102.61
21	22	0.70	1.00	48.83	1.80	1.80	90.00	1/3	116.82	35.29	78.08	97.66
21	31	0.70	0.40	49.72	1.85	1.85	90.00	1/3	123.96	38.10	81.08	101.09
21	A10	0.70	0.82	12.00	1.69	1.69	70.00	1/3	22.40	6.00	16.06	20.71
22	23	1.00	1.30	53.20	1.80	1.80	90.00	1/3	127.28	38.44	85.08	106.40
23	24	1.30	1.60	48.49	1.80	1.80	90.00	1/3	116.01	35.04	77.54	96.98
23	A11	1.30	1.42	12.00	1.69	1.69	70.00	1/3	22.40	6.00	16.06	20.71
24	25	1.60	2.20	48.54	1.80	1.80	90.00	1/3	131.11	35.07	92.61	101.92
25	26	2.20	2.20	50.41	1.80	1.80	90.00	1/3	136.18	36.43	96.19	105.86
26	27	2.20	2.50	49.72	1.80	1.80	90.00	1/3	118.96	35.93	79.51	99.44
26	A12	2.20	2.32	12.00	1.69	1.69	70.00	1/3	22.40	6.00	16.06	20.71

27	28	2.50	2.80	50.05	1.80	1.80	90.00	1/3	119.74	36.17	80.04	100.10
28	29	2.80	3.10	50.24	1.80	1.80	90.00	1/3	120.21	36.31	80.35	100.49
28	A13	2.80	2.92	12.00	1.69	1.69	70.00	1/3	22.40	6.00	16.06	20.71
29	30	3.10	3.40	51.65	1.80	1.80	90.00	1/3	123.56	37.32	82.59	103.29
30	A14	3.40	3.52	12.00	1.69	1.69	70.00	1/3	22.40	6.00	16.06	20.71
31	32	0.40	0.10	51.23	1.85	1.85	90.00	1/3	127.73	39.26	83.55	104.17
32	33	0.10	-0.03	20.68	1.85	1.85	90.00	1/3	51.57	15.85	33.73	42.06
33	34	-0.03	-0.15	19.71	1.90	1.90	100.00	1/3	54.61	17.50	34.64	42.70
34	35	-0.15	-0.23	14.83	1.90	1.90	100.00	1/3	41.09	13.16	26.06	32.13
35	A15	-0.23	-0.03	12.00	1.69	1.69	70.00	1/3	22.40	6.00	16.06	20.71
35	SM1	-0.23	0.00	12.00	1.90	1.90	90.00	1/3	35.64	9.48	24.81	26.20

Número de pozos por profundidades

Profundidad m	Número de pozos
1.69	15
1.80	27
1.85	5
1.90	4
Total	51

Como veremos la memoria de CYPE será de nuevo la memoria más clara y ordenada de los tres programas. Como siempre, destacar la gran cantidad de cuadros resumen: Incluye un cuadro resumen de los materiales empleados, de los resultados para los nudos y ramas (teniendo en cuenta sólo el caudal de aguas fecales y teniendo en cuenta el caudal total: fecales + pluviales. En este caso ambos los cuadros son iguales por no haberse hecho cálculo de pluviales), de los envolventes (en este caso los cuadros de máximos y mínimos son los mismos pues no hemos hecho ninguna combinación de hipótesis), y de la medición de los materiales y la excavación. Vemos que cada cálculo realizado por el programa lleva asociado un cuadro resumen, lo que da una gran sensación de claridad y orden.

Por el contrario, al igual que ocurría con los otros módulos, se echa un poco en falta que no vengan justificadas todas las formulas empleadas para el calculo de la instalación de alcantarillado, ya que aunque si incluye el tipo de formulación empleada (en este caso la formulación de Manning) no incluye los tipos de sección empleados como hacia DMelect. Eso si, por lo menos toda la formulación utilizada por el programa viene detallada en el manual de usuario del programa.

3-) Memoria de cálculos de Procuno

Dado que Procuno hace una memoria resumen en un formato mayor que el formato A4 empleado durante la realización del proyecto, sólo incluiré esta memoria dentro del formato electrónico del proyecto.

En este caso, y saliéndose de la tónica habitual, la memoria de Procuno como ya vimos en la descripción general del programa es la más escueta de todas, pues sólo incluye resultados de nudos y ramas, además de una medición en la que no incluye el cálculo de la excavación, pues como vimos no realiza dicho cálculo. No incluye un cuadro resumen con los materiales empleados, ni de los datos generales, ni hace una descripción de la instalación y tampoco justifica en ningún caso de que manera se han llevado a cabo los resultados. Por ello en cuanto a nivel de resultados obtenidos con este módulo, Procuno queda atrás respecto a CYPE y sobretodo respecto a DMelect, que en su línea habitual ofrece una memoria descriptiva del proyecto, una memoria de cálculos en la que justifica cada uno de los cálculos realizados, un pliego de condiciones y una medición de la obra.

4-) Comparativa de resultados

Para la comparativa de resultados no sólo me he fijado en los diámetros calculados por uno y otro programa, sino que además me he fijado en la velocidad máxima en cada tramo. Como veremos hay programas que prefieren tomar unos diámetros mayores de los necesarios con el fin de disminuir la velocidad máxima en los distintos tramos y así disminuir el nivel de desgaste de las tuberías. Por otro lado, como ya dije tan sólo me fijaré en la red principal pues por todas las acometidas circula un mismo caudal y todas tienen el mismo diámetro (todas las acometidas tienen un diámetro de 200 mm y el material es UPVC). Dicho esto, pasemos a ver los resultados obtenidos por uno y otro programa:

a) Tabla de diámetros en milímetros.

Tramo	DMelect	CYPE	Procuno
1	200	200	200
2	300	300	300
3	300	300	300
4	300	300	300
5	300	300	300
6	300	300	300
7	300	300	300
8	300	300	300
9	300	300	300
10	300	300	300
11	300	300	300
12	300	300	300
13	300	300	300

14	300	300	300
15	300	300	300
16	350	300	350
17	350	300	350
18	350	300	350
19	350	350	350
20	350	350	350
21	300	300	300
22	300	300	300
23	300	300	300
24	300	300	300
25	300	300	300
26	300	300	300
27	300	300	300
28	300	300	300
29	300	300	300
30	400	350	350
31	400	350	350
32	400	350	350
33	400	350	350
34	400	350	350
35	400	350	350

b) Tabla de velocidades en m/s.

Tramo	DMelect	CYPE	Procuno
1	0.91	0.95	0.94
2	1.06	1.14	1.12
3	0.99	1.07	1.06
4	0.99	1.07	1.05
5	0.93	1	0.98
6	0.93	0.99	0.95
7	0.83	0.89	0.86
8	0.83	0.89	0.85
9	0.83	0.88	0.86
10	0.83	0.91	0.85
11	0.83	0.89	0.86
12	0.68	0.73	0.70
13	0.68	0.73	0.70
14	0.83	0.88	0.85
15	0.83	0.88	0.86
16	1.35	1.38	1.36

17	1.36	1.40	1.37
18	1.36	1.41	1.38
19	1.36	1.44	1.38
20	1.36	1.44	1.37
21	0.99	1.08	1.02
22	0.99	1.05	1.03
23	0.92	1.01	0.95
24	0.92	1.01	0.95
25	0.92	0.99	0.96
26	0.83	0.89	0.86
27	0.83	0.89	0.85
28	0.68	0.73	0.71
29	0.68	0.72	0.71
30	1.49	1.64	1.51
31	1.49	1.60	1.52
32	1.49	1.64	1.51
33	1.49	1.60	1.51
34	1.49	1.60	1.52
35	1.84	1.98	1.86

Viendo los resultados obtenidos concluimos que:

a) CYPE es el programa que adopta unos diámetros menores, a costa de tener una mayor velocidad en cada tramo, y por tanto mayor desgaste y ruido. El programa que toma mayores diámetros es en este caso DMelect. Con todo las diferencias de velocidad a pesar de tomar CYPE unos diámetros menores que DMelect y Procuno, no son muy notorias por que aparentemente parece mejor la filosofía adoptada por CYPE.

b) Por otro lado, aunque en este ejemplo no lo hemos hecho por el tema de poder comparar los resultados obtenidos por uno y otro programa, no olvidar la posibilidad que ofrece CYPE la posibilidad de particularizar las condiciones de velocidad máxima y mínima, y calado máximo en cada tramo, lo que dado el caso, nos permitiría afinar mucho más los resultados que con DMelect y Procuno, que sólo permiten establecer unas condiciones generales de velocidad máxima y mínima, y calado máximo para todos los nudos y tramos. En este sentido Procuno tiene más posibilidades que DMelect, pues además permite establecer una condición de calado mínimo y de velocidad máxima a calado máximo, lo que permite personalizar más nuestra instalación de alcantarillado (estas dos últimas condiciones generales tampoco es posible establecerlas con CYPE).

Por tanto, podemos concluir que el cálculo más fino lo realiza CYPE. También ofrece más posibilidades de cálculo al tener varias alternativas de formulación, aparte de la formulación de Manning-Strickler, además de ofrecer más variedad de secciones de tuberías como ya vimos.

5-) Otras consideraciones y conclusión

Señalemos de nuevo que DMelect, a diferencia de CYPE y Procuno genera una memoria descriptiva del proyecto completa, así como un pliego de condiciones, que adjunto con la memoria (ver apéndice 3), y que hace que en cuanto a nivel de resultados generados, DMelect sea el más completo de todos. Prácticamente con una memoria descriptiva, una memoria de cálculos, una medición, un pliego de condiciones y unos planos de la instalación ya tenemos resuelto nuestro proyecto. Con Procuno y CYPE que sólo generan una memoria de cálculos (incluyendo la medición del proyecto) y unos planos de la instalación, tenemos que recurrir a otros módulos de gestión de proyectos (incluidos dentro del paquete de programas ofertados por CYPE y Procuno como vimos en la descripción general de los mismos), independientes de los módulos de infraestructuras para completar nuestro proyecto.

Destacar lo completa que es la memoria descriptiva creada por DMelect, pues no solo incluye una descripción completa de la instalación (Antecedentes, objeto del proyecto, reglamentación, emplazamiento, dotación de la zona de actuación, conexión con el sistema general de distribución, descripción general de la instalación, tubos y protecciones de las tuberías, planos y conclusión), sino que además incluye un apartado de seguridad, higiene y salud en el trabajo con diversos apartados que hablan sobre prevención de riesgos laborales, así como de seguridad y salud en el trabajo. En la actualidad, el tema de prevención de riesgos laborales y seguridad en el trabajo está a la orden del día, de ahí lo útil que exista un apartado (por cierto bastante amplio) dedicado a este aspecto.

Además, siguiendo en su línea DMelect también genera un pliego de condiciones. Por un lado se establecen unas condiciones generales que determinan los requisitos a que se debe ajustar la ejecución de instalaciones de alcantarillado cuyas características técnicas estarán especificadas en el correspondiente Proyecto. Por el otro, se establecen condiciones técnicas para la ejecución de redes de alcantarillado que determinan las condiciones mínimas aceptables para su ejecución. Un poco a modo de resumen se trata de un documento en el cual se describen de forma minuciosa las características constructivas y de ejecución de todas las instalaciones

proyectadas, así como las responsabilidades que debe asumir cada una de las partes que interviene en la ejecución de la obra.

Por tanto podemos decir que aunque tal vez la memoria de cálculo de DMelect no sea tan completa, clara y ordenada como la de CYPE, sí aporta bastante información en cuanto a memoria descriptiva y pliego de condiciones que no aporta CYPE. Por tanto, podemos decir que, aunque tal vez DMelect no sea precisamente el programa más exacto a la hora de realizar los cálculos, ni tenga la memoria de cálculos más completa, es sin duda el programa más completo de los tres en cuanto a nivel de información aportada. En este caso, Procuno queda muy atrás ya que como vimos no ofrece ni memoria descriptiva ni pliego de condiciones, y además la memoria de cálculos ofrecida es la más pobre de los tres programas, pues sólo ofrece los resultados obtenidos del cálculo de nudos y ramas sin justificar de que manera se han llevado a cabo los mismos.

Sin embargo, en cuanto a nivel de cálculos, como ocurría con los módulos de abastecimiento de agua CYPE es superior, pues aunque la formulación utilizada, así como el método de cálculo de recuento de caudales hasta el punto de vertido de los tres programas es el mismo, con CYPE tenemos la posibilidad única de particularizar las condiciones de caudal máximo y velocidad máxima y mínima en cada tramo. Lo malo de CYPE en este sentido es no tener la posibilidad de estimar los caudales de pluviales, opción que sí teníamos con Procuno y DMelect, lo que nos obliga a recurrir a fuentes externas al programa para su estimación.

5.0 - Conclusiones finales -

Antes de llegar a una conclusión final, recordemos un poco lo que he hecho hasta ahora durante la realización del presente trabajo:

- Primeramente hice una comparativa global de los programas, para ver qué tipo de instalaciones eran capaces de abordar cada uno de ellos. Vimos que el único programa capaz de abordar todos los tipos de instalaciones (Abastecimiento de agua, alcantarillado, red eléctrica, alumbrado público y red de gas) de manera general era Procuno. DMelect no tenía módulo para el cálculo de la red de gas, mientras que CYPE no lo tenía para el cálculo de la red de alumbrado público. Por ello, en cuanto a nivel global, vimos que Procuno era el programa más completo de todos. También vimos que particularizando para el cálculo de redes eléctricas, sólo DMelect era capaz de abordar todos los tipos de instalaciones, bien fueran aéreas, subterráneas o receptoras interiores tanto de alta como de baja tensión. Procuno no era capaz de abordar instalaciones de redes eléctricas subterráneas de alta tensión, mientras que CYPE no abordaba instalaciones eléctricas receptoras interiores. Por ello para el cálculo de redes eléctricas el más completo era DMelect.

- A continuación hice una comparativa de cada uno de los módulos específicos para el cálculo de infraestructuras urbanas, centrándome en las instalaciones de abastecimiento de agua, alcantarillado y electricidad en baja tensión. En ella vimos que el programa más barato (licencias en torno a 300 € por módulo), rápido y sencillo de manejar era DMelect. Procuno era el programa con un interfaz gráfico más potente pues simulaba un CAD 2D, mientras que CYPE era el programa que tenía mayores posibilidades y mayor precisión a la hora de realizar los cálculos. El precio de licencia de ambos programas era el mismo (Licencias en torno a 500 € por módulo). También vimos las deficiencias del módulo de electricidad de CYPE a la hora de diseñar redes eléctricas, ya que no hacía el cálculo de la línea para que esta estuviera protegida frente a sobreintensidades, de ahí que para este tipo de instalaciones fuera preferible utilizar DMelect o Procuno. DMelect vimos que era más adecuado para redes eléctricas de baja tensión subterráneas y aéreas, mientras que Procuno estaba más pensado para el diseño de instalaciones eléctricas receptoras interiores.

- Por último hice una comparativa aplicando cada uno de los módulos analizados previamente al caso de un polígono industrial concreto. El polígono industrial elegido fue el polígono industrial de Cañadas de San Pedro, y me centré en una porción de superficie parcelaria del mismo para

realizar los cálculos de las distintas instalaciones urbanas. Durante esta comparativa vimos que en cuanto a nivel de resultados obtenidos, el programa más completo era DMelect pues nos resolvía nuestro proyecto de manera completa (memoria descriptiva, memoria de cálculos, medición del proyecto, pliego de condiciones y plano de la instalación). Con CYPE y Procuno teníamos que recurrir a otros módulos independientes de los módulos de infraestructuras urbanas para obtener una memoria descriptiva completa y un pliego de condiciones. También vimos que CYPE, quitando que no realizaba el cálculo eléctrico de secciones para que estuvieran protegidas frente a sobreintensidades, era el programa más preciso y fiable a la hora de realizar los cálculos de infraestructuras urbanas, gracias a su base de cálculos basada en el método de elementos finitos, que es uno de los métodos más modernos y potentes dentro del campo de la ingeniería, gracias a que siempre hacía sus cálculos en base a formulas analíticas teóricas, y gracias a la posibilidad de particularizar condiciones para cada uno de las ramas y nudos de nuestra instalación.

Por tanto con todo esto podemos concluir que:

1-) Para el cálculo y diseño de instalaciones eléctricas de baja tensión, recomendaría sin duda DMelect, pues el programa más barato (licencia en torno a 300 €) de los tres, a la vez de ser el más completo a la hora resolver nuestro proyecto. Otra cosa es que nuestra instalación eléctrica fuera receptora interior, en cuyo caso Procuno es mucho más completo, aunque eso si más caro (licencia en torno a 500 €), pero dependiendo del tipo de instalación que tengamos podría ser interesante, incluso obligado tener que pagar esos 200 € de más. Además, contaríamos con un módulo de interfaz gráfico potente, y también tendríamos la posibilidad de calcular redes de alumbrado público (recordar que con DMelect tendríamos que adquirir el módulo específico para este tipo de instalaciones, cuya licencia cuesta otros 300 €). En ningún caso recomendaría CYPE, pues no realiza el cálculo de la línea para que esté protegida frente a sobreintensidades, ni realiza el cálculo de instalaciones eléctricas receptoras interiores. Como ya comenté el “punto negro” del paquete de programas para el cálculo de infraestructuras urbanas de CYPE era el módulo de electrificación.

2-) Para el cálculo y diseño de redes de abastecimiento de agua y alcantarillado, aunque yo recomendaría utilizar CYPE, entra más en juego la subjetividad de cada usuario. DMelect representa la alternativa barata (licencia en torno a 300 € por módulo) rápida y fácil de manejar. CYPE, por otro lado representa una alternativa más completa y precisa a la hora de diseñar nuestra instalación de alcantarillado o abastecimiento de agua. Eso si, a costa de tener que pagar 200 € de más por la adquisición de su

licencia, aunque una vez analizado a fondo el programa creo que merece la pena pagarlo. Por otro lado Procuno, aunque no es un programa con tantas posibilidades y preciso como CYPE, sí es un programa con un interfaz gráfico más potente, y esto dependiendo del tipo de usuario, puede considerar que este apartado es más importante. Además vimos que Procuno, a la hora de diseñar instalaciones de abastecimiento de agua, a diferencia de DMelect y CYPE, prefería sobredimensionar la instalación para disminuir el desgaste y el ruido de la misma, mientras que para el cálculo de instalaciones de alcantarillado teníamos la posibilidad de realizar un cálculo dinámico de la misma (esto era comprobar continuamente que el diseño que estamos realizando es adecuado), además de ser un programa capaz de estimar los parámetros necesarios para el cálculo del caudal de pluviales. Esto, dependiendo del usuario, pueden ser factores decisivos para que se decante por Procuno, antes que por ningún otro programa.

6.0 - Apéndices -

Apéndice 1: Normativa ITC-BT-07 y UNE 20460, ITC-BT-22

ITC-BT-07: REDES SUBTERRÁNEAS PARA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN

1. CABLES

Los conductores de los cables utilizados en las líneas subterráneas serán de cobre o de aluminio y estarán aislados con mezclas apropiadas de compuestos poliméricos. Estarán además debidamente protegidos contra la corrosión que pueda provocar el terreno donde se instalen y tendrán la resistencia mecánica suficiente para soportar los esfuerzos a que puedan estar sometidos.

Los cables podrán ser de uno o más conductores y de tensión asignada no inferior a 0,6/1 kV, y deberán cumplir los requisitos especificados en la parte correspondiente de la Norma UNE-HD 603. La sección de estos conductores será la adecuada a las intensidades y caídas de tensión previstas y, en todo caso, esta sección no será inferior a 6 mm² para conductores de cobre y a 16 mm² para los de aluminio.

Dependiendo del número de conductores con que se haga la distribución, la sección mínima del conductor neutro será:

- a. Con dos o tres conductores: Igual a la de los conductores de fase.
- b. Con cuatro conductores, la sección del neutro será como mínimo la de la tabla 1

Tabla 1
Sección mínima del conductor neutro en función de la sección de los conductores de fase

Conductores fase (mm²)	Sección neutro (mm²)
6 (Cu)	6
10 (Cu)	10
16 (Cu)	10
16 (Al)	16
25	16
35	16
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95

240	120
300	150
400	185

3. INTENSIDADES MÁXIMAS ADMISIBLES

1. Intensidades máximas permanentes en los conductores de los cables:

En las tablas que siguen se dan los valores indicados en la Norma UNE 20435.

En la tabla 2 se dan las temperaturas máximas admisibles en el conductor según los tipos de aislamiento.

En las tablas 3, 4 y 5 se indican las intensidades máximas permanentes admisibles en los diferentes tipos de cables, en las condiciones tipo de instalación enterrada indicadas en el apartado 3.1.2.1. En las condiciones especiales de instalación indicadas en el apartado 3.1.2.2 se aplicarán los factores de corrección que correspondan según las tablas 6 a 9. Dichos factores de corrección se indican para cada condición que pueda diferenciar la instalación considerada de la instalación tipo. .

En las tablas 10, 11 y 12 se indican las intensidades máximas permanentes admisibles en los diferentes tipos de cables, en las condiciones tipo de instalación al aire indicadas en el, apartado 3.1.4.1. En las condiciones especiales de instalación indicadas en el apartado 3.1.4.2 se aplicarán los factores de corrección que corresponda, tablas 13 a 15. Dichos factores de corrección se indican para cada condición que pueda diferenciar la instalación considerada de la instalación tipo.

1. Temperatura máxima admisible

Las intensidades máximas admisibles en servicio permanente dependen en cada caso de la temperatura máxima que el aislamiento pueda soportar sin alteraciones de sus . propiedades eléctricas, mecánicas o químicas. Esta temperatura es función del tipo de aislamiento y del régimen de carga.

En la tabla 2 se especifican, con carácter informativo, las temperaturas máximas admisibles, en servicio permanente y en cortocircuito, para algunos tipos de cables aislados con aislamiento seco.

Tabla 2
Cables aislados con aislamiento seco, temperatura máxima, en °C, asignada al conductor

Tipo de aislamiento seco	Temperatura máxima °C	
	Servicio permanente	Cortocircuito

		t ≤ 5s
Policloruro de vinilo (PVC)		
S ≤ 300 mm ²	70	160
S > 300 mm ²	70	140
Polietileno reticulado (XLPE)	90	250
Etileno Propileno (EPR)	90	250

2. Condiciones de instalación enterrada

1. Condiciones tipo de instalación enterrada

A los efectos de determinar la intensidad máxima admisible, se considera la siguiente instalación tipo:

Un solo cable tripolar o tetrapolar o una terna de cables unipolares en contacto mutuo, o un cable bipolar o dos cables unipolares en contacto mutuo, directamente enterrados en toda su longitud en una zanja de 0,70 m de profundidad, en un terreno de resistividad térmica media de 1 K.m/W y temperatura ambiente del terreno a dicha profundidad, de 25°C.

3. **Tabla 3**

Intensidad máxima admisible en amperios para cables tetrapolares con conductores de aluminio y conductor neutro concéntrico de cobre, en instalación enterrada (servicio permanente).

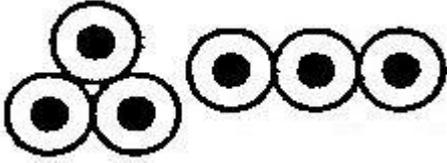
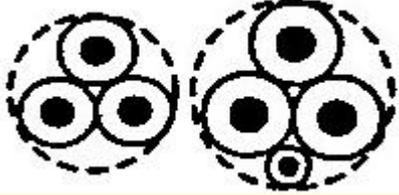
CABLES	Sección nominal de los conductores (mm²)	Intensidad
3 x 50 AI + 16 Cu	50	160
3 x 95 AI + 30 Cu	95	235
3 x 150 AI + 50 Cu	150	305
3 x 240 AI + 80 Cu	240	395

- Temperatura máxima en el conductor: 90°C.
- Temperatura del terreno: 25°C.
- Profundidad de instalación: 0,70 m.
- Resistividad térmica del terreno: 1 K.m/W

Tabla 4

Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de aluminio en instalación enterrada (servicio permanente)

Terna de cables unipolares (1) (2)	1 cable tripolar o tetrapolar (3)
------------------------------------	-----------------------------------

SECCIÓN NOMINAL mm ²	Terna de cables unipolares (1) (2)			1 cable tripolar o tetrapolar (3)		
						
	TIPO DE AISLAMIENTO					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
16	97	94	86	90	86	76
25	125	120	110	115	110	98
35	150	145	130	140	135	120
50	180	175	155	165	160	140
70	220	215	190	205	220	170
95	260	255	225	240	235	210
120	295	290	260	275	270	235
150	330	325	290	310	305	265
185	375	365	325	350	345	300
240	430	420	380	405	395	350
300	485	475	430	460	445	395
400	550	540	480	520	500	445
500	615	605	525	--	--	--
630	690	680	600	--	--	--

Tipo de aislamiento

XLPE -Polietileno reticulado - Temperatura máxima en el conductor 90°C (servicio permanente).

EPR - Etileno propileno - Temperatura máxima en el conductor 90°C (servicio permanente}.

PVC - Policloruro de vinilo - Temperatura máxima en el conductor 70°C (servicio permanente).

Temperatura del terreno 25°C.

Profundidad de instalación 0,70 m.

Resistividad térmica del terreno 1 K.m/W.

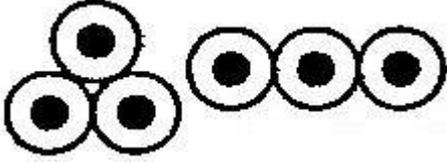
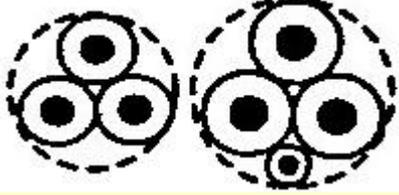
(1) Incluye el conductor neutro, si existe.

(2) Para el caso de dos cables unipolares, la intensidad máxima admisible será la correspondiente a la columna de la terna de cables unipolares de la misma sección y tipo de aislamiento, multiplicada por 1,225.

(3) Para el caso de un cable bipolar, la intensidad máxima admisible será la correspondiente a la columna del cable tripolar o tetrapolar de la misma sección y tipo de aislamiento, multiplicada por 1,225.

Tabla 5
Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con

conductores de cobre en instalación enterrada (servicio permanente).

SECCIÓN NOMINAL mm ²	Terna de cables unipolares (1) (2)			1 cable tripolar o tetrapolar (3)		
						
	TIPO DE AISLAMIENTO					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	72	70	63	66	64	56
10	96	94	a5	88	85	75
16	125	120	110	115	110	97
25	160	155	140	150	140	125
35	190	185	170	180	175	150
50	230	225	200	215	205	180
70	280	270	245	260	250	220
95	335	325	290	310	305	265
120	380	375	335	355	350	305
150	425	415	370	400	390	340
185	480	470	420	450	440	385
240	550	540	485	520	505	445
300	620	610	550	590	565	505
400	705	690	615	665	645	570
500	790	775	685	--	--	--
630	885	870	770	--	--	--

Tipo de aislamiento:

XLPE - Polietileno reticulado - Temperatura máxima en el conductor 90°C (servicio permanente).

EPR - Etileno propileno - Temperatura máxima en el conductor 90°C (servicio permanente).

PVC - Policloruro de vinilo - Temperatura máxima en el conductor 70°C (servicio permanente).

Temperatura del terreno 25°C.

Profundidad de instalación 0,70 m.

Resistividad térmica del terreno 1 K.m/W.

(1) Incluye el conductor neutro, si existe.

(2) Para el caso de dos cables unipolares, la intensidad máxima admisible será la correspondiente a la columna de la terna de cables unipolares de la misma sección y tipo de aislamiento, multiplicada por 1,225.

(3) Para el caso de un cable bipolar, la intensidad máxima admisible será la correspondiente a la columna del cable tripolar o tetrapolar de la misma sección y tipo de aislamiento, multiplicada por 1,225.

2. Condiciones especiales de instalación enterrada y factores de corrección de intensidad admisible.

La intensidad admisible de un cable, determinada por las condiciones de instalación enterrada cuyas características se han especificado en los apartados 2.1.1 y 3.1.2.1, deberán corregirse teniendo en cuenta cada una de las magnitudes de la instalación real que difieran de aquellas, de forma que el aumento de temperatura provocado por la circulación de la intensidad calculada, no dé lugar a una temperatura en el conductor superior a la prescrita en la tabla 2. A continuación se exponen algunos casos particulares de instalación, cuyas características afectan al valor máximo de la intensidad admisible, indicando los factores de corrección a aplicar.

1. Cables enterrados en terrenos cuya temperatura sea distinta de 25°C.

En la tabla 6 se indican los factores de corrección, F, de la intensidad admisible para temperaturas del terreno θ_t , distintas de 25°C, en función de la temperatura máxima de servicio θ_s , de la tabla 2.

Tabla 6
Factor de corrección F, para temperatura del terreno distinto de 25°C

Temperatura de servicio θ_s (°C)	Temperatura del terreno, θ_t , en °C								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
90	1.11	1.07	1.04	1	0.96	0.92	0.88	0.83	0.78
70	1.15	1.11	1.05	1	0.94	0.88	0.82	0.75	0.67

El factor de corrección para otras temperaturas del terreno, distintas de las de la tabla, será:

$$F = \sqrt{\frac{\theta_s - \theta_t}{\theta_s - 25}}$$

2. Cables enterrados, directamente o en conducciones, en terreno de resistividad térmica distinta de 1 K.m/W.

En la tabla 7 se indican, para distintas resistividades térmicas del terreno, los correspondientes factores de corrección de la intensidad admisible.

Tabla 7
Factor de corrección para resistividad térmica del terreno distinta de 1 K.m/W.

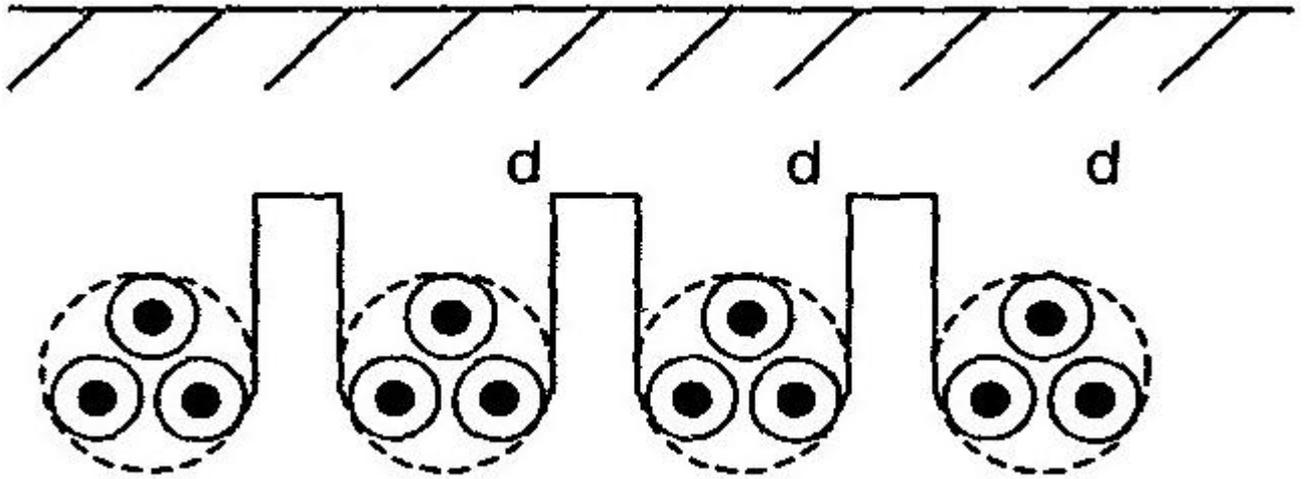
Tipo de cable	Resistividad térmica del terreno, en K.m/W										
	0.80	0.85	0.90	1.00	1.10	1.20	1.40	1.65	2.00	2.50	2.80
Unipolar	1.09	1.06	1.04	1.00	0.96	0.93	0.87	0.81	0.75	0.68	0.66
Tripolar	1.07	1.05	1.03	1.00	0.97	0.94	0.88	0.82	0.76	0.71	0.69

3. Cables tripolares o tetrapolares o ternas de cables unipolares agrupados bajo tierra.

En la tabla 8 se indican los factores de corrección que se deben aplicar, según el número de cables tripolares o ternas de unipolares y la distancia entre ellos.

Tabla 8
Factor de corrección para agrupaciones de cables trifásicos o ternas de cables unipolares

Factor de corrección								
Separación entre los cables o ternas	Número de cables o ternas de la zanja							
	2	3	4	5	6	8	10	12
D = 0 (en contacto)	0,80	0,70	0,64	0,60	0,56	0,53	0,50	0,47
d = 0,07 m	0,85	0,75	0,68	0,64	0,6	0,56	0,53	0,50
d = 0,10 m	0,85	0,76	0,69	0,65	0,62	0,58	0,55	0,53
d = 0,15 m	0,87	0,77	0,72	0,68	0,66	0,62	0,59	0,57
d = 0,20 m	0,88	0,79	0,74	0,70	0,68	0,64	0,62	0,60
d = 0,25 m	0,89	0,80	0,76	0,72	0,70	0,66	0,64	0,62



4. Cables enterrados en zanja a diferentes profundidades.

En la tabla 9 se indican los factores de corrección que deben aplicarse para profundidades de instalación distintas de 0,70 m.

Tabla 9
Factores de corrección para diferentes profundidades de instalación

Profundidad de instalación (m)	0,4	0,5	0,6	0,7	0,80	0,90	1,00	1,20
Factor de corrección	1,03	1,02	1,01	1,00	0,99	0,98	0,97	0,95

2. Cables enterrados en zanja en el interior de tubos o similares.

En este tipo de instalaciones es de aplicación todo lo establecido en el apartado 3.1.2., además de lo indicado a continuación.

Se instalará un circuito por tubo. La relación entre el diámetro interior del tubo y el diámetro aparente del circuito será superior a 2, pudiéndose aceptar excepcionalmente 1,5.

En el caso de una línea con cable tripolar o con una tema de cables unipolares en el interior de un mismo tubo, se aplicará un factor de corrección de 0,8.

Si se trata de una línea con cuatro cables, unipolares situados en sendos tubos, podrá aplicarse un factor de corrección de 0,9.

Si se trata de una agrupación de tubos, el factor dependerá del tipo de agrupación y variará para cada cable según esté colocado en un tubo central o periférico. Cada caso deberá estudiarse individualmente.

En el caso de canalizaciones bajo tubos que no superen los 15 m, si el tubo se rellena con aglomerados especiales no será necesario aplicar factor de corrección de intensidad por este motivo.

3. Condiciones de instalación al aire (en galerías, zanjas registrables, atarjeas ó canales revisables).

Condiciones tipo de instalación al aire (en galerías, zanjas registrables, etc.). A los efectos de determinar la intensidad máxima admisible, se considera la siguiente instalación tipo:

Un solo cable tripolar o tetrapolar o una tema de cables unipolares en contactó mutuo, con una colocación tal que permita una eficaz renovación del aire, siendo la temperatura del medió ambiente de 40°C. Por ejemplo, con el cable colocado sobre bandejas o fijado a una pared, etc.

4. **Tabla 10**

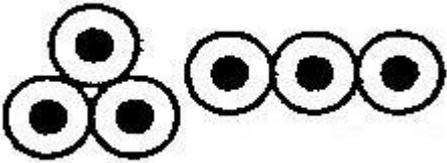
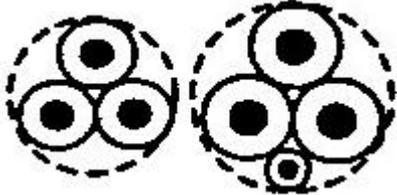
Intensidad máxima admisible, en amperios, en servicio permanente, para cables tetrapolares con conductores de aluminio y con conductor neutro concéntrico de cobre, en instalación al aire en galerías ventiladas.

Cables	Sección nominal de los conductores mm ²	Intensidad
3 x 50 Al + 16 Cu	50	125
3 x 95 Al + 30 Cu	95	195
3 x 150 Al + 50 Cu	150	260
3 x 240 Al + 80 Cu	240	360

- Temperatura máxima en el conductor: 90°C.
- Temperatura del aire ambiente: 40°C.
- Disposición que permita una eficaz renovación del aire.

Tabla 11

Intensidad máxima admisible, en amperios, en servicio permanente para cables con conductores de aluminio en instalación al aire en galerías ventiladas (temperatura ambiente 40°C)

Sección nominal mm ²	Tres cables unipolares (1)			1 cable trifásico		
						
	TIPO DE AISLAMIENTO					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC

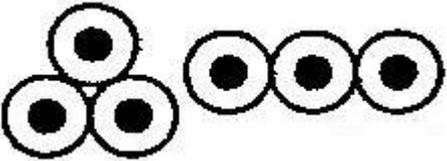
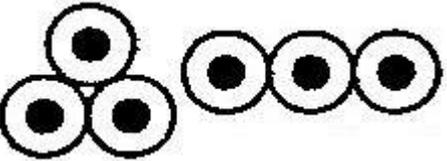
16	67	65	55	64	63	51
25	93	90	75	85	82	68
35	115	110	90	105	100	82
50	140	135	115	30	125	100
70	180	175	145	165	155	130
95	220	215	180	205	195	160
120	260	255	215	235	225	185
150	300	290	245	275	260	215
185	350	345	285	315	300	245
240	420	400	340	370	360	290
300	480	465	390	425	405	335
400	560	545	455	505	475	385
500	645	625	520	--	--	--
630	740	715	600	--	--	--

- Temperatura del aire: 40°C

- Un cable trifásico al aire o un conjunto (terna) de cables unipolares en contacto mutuo.
- Disposición que permita una eficaz renovación del aire.

(1) Incluye el conductor neutro, si existiese.

Tabla 12
Intensidad máxima admisible, en amperios, en servicio permanente
para cables con conductores de cobre en instalación al aire en
galerías ventiladas (temperatura ambiente 40°C)

Sección nominal mm ²	Tres cables unipolares (1)			1 cable trifásico		
						
	TIPO DE			AISLAMIENTO		
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR-	PVC
6	46	45	38	44	43	36
10	64	62	53	61	60	50
16	86	83	71	82	80	65
25	120	115	96	110	105	87
35	145	140	115	135	130	105
50	180	175	145	165	160	130
70	230	225	185	210	220	165
95	285	280	235	260	250	205
120	335	325	275	300	290	240
150	85	375	315	350	335,	275

185	450	440	365	400	385	315
240	535	515	435	475	460	370
300	615	595	500	545	520	425
400	720	700	585	645	610	495
500	825	800	665	--	--	--
630	950	915	765	--	--	--

- Temperatura del aire: 40°C

- Un cable trifásico al aire o un conjunto (terna) de cables unipolares en contacto mutuo.
- Disposición que permita una eficaz renovación del aire.

(1) Incluye el conductor neutro, si existiese.

2. Condiciones especiales de instalación al aire en galerías ventiladas y factores de corrección de la intensidad admisible.

La intensidad admisible de un cable, determinada por las condiciones de instalación al aire en galerías ventiladas huyas características se han especificado en el apartado 3.1.4.1, deberá corregirse teniendo en cuenta cada una de las magnitudes de la instalación real que difieran de aquellas, de forma que el aumento de temperatura provocado por la circulación de la intensidad calculada no de lugar a una temperatura en el conductor, superior a la prescrita en la tabla 2. A continuación, se exponen algunos casos particulares de instalación, cuyas características afectan al valor máximo de la intensidad admisible, indicando los coeficientes de corrección a aplicar.

1. Cables instalados al aire en ambientes de temperatura distinta de 40°C.

En la tabla 13 se indican los factores de corrección F, de la intensidad admisible para temperaturas del aire ambiente, θ_a , distintas de 40°C, en función de la temperatura máxima de servicio θ_s en la tabla 2.

Tabla 13
Coefficiente de corrección F para temperatura ambiente distinta de 40°C

Temperatura de servicio θ_s , en °C	Temperatura ambiente θ_a , en °C										
	10	15	20	25	30	35	40	45	56	55	60
90	1.27	1.22	1.18	1.14	1.10	1.05	1.00	0.95	0.90	0.84	0.77
70	1.41	1.35	1.29	1.23	1.17	1.10	1.00	0.91	0.82	0.73	0.65

El factor de corrección para otras temperaturas, distintas de las de la tabla, será:

$$F = \sqrt{\frac{\theta_s - \theta_a}{\theta_s - 40}}$$

2. Cables instalados al aire en canales o galerías pequeñas.

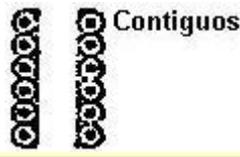
Se observa que en ciertas condiciones de instalación (en canalillos, galerías pequeñas, etc.), en los que no hay una eficaz renovación de aire, el calor disipado por los cables no puede difundirse libremente y provoca un aumento de la temperatura del aire.

La magnitud de este aumento depende de muchos factores y debe ser determinada en cada caso como una estimación aproximada. Debe tenerse en cuenta que el incremento de temperatura por este motivo puede ser del orden de 15 K. La intensidad admisible en las condiciones de régimen deberá, por tanto; reducirse con los coeficientes de la tabla 13.

3. Grupos de cables instalados al aire.

En las tablas 14 y 15 se dan los factores de corrección a aplicar en los agrupamientos de varios circuitos constituidos por cables unipolares o multipolares en función del tipo de instalación y número de circuitos.

Tabla 14
Factor de corrección para agrupaciones de cables unipolares instalados al aire

Tipo de instalación		Nº de bandejas (1)	Nº de circuitos trifásicos (2)			A utilizar para (1):
			1	2	3	
Bandejas perforadas (3)		1	0,95	0,90	0,85	Tres cables en capa horizontal
		2	0,95	0,85	0,80	
		3		0,85	0,80	
Bandejas verticales perforadas (4)		1	0,95	0,85	--	Tres cables en capa vertical
		2	0,90	0,85	--	
		1	1,00	0,95	0,95	

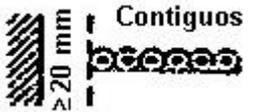
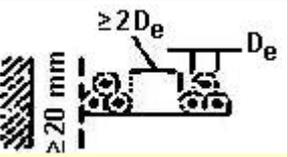
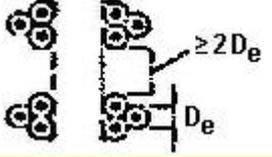
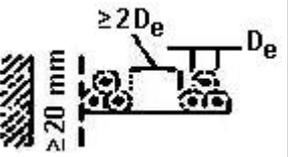
Bandejas escalera soporte, etc. (3)		1	1,00	0,95	0,95	Tres cables en capa horizontal
		2	0,95	0,90	0,90	
		3	0,95	0,90	0,85	
Bandejas perforadas (3)		1	1,00	1,00	0,95	Tres cables dispuestos en trébol
		2	0,95	0,95	0,90	
		3	0,95	0,90	0,85	
Bandejas verticales perforadas (4)		1	1,00	0,90	0,90	
		2	1,00	0,90	0,85	
Bandejas escalera soporte etc. (3)		1	1,0t1	t,00 i	1,00	
		2	0,95	0,95	0,95	
		3	0,95	0,95	0,90	
NOTAS:						
<p>(1) Incluye además el conductor neutro, si existiese.</p> <p>(2) Para circuitos con varios cables en paralelo por fase, a los efectos de la aplicación de esta tabla cada grupo de tres conductores se considera como un circuito.</p> <p>(3) Los valores están indicados para una distancia vertical entre bandejas de 300 mm. Para distancias más pequeñas, se reducirán los factores.</p> <p>(4) Los valores están indicados para una distancia horizontal entre bandejas de 225 mm, estando las bandejas montadas dorso con dorso. Para distancias más pequeñas se reducirán los factores.</p>						

Tabla 15
Factor de corrección para agrupaciones de cables trifásicos

Tipo de instalación		N° de circuitos trifásicos (1)						
		N° bandejas	1	2	3	4	6	9
Bandejas perforadas (2)		1	1,00	0,90	0,80	0,80	0,75	0,75
		2	1,00	0,85	0,80	0,75	0,75	0,70
		3	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65
		1	1,00	1,00	1,00	0,95	0,90	--
		2	1,00	1,00	0,95	0,90	0,85	--
		3	1,00	1,00	0,95	0,90	0,85	--
Bandejas verticales perforadas (3)		1	1,00	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70
		2	1,00	0,90	0,80	0,75	0,70	0,70

		1	1,00	0,90	0,90	0,90	0,85	--
		2	1,00	0,90	0,90	0,85	0,85	--
Bandejas escalera soportes, etc. (2)		1	1,00	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80
		2	1,00	0,85	0,80	0,80	0,75	0,75
		3	1,00	0,85	0,80	0,75	0,75	0,70
		1	1,00	100 I	1,00	1,00	1,00	--
		2	1,00	1,00	1,00	0,95	0,95	--
		3	1,00	1,00	0,95	0,95	0,75	--
NOTAS:								
(1) incluye además el conductor neutro, si existiese.								
(2) Los valores están indicados para una distancia vertical entre bandejas de 300 mm, Para distancias más pequeñas, se reducirán los factores.								
(3) Los valores están indicados para una distancia horizontal entre bandejas de 225 mm, estando la, bandejas montadas dorso con dorso. Para distancias más pequeñas se reducirán los factores.								

2. Intensidades de cortocircuito admisibles en los conductores

En las tablas 16 y 17 se indican las densidades de corriente de cortocircuito admisibles en los conductores de aluminio y de cobre de los cables aislados con diferentes materiales en función de los tiempos de duración del cortocircuito.

Tabla 16
Densidad de corriente de cortocircuito, en A/mm², para conductores de aluminio.

Tipo de aislamiento	Duración del cortocircuito en segundos								
	0.1	0.2	0.3	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
XLPE y EPR	294	203	170	132	93	76	66	59	54
PVC									
Sección ≤ 300 mm ²	237	168	137	106	75	61	53	47	43
Sección > 300 mm ²	211	150	122	94	67	54	47	42	39

Tabla 17
Densidad de corriente de cortocircuito, en A/mm² para conductores de cobre.

Tipo de aislamiento	Duración del cortocircuito en segundos								
	0.1	0.2	0.3	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0

XLPE y EPR	449	318	259	201	142	116	100	90	82
PVC									
Sección $\leq 300 \text{ mm}^2$	364	257	210	163	115	94	81	73	66
Sección $> 300 \text{ mm}^2$	322	228	186	144	102	83	72	64	59

3. Otros cables o sistemas de instalación

Para cualquier otro tipo de cable u otro sistema no contemplados en esta Instrucción, así como para cables que no figuran en las tablas anteriores, deberá consultarse la norma UNE 20435 o calcularse según la norma UNE 21144 .

NORMA UNE 20460, ITC-BT-22: PROTECCIÓN DE REDES ELECTRICAS FRENTE A SOBREINTENSIDADES

Todo circuito estará protegido contra los efectos de las sobrecargas que puedan presentarse en el mismo, para lo cual la interrupción de este circuito se realizará en un tiempo conveniente o estará dimensionado para las sobrecargas previsibles. Las sobrecargas pueden estar motivadas por:

- Sobrecargas debidas a los aparatos de utilización o defectos de aislamiento de gran impedancia.
 - Cortocircuitos.
 - Descargas eléctricas atmosféricas
- a. Protección contra sobrecargas. El límite de intensidad de corriente admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizada por el dispositivo de protección utilizado.

El dispositivo de protección podrá estar constituido por un interruptor automático de corte omnipolar con curva térmica de corte, o por cortocircuitos fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas.

- b. Protección contra cortocircuitos. En el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su conexión. Se admite, no obstante, que cuando se trate de circuitos derivados de uno principal, cada uno de estos circuitos derivados disponga de protección contra sobrecargas, mientras que un solo dispositivo general pueda asegurar la protección contra cortocircuitos para todos los circuitos derivados.

Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con sistema de corte omnipolar.

La norma UNE 20460 -4-43 recoge en su articulado todos los aspectos requeridos para los dispositivos de protección en sus apartados:

a) Protección frente a sobrecargas. Un dispositivo protege frente a sobrecargas si se cumple lo siguiente:

$$I) I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$II) I_2 \leq 1,45 I_z$$

Donde:

I_b : intensidad de diseño utilizada en el circuito.

I_z : intensidad admisible de la canalización según el tipo de instalación que tengamos (aérea → ITC-BT-06, subterránea → ITC-BT-07, Receptora interior → ITC-BT-21)

I_n : intensidad nominal del dispositivo de protección. Para los dispositivos de protección regulables, I_n es la intensidad de regulación escogida.

I_2 : intensidad que asegura efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección.

b) Protección frente a cortocircuitos. Todo dispositivo que garantiza la protección contra cortocircuitos debe responder las dos condiciones siguientes:

I) Criterio del poder de corte: $P.d.C. \geq (I_{cc})_{max}$, es decir el poder de corte del dispositivo de protección debe estar por encima del valor de la intensidad máxima de cortocircuito

II) Criterio de tiempo de corte: $t \times (I_{cc})_{max} \leq [(k \times S)^2]_{admisibles}$, es decir el tiempo t de apertura del dispositivo de protección debe evitar que se sobrepase la energía máxima que es capaz de absorber el conductor $(k \times S)^2$, siendo S la sección del conductor y k es un valor característico que depende del material empleado, tamaño de la sección, temperatura de trabajo y tipo de aislamiento.

Apéndice 2: Plan parcial del polígono industrial Cañadas de San Pedro

Aunque el polígono industrial de Cañadas de San Pedro polígono en fase de planificación, y por tanto el plan parcial disponible está pendiente de aprobación, lo incluyo pues a partir de él he obtenido muchos de los datos utilizados para el cálculo de las distintas infraestructuras urbanas. Notar que la numeración no está ordenada, y eso es debido sólo he incluido las partes del plan parcial que he considerado más importantes, con idea de no sobrecargar innecesariamente la memoria.

Plan parcial Cañadas de San Pedro

2.- Régimen urbanístico del suelo

2.3.- Parcelaciones

Las parcelaciones urbanísticas están reguladas por los artículos 94, 95, 96 de la Ley del Suelo. En ellos, se considera parcelación urbanística la división simultánea o sucesiva de terrenos en dos o más lotes, cuando pueda dar lugar a la constitución de un núcleo de población.

Tipos de parcelas, se establecen los tipos de parcelas siguientes:

- Parcela para industria pequeña, con superficie comprendida entre 0 y 2.000 m².
- Parcelas para industria media, con superficie comprendida entre 2.000 y 5.000 m².
- Parcela para industria grande, con superficie mayor a 5.000 m².

En el Plan Parcial se incluye un plano parcelario «no vinculante» que permite identificar cada una de las parcelas resultantes y justificar la ordenación prevista con las condiciones que más adelante se detallan.

Se permite la agrupación de parcelas para formar otras mayores. Se podrán dividir para formar otras de menor tamaño siempre que cumplan los siguientes requisitos:

- Las parcelas resultantes no serán menores de 600 m².
- Cada una de las nuevas parcelas cumplirán con los parámetros reguladores de la ordenación establecida en el Plan Parcial.
- Las obras de urbanización que pudiera dar lugar a dicha subdivisión de parcelas se realizarán con cargo al titular de la parcela originaria.
- La nueva parcelación será objeto de licencia municipal.

2.4.- Proyectos de Urbanización

El proyecto de urbanización que desarrolle el Plan Parcial ha de ser proyecto de obras cuya finalidad será llevar a la práctica, en el suelo apto para urbanizar comprendido en su ámbito territorial la realización material del Plan Parcial.

Constituirá un instrumento para el desarrollo de las determinaciones en cuanto a las obras de urbanización siguientes:

2.4.1. Red viaria

Las calzadas previstas en este Plan Parcial serán de anchos variables especificados en planos adjuntos, con acera a ambos lados con anchos de 1,80 m. cada una.

Para el dimensionamiento de la red viaria se consideran los siguientes ratios

- Periodo de proyecto= 20 años.
- Número acumulado de ejes de 13 Tn = 0,35 (Para 10 Tn por eje simple)
- Intensidad de tráfico diaria= 30% de usuarios - 3 vehículos pesados/usuario 20% de usuarios – 1 vehículos pesado/usuario 50% de usuarios – 5 vehículos ligeros/usuario

De donde se considera como categoría de tráfico correspondiente al polígono «T3 (medio bajo)»

En función del tráfico calculado las calzadas se prevén a base de:

- Sub-base de material granular compacto al 95% del Proctor Modificado. (20 cm)
- Base material granular compacto al 100% del Proctor Modificado. (20 cm)
- Capa intermedia de mezcla bituminosa tipo Binder. (4 cm).
- Capa de mezcla bituminosa tipo rodadura (4 cm).

Las aceras irán pavimentadas con losa hidráulica de cemento sobre solera de hormigón en masa, llevando rematadas por el lado de la calzada con bordillos de hormigón con Rigola.

Las aguas pluviales se recogerán en los bordes de la calzada, para lo cual se prevé un abombamiento de calzada del 3%

2.4.2.- Abastecimiento de aguas.

Las condiciones mínimas exigibles para el proyecto de la red de agua serán:

- Tuberías de PVC con diámetro mínimo de 100 cms.
- Presión mínima de trabajo de las tuberías: 10 atmósferas.
- Velocidad máxima admisible: 1,5 m/seg.
- Las tuberías irán bajo aceras o zonas verdes.
- Se dispondrán puntos de toma en todas las parcelas, tanto industriales como dotacionales.
- La dotación de agua será como mínimo de 1,1 litro/seg/Ha. En caudal continuo.
- Si la red general de suministro no dispusiera de registro de caudal será proyectada

la instalación de un depósito regulador con capacidad para el consumo total del polígono en 3 horas de reserva (300 m³.)

-En la red de distribución se dispondrán bocas de riego e hidrantes según la normativa vigente, no superando en ningún caso los 200 m para el caso de hidrantes.

Los proyectos de urbanización cumplirán igualmente con las Normas Tecnológicas de la Edificación que le sean de aplicación.

2.4.3.- Alcantarillado.

Las condiciones mínimas exigibles para el proyecto de la red de alcantarillado serán:

- Velocidad de circulación del agua de 0,5 a 3 mts/seg.
- Los diámetros de las tuberías estarán comprendidos entre 30 y 50 cms. y serán de hormigón vibrado o centrifugado.
- Las distancias máximas entre pozos de registro serán 50 metros (excepto en Emisario)
- La profundidad mínima de la red será de 1 mts.
- Las conducciones irán bajo calzada.

2.4.4. Energía eléctrica.

Las condiciones mínimas exigibles para el proyecto de la red de energía eléctrica serán las siguientes:

-Consumo mínimo medio a considerar para el cálculo de las instalaciones:

* Parcelas pequeñas.....	20 KVA
* Parcelas medianas.....	40 KVA
* Parcelas grandes.....	50 KVA
- Coeficiente de simultaneidad	0,8

-Al no existir parcelas con demanda superior a 50 KVA, el suministro se realizará en baja tensión (B.T.)

-La red de baja tensión será de tipo trazada con conductores aislados y preferiblemente subterránea con conductores P.R.C.

-Los centros de transformación serán del tipo prefabricado con entradas y salidas subterráneas.

2.4.5. Alumbrado público

Los proyectos de alumbrado público serán realizados teniendo en cuenta las condiciones siguientes:

- El nivel medio de iluminación utilizado para el cálculo de la instalación de alumbrado público es de 15-20 lux
- El centro de mando se colocará en sitio cerrado preferiblemente junto a un centro de transformación. El centro de mando irá previsto de mecanismos de ahorro de energía, tales como reducción del nivel de iluminación.
- Los distintos circuitos que alimentarán los diferentes puntos de luz irán enterrados bajo acera, compuestos por cable de cobre con aislamiento de 100 V bajo tubo de PVC.
- Las columnas serán galvanizadas en caliente por inmersión, con chapa de 3 m/m de espesor con alturas entre 9 y 10 metros según ancho de calle.
- Las luminarias serán cerradas con cierres antivandálicos, o muy resistentes.
- Las lámparas serán de sodio de alta o baja presión según necesidades.
- Los puntos de luz se dispondrán en el borde de aceras a 50 cms. del bordillo.
- La instalación de alumbrado cumplirá el reglamento electrotécnico de baja tensión, concretamente la Norma MIBI-010.

2.4.6. Red de telefonía

Las canalizaciones se dispondrán bajo aceras en tubo de PVC en número y disposición que fije el proyecto de urbanización de acuerdo con las Normas dictadas por la Compañía Telefónica. En los cruces de calle la canalización irá a 80 cms. de profundidad y se reforzará con una capa de hormigón de 10 cms. de espesor.

2.4.7. Jardinería

Las zonas verdes de uso público se ajardinarán con arbustos y arbolado de especies autóctonas de la zona y tratamiento de suelo de fácil y económica conservación.

2.4.8. Otros

La pavimentación de aparcamientos se realizará con el mismo tratamiento que los viales públicos, marcándose sobre el pavimento los límites de las plazas de aparcamiento.

La señalización horizontal y vertical de ordenación de la circulación en el polígono se realizará según Normas del Ministerio de Obras Públicas.

3.- Normas de edificación

3.1.-Condiciones técnicas de las obras en relación con las vías públicas

3.1.1. Licencias

Estarán sujetos a previa licencia municipal todos los actos previstos en el artículo 1 del Reglamento de Disciplina Urbanística.

El Ayuntamiento fijará los avales que garanticen la reparación de los desperfectos que se pudieran ocasionar en las vías públicas y que sean imputables a los beneficiarios de las parcelas.

3.1.2. Accesos a parcelas

El ancho de cada acceso no será mayor de 5 mts. El beneficiario de la parcela quedará obligado a reparar los desperfectos debidos a la construcción del acceso cuando éstos corran por su cuenta.

3.1.3. Niveles de edificación y rampas

En cada plano perpendicular al lindero frontal, las rasantes deberán quedar comprendidas entre las rectas que con pendientes + - 15% tienen su origen en el lindero a nivel de acera.

Cuando el desnivel del terreno haga necesario realizar rampa de acceso en el interior de la parcela, éstas tendrán una pendiente máxima del 20 por 100.

Antes de su conexión con la vía pública se dispondrá un tramo de acuerdo con la longitud no inferior a 4 metros y con una pendiente inferior al 3 por 100.

3.1.4. Construcciones en parcelas

Queda prohibido emplear las vías públicas como depósito de materiales o para la elaboración de hormigones y morteros de las obras a realizar en el interior de las parcelas.

El beneficiario será el responsable de los desperfectos ocasionados en la vía pública como consecuencia de las obras citadas.

3.1.5. Aparcamiento en vía pública

De las bandas adyacentes a calzada y destinadas a aparcamiento de vehículos en el presente Plan Parcial se deberán descontar longitudes por tramos de 5 metros equivalentes al número de accesos a parcelas, los cuales deberán quedar libres de aparcamientos.

3.2.- Condiciones comunes a todas las zonas.

Normativa General

Art. 3.- El cerramiento de las parcelas tanto en fachadas como en medianeras se realizará con un único tipo, que se fijará para todo el polígono, a saber:

En los frentes a calle se compondrán de base maciza de bloque visto de hormigón de 1,20 mts. de altura, sobre los que se admitirán vallados metálicos hasta la cota + 1,80 mts. sobre la rasante, con o sin incorporación de setos vegetales.

En medianerías de parcelas, se ejecutará igual que el cerramiento de fachada, al menos hasta la profundidad de línea de fachada de naves. A partir de ese punto se podrá realizar muro ciego hasta 2,20 mts. de altura.

La construcción del cerramiento común a dos parcelas correrá a cargo de la industria que primero se establezca debiendo abonarle la segunda el gasto proporcional de la obra antes de que se proceda a la construcción de su edificio.

En el supuesto de parcelas colindantes con grandes diferencias entre las cotas de terreno, se construirán muros de contención siguiendo el límite de la parcela, a sufragar por partes iguales entre los propietarios de las parcelas. En el caso de edificios independientes dentro de una misma parcela, la separación mínima entre ellos será de 6 metros.

Se permiten patios abiertos o cerrados. La dimensión mínima de estos patios se fijan con la condición de que en planta se pueda inscribir un círculo de diámetro igual a la altura de la más alta de las edificaciones, si estas tienen locales viveros, o la mitad del diámetro si los huecos al patio pertenecen a zonas de paso o a almacenes.

Se permiten semisótanos de acuerdo con las necesidades particulares de cada industria. Estos se podrán dedicar a locales de trabajo cuando los huecos de ventilación tengan una superficie no menor a 1/10 de la superficie útil del local. Los sótanos se permiten hasta la proyección exterior del edificio sobre rasante. Queda prohibido utilizar los sótanos como local de trabajo.

No será computable la superficie construida en sótanos, y lo será en semisótanos si la cara baja de su forjado de techo supera en 1 metro la altura de la rasante media de la parcela. En el cómputo de la superficie de ocupación en planta no se tendrá en cuenta la proyección horizontal de aleros, marquesinas ni cuerpos volados.

Condiciones de volumen

En base a las características de la Ordenación tipología edificatoria prevista, y a los efectos de cálculo de volumen resultante se establecen las siguientes condiciones:

Art. 4.- Elementos computables

Quedan incluidos en el conjunto del volumen:

- La superficie edificable de todas las plantas del edificio por encima de rasante, con independencia del uso a que se destinen.
- Las terrazas, balcones o cuerpos volados que dispongan de cerramientos.
- Las construcciones secundarias sobre espacios libres de parcela siempre que de la disposición de su cerramiento y de los materiales y sistemas de construcción empleados, se deduzca que se condolida un volumen cerrado y de carácter permanente.

Art. 5.- Elementos excluidos.

Quedan excluidos del conjunto de volumen edificable los puntos:

- Los patios interiores.
- Los soportales y plantas diáfanos, que en ningún caso podrán ser objeto de cerramiento posterior, que implique rebasar la superficie total edificable.

-Los equipos de proceso de fabricación exteriores a las naves, tales como bombas, tanques, torres de refrigeración, chimeneas, etc., si bien los espacios ocupados por tales equipos se contabilizarán, como superficie ocupada de la parcela en un 50 por 100.

-Elementos ornamentales de remate de cubiertas y los que correspondan a escalera, aparatos elevadores o elementos propios de las instalaciones del edificio (tanques de almacenamiento, acondicionadores, torres de proceso, paneles de captación de energía solar, chimeneas).

Art.6.-Usosprohibidos

Se prohíbe cualquier uso no incluido en la Ordenanza U-4 de las NN.SS. municipales.

También quedan excluidas las industrias definidas como insalubres y peligrosas en el Decreto de 30 de Noviembre de 1961 (D.2.414/61)

Art. 7.- Usos tolerados

Se autoriza cualquier uso incluido en la Ordenanza U-4 de las NN.SS. municipales.

Se tolerará el uso de una vivienda para guardería por parcela en las siguientes condiciones:

La vivienda se someterá a la Normativa aplicable (legislación V.P.O. u Ordenanzas municipales)

-En cualquier caso será imprescindible que la vivienda en zona industrial disponga de:

- * Acceso independiente de la industria.
- * Ventilación e iluminación de todos los locales vívideros.
- * Aislamiento e independencia respecto a vibraciones, ruidos y demás fuentes de perturbación, de forma que resulte garantizada la protección de cualquier actividad insalubre, molesta, nociva o peligrosa.

-La vivienda debe constituir un sector de incendios con respecto a la industria.

-La superficie construida de cada vivienda no será superior a 130 m².

Art. 8.- Usos obligados.

Serán los especificados en el plano de zonificación del Plan Parcial y en las presentes Ordenanzas.

Condiciones higiénicas

Art. 9.- Emisiones gaseosas.

Las emisiones gaseosas de las industrias que se instalen se ajustarán a los valores máximos admitidos por la Ley 38/1972 de 22 de diciembre (BOE 26.12.72) de

Protección del Ambiente Atmosférico y su Reglamento aprobado por Decreto 833/1975 de 6 de febrero (BOE 22.04.75) para la contaminación atmosférica producida por la industria.

Art. 10.- Aguas residuales.

Ninguna persona física jurídica descargará o depositará o permitirá que se descargan o depositen al sistema de saneamiento cualquier agua residual que contenga:

-Aceites y grasas: concentraciones.

-Cantidades de sebos, ceras, grasas y aceites totales que superen «los índices de calidad de los afluentes industriales» ya sean emulsionados o no, o que contengan sustancias que puedan solidificarse o volverse viscosas a temperaturas entre 0 y 40 grados en el punto de descarga.

-Mezclas explosivas: líquidos, sólidos o gases que por su naturaleza y cantidad sean o puedan ser, por sí solos o por interacción con otras sustancias, para provocar fuegos o explosiones o ser perjudiciales en cualquier otra forma de las instalaciones de alcantarillado o al funcionamiento en los sistemas de depuración. En ningún momento dos medidas sucesivas efectuadas con un explosímetro, en el punto de descarga a la red de alcantarillado, deberán ser superiores al 5 por 100 del límite inferior de explosividad. En relación no exhaustiva se pueden incluir los siguientes materiales prohibidos: gasolina, queroseno, nafta, benceno, tolueno, sileno, éteres, alcoholes, cetonas, aldehidos, peróxidos, cloratos, percloratos, bromatos, carburos, hidruros y sulfuros.

-Materiales nocivos, que ya sean por sí solos o por interacción con otros desechos, sean capaces de crear una molestia pública o peligro para la vida, o que sean o puedan ser suficientes para impedir la entrada en una alcantarilla para su mantenimiento y reparación.

-Desechos sólidos o viscosos: que provoquen o puedan provocar obstrucciones en el flujo del alcantarillado e interferir en cualquier otra forma con el adecuado funcionamiento del sistema de depuración.

-En relación no exhaustiva se incluyen los siguientes materiales: basura no triturada, tripas o tejidos animales, estiércol, huesos, pelos, pieles o carnazas, entrañas, plumas, ceniza, escorias, arenas, cal gastada, polvo de piedra o mármol, metales, vidrio, paja, viruta, recortes de césped, trapos, granos machacados, lúpulo machacado, desechos de papel, madera, plásticos, alquitrán, pinturas, residuos del procesado de combustible o aceites lubricantes y sustancias similares.

-Sustancias tóxicas inespecíficas: cualquier sustancia tóxica en cantidades no permitidas por otras normativas o leyes aplicables, compuestos químicos o sustancias capaces de producir olores indeseables, o toda sustancia que no sea susceptible de tratamiento, o que pueda interferir en los procesos biológicos o en la eficiencia del sistema de tratamiento o que pase a través del sistema.

-Materiales coloreados: materiales con coloraciones objeccionables, no eliminables con el proceso de tratamiento empleado.

-Materiales calientes: la temperatura global de vertido no superará los 40 grados.

-Desechos corrosivos: cualquier desecho que provoque corrosión o deterioro de la red de alcantarillado o en el sistema de depuración, todos los desechos que se descargan a la red de alcantarillado deben tener un valor del índice de Ph comprendido en el intervalo de 5,5 a 10 unidades.

En relación no exhaustiva los materiales prohibidos incluyen: ácidos, base,

sulfuros, sulfatos, cloruros, fluoruros concentrados y sustancias que reaccionen con el agua para formar productos ácidos.

-Gases o vapores: el contenido en bases o vapores nocivos o tóxicos (tales como los citados en el Anexo n.º 2 del Reglamento de Actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas de 30 de noviembre de 1961), debe limitarse en la atmósfera de todos los puntos de la red, donde trabaje o pueda trabajar el personal de saneamiento, a los valores máximos señalados en el citado Anexo n.º 2.

Para los gases más frecuentes, las concentraciones máximas permisibles en la atmósfera de trabajo serán:

*Dióxido de azufre: 5 partes por millón

*Monóxido de carbono: 100 partes por millón

*Cloro: 1 parte por millón

*Sulfuro de hidrógeno: 10 partes por millón

*Cianuro de hidrógeno: 10 partes por millón

A tal fin, se limitará en los vertidos el contenido en sustancias potencialmente productoras de tales gases o vapores a valores tales que impidan que, en los puntos próximos al de descarga del vertido, donde puedan trabajar el personal, se sobrepasen las concentraciones máximas admisibles.

-Indices de calidad: los vertidos de aguas residuales a la red de alcantarillado no deberán sobrepasar las siguientes concentraciones o índices que se relacionan:

Sólidos sedimentables	rápidamente	15	mg/l
T (° C)		40	mg/l
Ph		5,5-11	mg/l
Grasas		100	mg/l
Cianuros libres		2	mg/l
Cianuros (en CN-)		10	mg/l
Dióxido de azufre (SO ₂)		20	mg/l
Fenoles totales (C ₆ H ₅ OH)		5	mg/l
Formaldehído (HCHO)		15	mg/l
Sulfatos (en SO ₄ =)		1.200	mg/l
Sulfuros (en S=)		10	mg/l
Sulfatos libres		0,5	mg/l
Aluminio (Al)		30	mg/l
Arsénico (As)		2	mg/l
Bario (Ba)		20	mg/l
Boro (B)		4	mg/l
Cadmio (Cd)		1	mg/l
Cobre (Cu)		5	mg/l
Cromo Hexavalente		1	mg/l
Cromo total		5	mg/l
Zinc (Zn)		5	mg/l
Estaño (Sn)		4	mg/l
Hierro (Fe)		2	mg/l
Manganeso.		4	mg/l

Mercurio (Hg)	0,2	mg/l
Níquel (Ni)	10	mg/l
Plomo (Pb)	2	mg/l
Selenio (Se)	2	mg/l

La dilución de cualquier vertido de aguas residuales practicada con la finalidad de satisfacer estas limitaciones será considerada una infracción a esta Ordenanza, salvo en casos declarados de emergencia o peligro.

-Desechos radiactivos: desechos radiactivos o isótopos de tal vida media o concentración que no cumplan con los reglamentos u órdenes emitidos por la autoridad pertinente, de la que dependa el control sobre su uso y que provoquen o puedan provocar daños o peligros para las instalaciones o a las personas encargadas de su funcionamiento.

-La D.B.O. (demanda bioquímica de oxígeno) en mg/l, será inferior a 40 mg. De oxígeno disuelto absorbido en 5 días a 18° C.

-Los materiales en suspensión contenidos en las aguas residuales no excederán en peso a 30 mg/l.

-Cualquier instalación industrial quedará sometida a las especificaciones controles y normas que se contienen en los Art. 80 de las NN.SS. municipales.

Art. 10.- Ruidos: se permiten los ruidos siempre que no sobrepasen los 60 decibelios, medidos en el eje de las calles contiguas a la parcela industrial que se considere.

Art. 11.- Aplicación General de Normas Higiénicas y de Seguridad: además de lo preceptuado en las presentes Ordenanzas Regulatorias, los usuarios de las industrias deberán atenerse a las restantes normas y prescripciones establecidas en la legislación siguiente:

-Ordenanza General de Higiene y Seguridad del Trabajo de 9 de Marzo de 1971 (BOE de 16 de Marzo de 1971) y demás disposiciones complementarias.

-Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas, de 30 de Noviembre de 1961 (Decreto 2.114/1961)

-Reglamento de Policía de Aguas y Cauces y demás disposiciones complementarias.

Si en un caso concreto concurren circunstancias especiales que hagan aparecer dudas de interpretación sobre uno o varios de los artículos incluidos en las presentes Ordenanzas se estará a lo que dictaminen los servicios técnicos del Ayuntamiento o la Entidad Gestora.

Condiciones de Seguridad

Art. 12.- Instalaciones de protección contra el fuego: Serán de obligatorio uso, como mínimo, las siguientes:

-Extintores manuales: Son aparatos de manejo manual que contengan en su interior una carga (espuma, polvo seco o anhídrido carbónico), que impulsada por presión, permita sofocar fuegos incipientes.

Llevará incorporado un soporte para su fijación a paramentos verticales y el modelo a utilizar deberá estar homologado por el Ministerio de Industria.

La carga de los extintores se sustituirá cada año o después de un incendio. El número mínimo de extintores a colocar se determinará como sigue:

-En oficina: un extintor por cada planta situado en la caja de escalera y como mínimo cada 200 m². construidos o fracción.

-En naves de fabricación o almacenaje: un extintor por cada 200 m² o fracción.

-Además se colocará un extintor, como mínimo, en cada uno de los locales que alberguen: contadores de electricidad, depósitos de combustible, centros de transformación, etc.

-Equipos de manguera: Son instalaciones de extinción de incendios formados por una conducción independiente del resto de la fontanería y que tendrá, como mínimo, las siguientes características:

. Toma de la red general, con llaves de paso y válvula de retención.

. Conducción de diámetro mínimo 70 cms. y capaz de soportar una presión de 15 atm.

. Equipos manguera, con el correspondiente armario de alojamiento, instalados en parámetros verticales, a 120 cms del pavimento y con las características especificadas en la norma UNE 23.091.

Si la presión existente en la conexión efectuada con la red general de distribución de agua del polígono fuese inferior a 5 atmósferas, se intercalará en la instalación un grupo de presión alimentado por un depósito enterrado de 3.000 litros de capacidad mínima y que asegure una presión mínima de 5 atmósferas en la red anti incendios. El grupo de presión y el depósito de agua se situarán siempre bajo la rasante del pavimento y en las zonas de retranqueo de parcela o en espacios libres de la misma, no permitiéndose su ubicación en el interior de oficinas o naves.

El número mínimo de equipos de manguera a instalar se determinará como sigue:

-Oficinas: en cada planta, se instalarán un equipo por cada 40 metros o fracción de longitud de fachada principal.

-Naves de fabricación o almacenaje: en cada planta se instalarán un equipo por cada 600 metros de nave situados a una distancia no superior a 40 metros uno de otro y con un mínimo de dos equipos, para naves inferiores a 600 m². en cada caso, ambos equipos se instalarán junto a puertas de entrada y salida de la nave y por el interior de la misma.

Condiciones Estéticas

Art. 13.- Generalidades:

-Queda prohibido el falseamiento de los materiales empleados, los cuales se presentarán en su verdadero valor.

-Se permite los revocos siempre que estén bien terminados. Las empresas beneficiarias quedarán obligadas a su mantenimiento y conservación.

-Tanto las paredes medianeras como los paramentos susceptibles de posterior ampliación, deberán tratarse como una fachada, debiendo ofrecer calidad de obra

terminada.

-Los rótulos empleados se ajustarán a las normas de un correcto diseño en cuanto a composición y colores utilizados y se realizarán a base de materiales inalterables a los agentes atmosféricos. La empresa beneficiaria es la responsable –en todo momento- de su buen estado de mantenimiento y conservación.

-Las edificaciones en parcelas con frente a más de una calle quedarán obligadas a que todos sus paramentos, de fachada tengan la misma calidad de diseño y acabado. Se entiende por paramentos de fachada las que dan frente a cualquier vía pública.

-Las construcciones auxiliares e instalaciones complementarias de las industrias deberán ofrecer un nivel de acabado digno, y que no desmerezca de la estética del conjunto; para lo cual dichos elementos deberán tratarse con idéntico nivel de calidad que la edificación principal.

Los espacios libres de edificación deberán tratarse en todas sus zonas de tal manera que las que no queden pavimentadas se completen con elementos de jardinería, decoración exterior, etc., siempre concretando su uso específico.

Art. 2. – Industrial

2.2. Tipología

La única tipología edificatoria permitida en estas Ordenanzas es la aislada. Podrá permitirse las edificaciones pareadas siempre que las dos edificaciones contiguas se ejecuten al mismo tiempo

2.3. Condiciones de volumen:

Parcela mínima 600 m^2 Edificabilidad máxima $0,60 \text{ m}^2/\text{m}^2$ Edificabilidad máxima en
Manzana $1 \text{ 0,52 m}^2/\text{m}^2$ Ocupación máxima 60% Ocupación máxima en Manzana 1
 52%

Alineaciones y rasantes son las definidas en planos de proyecto.

Retranqueos:

Frente a calle 5 mts.

A medianeras 3 mts.

Altura máxima 10 mts.

Se entenderá la altura medida hasta el apoyo de cubierta, o cara baja de forjado de cubierta.

Altura de pisos mínimos 2,5 mts.

Cerramientos.-La altura máxima de los cerramientos de fábrica será de 1,20 mts. en frentes a fachada. Y de 2,50 mts. en medianeras. A partir de esa altura solamente serán autorizadas las protecciones diáfanas estéticamente admisibles con o sin setos vegetales.

Espacios libres.-deberán acondicionarse con arbolado al menos el 30% de su superficie.

2.4.- Aparcamiento privado.

Se exigirá un aparcamiento por cada 100 m². construidos.

2.5.- Condiciones estéticas.

Se estará a lo dispuesto en las Normas Regulatoras de la Edificación. Si bien el tratamiento de los cerramientos de parcela a fachada se realizará con bloque de hormigón visto.

Art. 3.- Equipamiento social

3.1. Definición y carácter.

Comprende la zona así clasificada en el plano de zonificación destinada a equipamiento comunitario. Tendrá carácter de dominio y uso privado.

3.2. Condiciones de volúmenes.

- Alineaciones.- Son las definidas en el plano de alineaciones y rasantes.
- Edificabilidad máxima 0,16 m²/m²
- Altura máxima será 2 plantas (7 metros)

3.3. Tipología de la edificación libre.

-Cerramientos de parcela.- El cerramiento de la parcela podrá constar de una base maciza de bloque de hormigón visto de 1,20 metros de altura como máximo, sobre la que se admitirán vallados metálicos hasta la cota + 1,80 metros sobre rasante, con o sin incorporación de setos vegetales.

3.4. Aparcamiento privado.

Se exigirá un aparcamiento por cada 100 m² construidos.

3.5. Condiciones de uso.

- Usos permitidos.-sanitario, administrativo, hotelero, restaurante-cafetería.
- Usos prohibidos.- los restantes.

Art. 4.- Equipamiento comercial

4.1. Definición y carácter:

Comprende las superficies construibles destinadas al equipamiento comercial para servicios de interés público y social del sector. Tendrá carácter de dominio y uso privado.

El uso de los locales comerciales será el de compraventa al por menor o permuta de mercancías, comprendidas en las agrupaciones relacionadas de acuerdo con la Clasificación Nacional de Actividades Económicas.

4.2. Definición de volumen:

- Alineaciones.- las definidas en el plano de alineaciones y rasantes. Edificabilidad.- $0,60 \text{ m}^2/\text{m}^2$.
- Altura.- 2 plantas (10 metros).

4.3. Tipología de la edificación libre:

-Cerramientos de parcela.- el cerramiento de la parcela podrá constar de una base maciza de bloque de hormigón visto de 1,20 metros de altura como máximo, sobre la que se admitirán vallados metálicos hasta la cota + 1,80 metros sobre rasante, con o sin incorporación de setos vegetales.

4.4. Aparcamientos privados.

Se exigirá un aparcamiento por cada 100 m². construidos.

4.5. Condiciones de uso:

- Usos permitidos.- Comercial
- Usos prohibidos.- Los restantes

Art. 5.- Equipamiento deportivo

5.1. Definición y carácter:

Comprende la zona así calificada en el plano de zonificación destinada al equipamiento de carácter deportivo para servicio interior de los usuarios del sector. Tendrá carácter de dominio y uso público.

5.2. Condiciones de volumen:

Se permitirá una edificabilidad de $0,022 \text{ m}^2/\text{m}^2$ sobre parcela neta. El cerramiento de la parcela podrá constar de una base maciza de 1,20 metros de altura como máximo sobre rasante con o sin incorporación de seto vegetal.

5.3. Condiciones de uso.

- Usos permitidos.- Deportivos
- Usos prohibidos.- Los restantes

Art. 6.- Sistemas de espacios libres y uso público

6.1. Definición y carácter:

Comprende el área de replantación forestal especificada en plano de zonificación. Estos espacios tendrán carácter de dominio y uso público.

6.2. Condiciones de volumen: No se admitirán en la misma ningún tipo de construcción, como no sean las de carácter auxiliar para conservación de aquellos. La edificabilidad máxima permitida será de $0,001 \text{ m}^2/\text{m}^2$. La altura máxima de las edificaciones no

superará los 3 metros.

Art. 7.- Zonas de servicios públicos

Comprende las zonas ocupadas por centros de transformación, estación de bombeo de fecales y oficina de información permanente y depósito de agua. Tendrá carácter de dominio y uso público-privado (Hidroeléctrica Española, S.A. y Entidad de Conservación).

La edificabilidad en la zona será de 0,88 m²/m². Modificándose los retranqueos obligados, en Normas Generales, a 2 metros solamente de viales o medianerías.

Art. 8.- Red viaria y aparcamientos

8.1. Red viaria

Constituye el conjunto de espacios así calificados en el plano de zonificación, organizados para facilitar el acceso rodado o peatonal a las distintas parcelas prevista en aquel.

Sobre estos espacios no se permitirá ningún tipo de edificación. El único uso permitido será el tráfico rodado y peatonal.

8.2. Aparcamientos

Constituye el conjunto de espacios calificados así en el plano de zonificación, organizados para dar cabida a las plazas de aparcamiento que se vinculan al sector.

Estos espacios tendrán carácter de dominio y uso público y no se admitirán en los mismos ningún tipo de construcción.

Apéndice 3: Memoria descriptiva y pliego de condiciones generado por DMelect

Instalaciones eléctricas

MEMORIA DESCRIPTIVA

1. ANTECEDENTES Y FINALIDAD DE LA INSTALACION.
2. OBJETO DEL PROYECTO.
3. REGLAMENTACION Y DISPOSICIONES OFICIALES Y PARTICULARES.
4. EMPLAZAMIENTO.
5. SUMINISTRO DE LA ENERGIA.
6. PREVISION DE POTENCIA EN LA ZONA DE ACTUACION.
7. TRAZADO DE LA RED ELECTRICA.
8. CANALIZACIONES.
 - 8.1. CANALIZACIONES DIRECTAMENTE ENTERRADAS.
 - 8.2. CANALIZACIONES ENTERRADAS BAJO TUBO.
9. CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS.
 - 9.1. CRUZAMIENTOS.
 - 9.2. PROXIMIDADES Y PARALELISMOS.
10. CONDUCTORES.
11. EMPALMES Y CONEXIONES.
12. SISTEMAS DE PROTECCION.
13. UBICACION DE LOS EQUIPOS DE MEDIDA.
14. PLANOS.
15. CONCLUSION.

SEGURIDAD, HIGIENE Y SALUD EN EL TRABAJO

1. PREVENCION DE RIESGOS LABORALES.
 - 1.1. INTRODUCCION.

- 1.2. DERECHOS Y OBLIGACIONES.
 - 1.3. SERVICIOS DE PREVENCIÓN.
 - 1.4. CONSULTA Y PARTICIPACIÓN DE LOS TRABAJADORES.
2. DISPOSICIONES MÍNIMAS EN MATERIA DE SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.
 - 2.1. INTRODUCCIÓN.
 - 2.2. OBLIGACIÓN GENERAL DEL EMPRESARIO.
3. DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA UTILIZACIÓN POR LOS TRABAJADORES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO.
 - 3.1. INTRODUCCIÓN.
 - 3.2. OBLIGACIÓN GENERAL DEL EMPRESARIO.
4. DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN.
 - 4.1. INTRODUCCIÓN.
 - 4.2. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.
 - 4.3. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS DE SEGURIDAD Y SALUD DURANTE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.
5. DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD RELATIVAS A LA UTILIZACIÓN POR LOS TRABAJADORES DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL
 - 5.1. INTRODUCCIÓN.
 - 5.2. OBLIGACIONES GENERALES DEL EMPRESARIO.

MEMORIA DESCRIPTIVA

1. ANTECEDENTES Y FINALIDAD DE LA INSTALACIÓN.

Se redacta el presente proyecto de "RED DE BAJA TENSION" a petición de , con C.I.F.: y domicilio social en , nº de , y a instancia de la Consejería de Trabajo e Industria, Delegación Provincial de y del Excmo. Ayuntamiento de .

La finalidad de la red en proyecto es la de garantizar el suministro eléctrico a todas las parcelas existentes en , así como a todos los servicios.

2. OBJETO DEL PROYECTO.

El objeto del presente proyecto es el de exponer ante los Organismos Competentes que la red eléctrica de distribución en baja tensión que nos ocupa reúne las condiciones y garantías mínimas exigidas por la reglamentación vigente, con el fin de obtener la Autorización Administrativa y la de Ejecución de la instalación, así como servir de base a la hora de proceder a la ejecución de dicha red.

3. REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES Y PARTICULARES.

El presente proyecto recoge las características de los materiales, los cálculos que justifican su

empleo y la forma de ejecución de las obras a realizar, dando con ello cumplimiento a las siguientes disposiciones:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto de 2002).
- Normas Tecnológicas de la Edificación NTE IER – Red Exterior (B.O.E. 19.6.84).
- Real Decreto 1955/2000 de 1 de Diciembre, por el que se regulan las Actividades de Transporte, Distribución, Comercialización, Suministro y Procedimientos de Autorización de Instalaciones de Energía Eléctrica.
- Normas particulares y de normalización de la Cía. Suministradora de Energía Eléctrica.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados y Ordenanzas Municipales.

4. EMPLAZAMIENTO.

El emplazamiento de la Red de Baja Tensión objeto de este proyecto es en _____ de _____.

5. SUMINISTRO DE LA ENERGIA.

La energía se le suministrará a la tensión de _____ V., procedente de un centro de transformación existente en la zona, propiedad de la Cía. _____, empresa productora y distribuidora de energía eléctrica en la provincia.

6. PREVISION DE POTENCIA EN LA ZONA DE ACTUACION.

La potencia total prevista en la zona de actuación P_t en kW, se obtiene mediante la expresión:

$$P_t = P_v + P_c + P_i + P_d + P_p + P_h + P_a + P_e$$

Considerando:

P_v = Potencia correspondiente a viviendas; se determina según ITC-BT-10 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

P_c = Potencia correspondiente a locales comerciales; se determina a razón de 100 W/m² de superficie construida, y con el coeficiente de simultaneidad que se estime necesario (previsión mínima por local 3,45 kW), según ITC-BT-10 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

P_i = Potencia correspondiente a locales industriales; se determina a razón de 125 W/m² de superficie construida, y con el coeficiente de simultaneidad que se estime necesario (previsión mínima por local 10,35 kW), según ITC-BT-10 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Este tipo de establecimientos se suele trabajar con un coeficiente de simultaneidad que varía entre 0,10 y 0,20, debido a consideraciones urbanísticas de edificabilidad, volumen, etc, y según las características particulares del tipo de industria que se pretende implantar en la zona. Además, esta previsión de potencia coincide con diversas Recomendaciones estipuladas para este tipo de establecimientos (20 – 30 VA/m², incluidos servicios y dotaciones).

P_d = Potencia correspondiente a centros de enseñanza, guarderías y docencia en general; se determina a razón de 500 W/plaza en ausencia de datos (NTE IER).

P_p = Potencia correspondiente a locales de pública concurrencia, centros religiosos, salas de exposiciones, cinematógrafos; se determina a razón de 50 W/m² en ausencia de datos (NTE IER).

P_h = Potencia correspondiente a establecimientos hoteleros o alojamientos turísticos; se determina a razón de 1000 W/plaza, con un mínimo de 100 kW para establecimientos cuya capacidad sea igual o superior a 50 plazas y con un mínimo de 25 kW para establecimientos cuya capacidad sea inferior a 50 plazas (NTE IER).

P_a = Potencia correspondiente al alumbrado público; se determina según estudio luminotécnico. En ausencia de datos se puede estimar una potencia de 1,5 W/m² de vial.

P_e = Potencia correspondiente a edificios o instalaciones especiales, tales como centros médicos, polideportivos, industrias, etc.

Estas cargas serán las consideradas para el cálculo de la red eléctrica de baja tensión, que dota de suministro eléctrico a todas esas parcelas.

7. TRAZADO DE LA RED ELECTRICA.

Para la dotación de suministro eléctrico a las diferentes parcelas y servicios generales se han diseñado circuitos de baja tensión. Los circuitos partirán desde el cuadro de baja tensión existente en el Centro de Transformación, propiedad de la Cía. Suministradora de Energía.

La red eléctrica, en su recorrido, sólo afectará a terrenos de dominio público.

El trazado de dicha red se puede observar en el documento adjunto Planos.

8. CANALIZACIONES.

Las canalizaciones se dispondrán, en general, por terrenos de dominio público, y en zonas perfectamente delimitadas, preferentemente bajo las aceras. El trazado será lo más rectilíneo posible y a poder ser paralelo a referencias fijas como líneas en fachada y bordillos. Asimismo, deberán tenerse en cuenta los radios de curvatura mínimos, fijados por los fabricantes (o en su defecto los indicados en las normas de la serie UNE 20.435), a respetar en los cambios de dirección.

En la etapa de proyecto se deberá consultar con las empresas de servicio público y con los posibles propietarios de servicios para conocer la posición de sus instalaciones en la zona afectada. Una vez conocida, antes de proceder a la apertura de las zanjas se abrirán calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto en el proyecto.

8.1. CANALIZACIONES DIRECTAMENTE ENTERRADAS.

La profundidad, hasta la parte inferior del cable, no será menor de 0,60 m en acera, ni de 0,80 m en calzada.

Cuando existan impedimentos que no permitan lograr las mencionadas profundidades, éstas podrán reducirse, disponiendo protecciones mecánicas suficientes. Por el contrario, deberán aumentarse cuando las condiciones así lo exijan.

Para conseguir que el cable quede correctamente instalado sin haber recibido daño alguno, y que ofrezca seguridad frente a excavaciones hechas por terceros, en la instalación de los cables se seguirán las instrucciones descritas a continuación:

- El lecho de la zanja que va a recibir el cable será liso y estará libre de aristas vivas, cantos, piedras, etc. En el mismo se dispondrá una capa de arena de mina o de río lavada, de espesor mínimo 0,05 m sobre la que se colocará el cable. Por encima del cable irá otra capa de arena o tierra cribada de unos 0,10 m de espesor. Ambas capas cubrirán la anchura total de la zanja, la cual será suficiente para mantener 0,05 m entre los cables y las paredes laterales.

- Por encima de la arena todos los cables deberán tener una protección mecánica, como por ejemplo,

losetas de hormigón, placas protectoras de plástico, ladrillos o rasillas colocadas transversalmente. Podrá admitirse el empleo de otras protecciones mecánicas equivalentes. Se colocará también una cinta de señalización que advierta de la existencia del cable eléctrico de baja tensión. Su distancia mínima al suelo será de 0,10 m, y a la parte superior del cable de 0,25 m.

- Se admitirá también la colocación de placas con la doble misión de protección mecánica y de señalización.

8.2. CANALIZACIONES ENTERRADAS BAJO TUBO.

Se evitarán, en lo posible, los cambios de dirección en los tubos. En los puntos donde se produzcan y para facilitar la manipulación de los cables, se dispondrán arquetas con tapa, registrables o no. Para facilitar el tendido de los cables, en los tramos rectos se instalarán arquetas intermedias, registrables, ciegas o simplemente calas de tiro, como máximo cada 40 m. Esta distancia podrá variarse de forma razonable, en función de derivaciones, cruces u otros condicionantes viarios. Las arquetas serán prefabricadas o de fábrica de ladrillo cerámico macizo (cítara) enfoscada interiormente, con tapas de fundición de 60x60 cm y con un lecho de arena absorbente en el fondo de ellas. A la entrada de las arquetas, los tubos deberán quedar debidamente sellados en sus extremos para evitar la entrada de roedores y de agua. Si se trata de una urbanización de nueva construcción, donde las calles y servicios deben permitir situar todas las arquetas dentro de las aceras, no se permitirá la construcción de ellas donde exista tráfico rodado.

A lo largo de la canalización se colocará una cinta de señalización, que advierta de la existencia del cable eléctrico de baja tensión.

No se instalará más de un circuito por tubo. Los tubos deberán tener un diámetro tal que permita un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. El diámetro exterior mínimo de los tubos en función del número y sección de los conductores se obtendrá de la tabla 9, ITC-BT-21.

Los tubos protectores serán conformes a lo establecido en la norma UNE-EN 50.086 2-4. Las características mínimas serán las indicadas a continuación.

- Resistencia a la compresión: 250 N para tubos embebidos en hormigón; 450 N para tubos en suelo ligero; 750 N para tubos en suelo pesado.
- Resistencia al impacto: Grado Ligero para tubos embebidos en hormigón; Grado Normal para tubos en suelo ligero o suelo pesado.
- Resistencia a la penetración de objetos sólidos: Protegido contra objetos $D > 1$ mm.
- Resistencia a la penetración del agua: Protegido contra el agua en forma de lluvia.
- Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos: Protección interior y exterior media.

9. CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS.

9.1. CRUZAMIENTOS.

9.1.1. Calles y carreteras.

Los cables se colocarán en el interior de tubos protectores, recubiertos de hormigón en toda su longitud a una profundidad mínima de 0,80 m. Siempre que sea posible, el cruce se hará perpendicular al eje del vial.

9.1.2. Ferrocarriles.

Los cables se colocarán en el interior de tubos protectores, recubiertos de hormigón, y siempre que sea posible, perpendiculares a la vía, a una profundidad mínima de 1,3 m respecto a la cara inferior de la traviesa. Dichos tubos rebasarán las vías férreas en 1,5 m por cada extremo.

9.1.3. Otros cables de energía eléctrica.

Siempre que sea posible, se procurará que los cables de baja tensión discurren por encima de los alta tensión.

La distancia mínima entre un cable de baja tensión y otros cables de energía eléctrica será: 0,25 m con cables de alta tensión y 0,10 m con cables de baja tensión. La distancia del punto de cruce a los empalmes será superior a 1 m.

Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado 8.2.

9.1.4. Cables de telecomunicación.

La separación mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,20 m. La distancia del punto de cruce a los empalmes, tanto del cable de energía como del cable de telecomunicación, será superior a 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado 8.2.

Estas restricciones no se deben aplicar a los cables de fibra óptica con cubiertas dieléctricas. Todo tipo de protección en la cubierta del cable debe ser aislante.

9.1.5. Canalizaciones de agua y gas.

Siempre que sea posible, los cables se instalarán por encima de las canalizaciones de agua.

La distancia mínima entre cables de energía eléctrica y canalizaciones de agua o gas será de 0,20 m. Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de las canalizaciones de agua o gas, o de los empalmes de la canalización eléctrica, situando unas y otros a una distancia superior a 1 m del cruce. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, la canalización instalada más recientemente se dispondrá entubada según lo prescrito en el apartado 8.2.

9.1.6. Conducciones de alcantarillado.

Se procurará pasar los cables por encima de las conducciones de alcantarillado.

No se admitirá incidir en su interior. Se admitirá incidir en su pared (por ejemplo, instalando tubos, etc), siempre que se asegure que ésta no ha quedado debilitada. Si no es posible, se pasará por debajo, y los cables se dispondrán en canalizaciones entubadas según lo prescrito en el apartado 8.2.

9.1.7. Depósitos de carburante.

Los cables se dispondrán en canalizaciones entubadas y distarán, como mínimo, 0,20 m del depósito. Los extremos de los tubos rebasarán al depósito, como mínimo 1,5 m por cada extremo.

9.2. PROXIMIDADES Y PARALELISMOS.

9.2.1. Otros cables de energía eléctrica.

Los cables de baja tensión podrán instalarse paralelamente a otros de baja o alta tensión, manteniendo entre ellos una distancia mínima de 0,10 m con los cables de baja tensión y 0,25 m con los cables de alta tensión. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado 8.2.

9.2.2. Cables de telecomunicación.

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,20 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado 8.2.

9.2.3. Canalizaciones de agua.

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de agua será de 0,20 m. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de las canalizaciones de agua será de 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, la canalización instalada más recientemente se dispondrá entubada según lo prescrito en el apartado 8.2.

Se procurará mantener una distancia mínima de 0,20 m en proyección horizontal, y que la canalización de agua quede por debajo del nivel del cable eléctrico.

Por otro lado, las arterias principales de agua se dispondrán de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos de baja tensión.

9.2.4. Canalizaciones de gas.

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de gas será de 0,20 m, excepto para canalizaciones de gas de alta presión (más de 4 bar), en que la distancia será de 0,40 m. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de las canalizaciones de gas será de 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, la canalización instalada más recientemente se dispondrá entubada según lo prescrito en el apartado 8.2.

Se procurará mantener una distancia mínima de 0,20 m en proyección horizontal.

Por otro lado, las arterias importantes de gas se dispondrán de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos de baja tensión.

9.2.5. Acometidas (conexiones de servicio).

En el caso de que el cruzamiento o paralelismo entre cables eléctricos y canalizaciones de los servicios descritos anteriormente, se produzcan en el tramo de acometida a un edificio deberá mantenerse una distancia mínima de 0,20 m.

Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, la canalización instalada más recientemente se dispondrá entubada según lo prescrito en el apartado 8.2.

10. CONDUCTORES.

Los conductores a emplear en la instalación serán de Aluminio homogéneo, unipolares, tensión asignada no inferior a 0,6/1 kV, aislamiento de polietileno reticulado "XLPE", enterrados bajo tubo o directamente enterrados, con unas secciones de 25, 50, 95, 150 o 240 mm² (según Normas Técnicas de Construcción y Montaje de las Instalaciones Eléctricas de Distribución de la Cía. Suministradora).

El cálculo de la sección de los conductores se realizará teniendo en cuenta que el valor máximo de la caída de tensión no sea superior a un 5 % de la tensión nominal y verificando que la máxima intensidad admisible de los conductores quede garantizada en todo momento.

Cuando la intensidad a transportar sea superior a la admisible por un solo conductor se podrá instalar más de un conductor por fase, según los siguientes criterios:

- Emplear conductores del mismo material, sección y longitud.
- Los cables se agruparán al tresbolillo, en ternas dispuestas en uno o varios niveles.

El conductor neutro tendrá como mínimo, en distribuciones trifásicas a cuatro hilos, una sección igual a la sección de los conductores de fase para secciones hasta 10 mm² de cobre o 16 mm² de aluminio, y una sección mitad de la sección de los conductores de fase, con un mínimo de 10 mm² para cobre y 16 mm² de aluminio, para secciones superiores. En distribuciones monofásicas, la sección del conductor neutro será igual a la sección del conductor de fase.

El conductor neutro deberá estar identificado por un sistema adecuado. Deberá estar puesto a tierra en el centro de transformación o central generadora, y como mínimo, cada 500 metros de longitud

de línea. Aún cuando la línea posea una longitud inferior, se recomienda conectarlo a tierra al final de ella. La resistencia de la puesta a tierra no podrá superar los 20 ohmios.

En cualquier caso, siempre se atenderá a las Recomendaciones de la compañía suministradora de la electricidad.

11. EMPALMES Y CONEXIONES.

Los empalmes y conexiones de los conductores se efectuarán siguiendo métodos o sistemas que garanticen una perfecta continuidad del conductor y de su aislamiento. Asimismo, deberá quedar perfectamente asegurada su estanquidad y resistencia contra la corrosión que pueda originar el terreno.

Un método apropiado para la realización de empalmes y conexiones puede ser mediante el empleo de tenaza hidráulica y la aplicación de un revestimiento a base de cinta vulcanizable.

12. SISTEMAS DE PROTECCION.

En primer lugar, la red de distribución en baja tensión estará protegida contra los efectos de las sobreintensidades que puedan presentarse en la misma (ITC-BT-22), por lo tanto se utilizarán los siguientes sistemas de protección:

- Protección a sobrecargas: Se utilizarán fusibles o interruptores automáticos calibrados convenientemente, ubicados en el cuadro de baja tensión del centro de transformación, desde donde parten los circuitos (según figura en anexo de cálculo); cuando se realiza todo el trazado de los circuitos a sección constante (y queda ésta protegida en inicio de línea), no es necesaria la colocación de elementos de protección en ningún otro punto de la red para proteger las reducciones de sección.
- Protección a cortocircuitos: Se utilizarán fusibles o interruptores automáticos calibrados convenientemente, ubicados en el cuadro de baja tensión del centro de transformación.

En segundo lugar, para la protección contra contactos directos (ITC-BT-22) se han tomado las medidas siguientes:

- Ubicación del circuito eléctrico enterrado bajo tubo en una zanja practicada al efecto, con el fin de resultar imposible un contacto fortuito con las manos por parte de las personas que habitualmente circulan por el acerado.
- Alojamiento de los sistemas de protección y control de la red eléctrica, así como todas las conexiones pertinentes, en cajas o cuadros eléctricos aislantes, los cuales necesitan de útiles especiales para proceder a su apertura.
- Aislamiento de todos los conductores con polietileno reticulado "XLPE", tensión asignada 0,6/1 kV, con el fin de recubrir las partes activas de la instalación.

En tercer lugar, para la protección contra contactos indirectos (ITC-BT-22), la Cía. Suministradora obliga a utilizar en sus redes de distribución en BT el esquema TT, es decir, Neutro de B.T. puesto directamente a tierra y masas de la instalación receptora conectadas a una tierra separada de la anterior, así como empleo en dicha instalación de interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada al tipo de local y características del terreno.

Por otra parte, es obligada la conexión del neutro a tierra en el centro de transformación y cada 500 metros (según ITC-BT-06 e ITC-BT-07), sin embargo, aunque la longitud de cada uno de los circuitos sea inferior a la cifra reseñada, el neutro se conectará como mínimo una vez a tierra al final de cada circuito.

13. UBICACION DE LOS EQUIPOS DE MEDIDA.

Los contadores se ubicarán de forma individual para cada abonado, lo que equivale a decir, para cada parcela.

A fin de facilitar la toma periódica de las lecturas que marquen los contadores, para que las facturaciones respondan a consumos reales, aquellos quedarán albergados en el interior de un módulo prefabricado homologado, ubicado en la linde o valla de parcela con frente a la vía de tránsito.

Este módulo deberá estar lo más próximo posible de la caja general de protección, pudiendo constituir nichos de una sola unidad, convirtiéndose así en una caja general de protección y medida, sin perjuicio de las dimensiones que ambas deban mantener para cumplir normalmente su propia función. Este módulo deberá disponer de aberturas adecuadas y deberá estar conectado mediante canalización empotrada hasta una profundidad de 1 m. bajo la rasante de la acera. Al ubicarse en la valla circundante de la parcela, dicho módulo estará situado a 0,50 m. sobre la rasante de la acera.

Las cajas de protección y medida serán de material aislante de clase A, resistentes a los álcalis, autoextinguibles y precintables. La envolvente deberá disponer de ventilación interna para evitar condensaciones. Tendrán como mínimo en posición de servicio un grado de protección IP-433, excepto en sus partes frontales y en las expuestas a golpes, en las que, una vez efectuada su colocación en servicio, la tercera cifra característica no será inferior a siete.

El cálculo y diseño de los fusibles de la Caja de Protección-Medida y Acometida a cada abonado se realizará en función de la potencia real demanda por dicha instalación.

14. PLANOS.

En el documento correspondiente de este proyecto, se adjuntan cuantos planos se han estimado necesarios con los detalles suficientes de las instalaciones que se han proyectado, con claridad y objetividad.

15. CONCLUSION.

Expuesto el objeto y la utilidad del presente proyecto, esperamos que el mismo merezca la aprobación de la Administración y el Ayuntamiento, dándonos las autorizaciones pertinentes para su tramitación y puesta en servicio.

1. PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES.

1.1. INTRODUCCION.

La ley *31/1995*, de 8 de noviembre de 1995, de *Prevención de Riesgos Laborales* tiene por objeto la determinación del cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los *riesgos derivados de las condiciones de trabajo*.

Como ley establece un marco legal a partir del cual las *normas reglamentarias* irán fijando y concretando los aspectos más técnicos de las medidas preventivas.

Estas normas complementarias quedan resumidas a continuación:

- Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

1.2. DERECHOS Y OBLIGACIONES.

1.2.1. DERECHO A LA PROTECCIÓN FRENTE A LOS RIESGOS LABORALES.

Los trabajadores tienen derecho a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo.

A este efecto, el empresario realizará la prevención de los riesgos laborales mediante la adopción de cuantas medidas sean necesarias para la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, con las especialidades que se recogen en los artículos siguientes en materia de evaluación de riesgos, información, consulta, participación y formación de los trabajadores, actuación en casos de emergencia y de riesgo grave e inminente y vigilancia de la salud.

1.2.2. PRINCIPIOS DE LA ACCIÓN PREVENTIVA.

El empresario aplicará las medidas preventivas pertinentes, con arreglo a los siguientes principios generales:

- Evitar los riesgos.
- Evaluar los riesgos que no se pueden evitar.
- Combatir los riesgos en su origen.
- Adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo.
- Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.
- Dar las debidas instrucciones a los trabajadores.
- Adoptar las medidas necesarias a fin de garantizar que sólo los trabajadores que hayan recibido información suficiente y adecuada puedan acceder a las zonas de riesgo grave y específico.
- Prever las distracciones o imprudencias no temerarias que pudiera cometer el trabajador.

1.2.3. EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS.

La acción preventiva en la empresa se planificará por el empresario a partir de una evaluación inicial de los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores, que se realizará, con carácter general, teniendo en cuenta la naturaleza de la actividad, y en relación con aquellos que estén expuestos a riesgos especiales. Igual evaluación deberá hacerse con ocasión de la elección de los equipos de trabajo, de las sustancias o preparados químicos y del acondicionamiento de los lugares de trabajo.

De alguna manera se podrían clasificar las causas de los riesgos en las categorías siguientes:

- Insuficiente calificación profesional del personal dirigente, jefes de equipo y obreros.
- Empleo de maquinaria y equipos en trabajos que no corresponden a la finalidad para la que fueron concebidos o a sus posibilidades.
- Negligencia en el manejo y conservación de las máquinas e instalaciones. Control deficiente en la explotación.
- Insuficiente instrucción del personal en materia de seguridad.

Referente a las máquinas herramienta, los riesgos que pueden surgir al manejarlas se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Se puede producir un accidente o deterioro de una máquina si se pone en marcha sin conocer su modo de funcionamiento.
- La lubricación deficiente conduce a un desgaste prematuro por lo que los puntos de engrase manual deben ser engrasados regularmente.
- Puede haber ciertos riesgos si alguna palanca de la máquina no está en su posición correcta.
- El resultado de un trabajo puede ser poco exacto si las guías de las máquinas se desgastan, y por ello hay que protegerlas contra la introducción de virutas.
- Puede haber riesgos mecánicos que se deriven fundamentalmente de los diversos movimientos que realicen las distintas partes de una máquina y que pueden provocar que el operario:
 - Entre en contacto con alguna parte de la máquina o ser atrapado entre ella y cualquier estructura fija o material.
 - Sea golpeado o arrastrado por cualquier parte en movimiento de la máquina.
 - Ser golpeado por elementos de la máquina que resulten proyectados.

- Ser golpeado por otros materiales proyectados por la máquina.
- Puede haber riesgos no mecánicos tales como los derivados de la utilización de energía eléctrica, productos químicos, generación de ruido, vibraciones, radiaciones, etc.

Los movimientos peligrosos de las máquinas se clasifican en cuatro grupos:

- Movimientos de rotación. Son aquellos movimientos sobre un eje con independencia de la inclinación del mismo y aún cuando giren lentamente. Se clasifican en los siguientes grupos:
 - Elementos considerados aisladamente tales como árboles de transmisión, vástagos, brocas, acoplamientos.
 - Puntos de atrapamiento entre engranajes y ejes girando y otras fijas o dotadas de desplazamiento lateral a ellas.
- Movimientos alternativos y de traslación. El punto peligroso se sitúa en el lugar donde la pieza dotada de este tipo de movimiento se aproxima a otra pieza fija o móvil y la sobrepasa.
- Movimientos de traslación y rotación. Las conexiones de bielas y vástagos con ruedas y volantes son algunos de los mecanismos que generalmente están dotadas de este tipo de movimientos.
- Movimientos de oscilación. Las piezas dotadas de movimientos de oscilación pendular generan puntos de "tijera" entre ellas y otras piezas fijas.

Las actividades de prevención deberán ser modificadas cuando se aprecie por el empresario, como consecuencia de los controles periódicos previstos en el apartado anterior, su inadecuación a los fines de protección requeridos.

1.2.4. EQUIPOS DE TRABAJO Y MEDIOS DE PROTECCIÓN.

Cuando la utilización de un equipo de trabajo pueda presentar un riesgo específico para la seguridad y la salud de los trabajadores, el empresario adoptará las medidas necesarias con el fin de que:

- La utilización del equipo de trabajo quede reservada a los encargados de dicha utilización.
- Los trabajos de reparación, transformación, mantenimiento o conservación sean realizados por los trabajadores específicamente capacitados para ello.

El empresario deberá proporcionar a sus trabajadores equipos de protección individual adecuados para el desempeño de sus funciones y velar por el uso efectivo de los mismos.

1.2.5. INFORMACIÓN, CONSULTA Y PARTICIPACIÓN DE LOS TRABAJADORES.

El empresario adoptará las medidas adecuadas para que los trabajadores reciban todas las informaciones necesarias en relación con:

- Los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo.
- Las medidas y actividades de protección y prevención aplicables a los riesgos.

Los trabajadores tendrán derecho a efectuar propuestas al empresario, así como a los órganos competentes en esta materia, dirigidas a la mejora de los niveles de la protección de la seguridad y la salud en los lugares de trabajo, en materia de señalización en dichos lugares, en cuanto a la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en las obras de construcción y en cuanto a utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

1.2.6. FORMACIÓN DE LOS TRABAJADORES.

El empresario deberá garantizar que cada trabajador reciba una formación teórica y práctica, suficiente y adecuada, en materia preventiva.

1.2.7. MEDIDAS DE EMERGENCIA.

El empresario, teniendo en cuenta el tamaño y la actividad de la empresa, así como la posible presencia de personas ajenas a la misma, deberá analizar las posibles situaciones de emergencia y adoptar las medidas necesarias en materia de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de los trabajadores, designando para ello al personal encargado de poner en práctica estas medidas y comprobando periódicamente, en su caso, su correcto funcionamiento.

1.2.8. RIESGO GRAVE E INMINENTE.

Cuando los trabajadores estén expuestos a un riesgo grave e inminente con ocasión de su trabajo, el empresario estará obligado a:

- Informar lo antes posible a todos los trabajadores afectados acerca de la existencia de dicho riesgo y de las medidas adoptadas en materia de protección.
- Dar las instrucciones necesarias para que, en caso de peligro grave, inminente e inevitable, los trabajadores puedan interrumpir su actividad y además estar en condiciones, habida cuenta de sus conocimientos y de los medios técnicos puestos a su disposición, de adoptar las medidas necesarias para evitar las consecuencias de dicho peligro.

1.2.9. VIGILANCIA DE LA SALUD.

El empresario garantizará a los trabajadores a su servicio la vigilancia periódica de su estado de salud en función de los riesgos inherentes al trabajo, optando por la realización de aquellos reconocimientos o pruebas que causen las menores molestias al trabajador y que sean proporcionales al riesgo.

1.2.10. DOCUMENTACIÓN.

El empresario deberá elaborar y conservar a disposición de la autoridad laboral la siguiente documentación:

- Evaluación de los riesgos para la seguridad y salud en el trabajo, y planificación de la acción preventiva.
- Medidas de protección y prevención a adoptar.
- Resultado de los controles periódicos de las condiciones de trabajo.
- Práctica de los controles del estado de salud de los trabajadores.
- Relación de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales que hayan causado al trabajador una incapacidad laboral superior a un día de trabajo.

1.2.11. COORDINACIÓN DE ACTIVIDADES EMPRESARIALES.

Cuando en un mismo centro de trabajo desarrollen actividades trabajadores de dos o más empresas, éstas deberán cooperar en la aplicación de la normativa sobre prevención de riesgos laborales.

1.2.12. PROTECCIÓN DE TRABAJADORES ESPECIALMENTE SENSIBLES A DETERMINADOS RIESGOS.

El empresario garantizará, evaluando los riesgos y adoptando las medidas preventivas necesarias, la protección de los trabajadores que, por sus propias características personales o estado biológico conocido, incluidos aquellos que tengan reconocida la situación de discapacidad física, psíquica o sensorial, sean específicamente sensibles a los riesgos derivados del trabajo.

1.2.13. PROTECCIÓN DE LA MATERNIDAD.

La evaluación de los riesgos deberá comprender la determinación de la naturaleza, el grado y la duración de la exposición de las trabajadoras en situación de embarazo o parto reciente, a agentes, procedimientos o condiciones de trabajo que puedan influir negativamente en la salud de las trabajadoras o del feto, adoptando, en su caso, las medidas necesarias para evitar la exposición a dicho riesgo.

1.2.14. PROTECCIÓN DE LOS MENORES.

Antes de la incorporación al trabajo de jóvenes menores de dieciocho años, y previamente a cualquier modificación importante de sus condiciones de trabajo, el empresario deberá efectuar una evaluación de los puestos de trabajo a desempeñar por los mismos, a fin de determinar la naturaleza, el grado y la duración de su exposición, teniendo especialmente en cuenta los riesgos derivados de su falta de experiencia, de su inmadurez para evaluar los riesgos existentes o potenciales y de su desarrollo

todavía incompleto.

1.2.15. RELACIONES DE TRABAJO TEMPORALES, DE DURACIÓN DETERMINADA Y EN EMPRESAS DE TRABAJO TEMPORAL.

Los trabajadores con relaciones de trabajo temporales o de duración determinada, así como los contratados por empresas de trabajo temporal, deberán disfrutar del mismo nivel de protección en materia de seguridad y salud que los restantes trabajadores de la empresa en la que prestan sus servicios.

1.2.16. OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES EN MATERIA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS.

Corresponde a cada trabajador velar, según sus posibilidades y mediante el cumplimiento de las medidas de prevención que en cada caso sean adoptadas, por su propia seguridad y salud en el trabajo y por la de aquellas otras personas a las que pueda afectar su actividad profesional, a causa de sus actos y omisiones en el trabajo, de conformidad con su formación y las instrucciones del empresario.

Los trabajadores, con arreglo a su formación y siguiendo las instrucciones del empresario, deberán en particular:

- Usar adecuadamente, de acuerdo con su naturaleza y los riesgos previsibles, las máquinas, aparatos, herramientas, sustancias peligrosas, equipos de transporte y, en general, cualesquiera otros medios con los que desarrollen su actividad.
- Utilizar correctamente los medios y equipos de protección facilitados por el empresario.
- No poner fuera de funcionamiento y utilizar correctamente los dispositivos de seguridad existentes.
- Informar de inmediato un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- Contribuir al cumplimiento de las obligaciones establecidas por la autoridad competente.

1.3. SERVICIOS DE PREVENCIÓN.

1.3.1. PROTECCIÓN Y PREVENCIÓN DE RIESGOS PROFESIONALES.

En cumplimiento del deber de prevención de riesgos profesionales, el empresario designará uno o varios trabajadores para ocuparse de dicha actividad, constituirá un servicio de prevención o concertará dicho servicio con una entidad especializada ajena a la empresa.

Los trabajadores designados deberán tener la capacidad necesaria, disponer del tiempo y de los medios precisos y ser suficientes en número, teniendo en cuenta el tamaño de la empresa, así como los riesgos a que están expuestos los trabajadores.

En las empresas de menos de seis trabajadores, el empresario podrá asumir personalmente las funciones señaladas anteriormente, siempre que desarrolle de forma habitual su actividad en el centro de trabajo y tenga capacidad necesaria.

El empresario que no hubiere concertado el Servicio de Prevención con una entidad especializada ajena a la empresa deberá someter su sistema de prevención al control de una auditoría o evaluación externa.

1.3.2. SERVICIOS DE PREVENCIÓN.

Si la designación de uno o varios trabajadores fuera insuficiente para la realización de las actividades de prevención, en función del tamaño de la empresa, de los riesgos a que están expuestos los trabajadores o de la peligrosidad de las actividades desarrolladas, el empresario deberá recurrir a uno o varios servicios de prevención propios o ajenos a la empresa, que colaborarán cuando sea necesario.

Se entenderá como servicio de prevención el conjunto de medios humanos y materiales necesarios para realizar las actividades preventivas a fin de garantizar la adecuada protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, asesorando y asistiendo para ello al empresario, a los trabajadores y a sus representantes y a los órganos de representación especializados.

1.4. CONSULTA Y PARTICIPACION DE LOS TRABAJADORES.

1.4.1. CONSULTA DE LOS TRABAJADORES.

El empresario deberá consultar a los trabajadores, con la debida antelación, la adopción de las decisiones relativas a:

- La planificación y la organización del trabajo en la empresa y la introducción de nuevas tecnologías, en todo lo relacionado con las consecuencias que éstas pudieran tener para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- La organización y desarrollo de las actividades de protección de la salud y prevención de los riesgos profesionales en la empresa, incluida la designación de los trabajadores encargados de dichas actividades o el recurso a un servicio de prevención externo.
- La designación de los trabajadores encargados de las medidas de emergencia.
- El proyecto y la organización de la formación en materia preventiva.

1.4.2. DERECHOS DE PARTICIPACIÓN Y REPRESENTACIÓN.

Los trabajadores tienen derecho a participar en la empresa en las cuestiones relacionadas con la prevención de riesgos en el trabajo.

En las empresas o centros de trabajo que cuenten con seis o más trabajadores, la participación de éstos se canalizará a través de sus representantes y de la representación especializada.

1.4.3. DELEGADOS DE PREVENCIÓN.

Los Delegados de Prevención son los representantes de los trabajadores con funciones específicas en materia de prevención de riesgos en el trabajo. Serán designados por y entre los representantes del personal, con arreglo a la siguiente escala:

- De 50 a 100 trabajadores: 2 Delegados de Prevención.
- De 101 a 500 trabajadores: 3 Delegados de Prevención.
- De 501 a 1000 trabajadores: 4 Delegados de Prevención.
- De 1001 a 2000 trabajadores: 5 Delegados de Prevención.
- De 2001 a 3000 trabajadores: 6 Delegados de Prevención.
- De 3001 a 4000 trabajadores: 7 Delegados de Prevención.
- De 4001 en adelante: 8 Delegados de Prevención.

En las empresas de hasta treinta trabajadores el Delegado de Prevención será el Delegado de Personal. En las empresas de treinta y uno a cuarenta y nueve trabajadores habrá un Delegado de Prevención que será elegido por y entre los Delegados de Personal.

2. DISPOSICIONES MINIMAS EN MATERIA DE SEÑALIZACION DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.

2.1. INTRODUCCION.

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los *riesgos derivados de las condiciones de trabajo*.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las **normas reglamentarias** las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a *garantizar que en los lugares de trabajo exista una adecuada señalización de seguridad y salud*, siempre que los riesgos no puedan evitarse o limitarse suficientemente a través de medios técnicos de protección colectiva.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto **485/1997** de 14 de Abril de 1.997 establece las **disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y de salud en el trabajo**, entendiéndose como tales aquellas señalizaciones que referidas a un objeto, actividad o situación determinada, proporcionen una

indicación o una obligación relativa a la seguridad o la salud en el trabajo mediante una señal en forma de panel, un color, una señal luminosa o acústica, una comunicación verbal o una señal gestual.

2.2. OBLIGACION GENERAL DEL EMPRESARIO.

La elección del tipo de señal y del número y emplazamiento de las señales o dispositivos de señalización a utilizar en cada caso se realizará de forma que la señalización resulte lo más eficaz posible, teniendo en cuenta:

- Las características de la señal.
- Los riesgos, elementos o circunstancias que hayan de señalizarse.
- La extensión de la zona a cubrir.
- El número de trabajadores afectados.

Para la señalización de desniveles, obstáculos u otros elementos que originen riesgo de caída de personas, choques o golpes, así como para la señalización de riesgo eléctrico, presencia de materias inflamables, tóxicas, corrosivas o riesgo biológico, podrá optarse por una señal de advertencia de forma triangular, con un pictograma característico de color negro sobre fondo amarillo y bordes negros.

Las vías de circulación de vehículos deberán estar delimitadas con claridad mediante franjas continuas de color blanco o amarillo.

Los equipos de protección contra incendios deberán ser de color rojo.

La señalización para la localización e identificación de las vías de evacuación y de los equipos de salvamento o socorro (botiquín portátil) se realizará mediante una señal de forma cuadrada o rectangular, con un pictograma característico de color blanco sobre fondo verde.

La señalización dirigida a alertar a los trabajadores o a terceros de la aparición de una situación de peligro y de la consiguiente y urgente necesidad de actuar de una forma determinada o de evacuar la zona de peligro, se realizará mediante una señal luminosa, una señal acústica o una comunicación verbal.

Los medios y dispositivos de señalización deberán ser limpiados, mantenidos y verificados regularmente.

3. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA UTILIZACION POR LOS TRABAJADORES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO.

3.1. INTRODUCCION.

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los *riesgos derivados de las condiciones de trabajo*.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las **normas reglamentarias** las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a *garantizar que de la presencia o utilización de los equipos de trabajo puestos a disposición de los trabajadores en la empresa o centro de trabajo no se deriven riesgos para la seguridad o salud de los mismos*.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto **1215/1997** de 18 de Julio de 1.997 establece las **disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo**, entendiendo como tales cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizado en el trabajo.

3.2. OBLIGACION GENERAL DEL EMPRESARIO.

El empresario adoptará las medidas necesarias para que los equipos de trabajo que se pongan a disposición de los trabajadores sean adecuados al trabajo que deba realizarse y convenientemente adaptados al mismo, de forma que garanticen la seguridad y la salud de los trabajadores al utilizar dichos equipos.

Deberá utilizar únicamente equipos que satisfagan cualquier disposición legal o reglamentaria que les sea de aplicación.

Para la elección de los equipos de trabajo el empresario deberá tener en cuenta los siguientes factores:

- Las condiciones y características específicas del trabajo a desarrollar.
- Los riesgos existentes para la seguridad y salud de los trabajadores en el lugar de trabajo.
- En su caso, las adaptaciones necesarias para su utilización por trabajadores discapacitados.

Adoptará las medidas necesarias para que, mediante un mantenimiento adecuado, los equipos de trabajo se conserven durante todo el tiempo de utilización en unas condiciones adecuadas. Todas las operaciones de mantenimiento, ajuste, desbloqueo, revisión o reparación de los equipos de trabajo se realizará tras haber parado o desconectado el equipo. Estas operaciones deberán ser encomendadas al personal especialmente capacitado para ello.

El empresario deberá garantizar que los trabajadores reciban una formación e información adecuadas a los riesgos derivados de los equipos de trabajo. La información, suministrada preferentemente por escrito, deberá contener, como mínimo, las indicaciones relativas a:

- Las condiciones y forma correcta de utilización de los equipos de trabajo, teniendo en cuenta las instrucciones del fabricante, así como las situaciones o formas de utilización anormales y peligrosas que puedan preverse.
- Las conclusiones que, en su caso, se puedan obtener de la experiencia adquirida en la utilización de los equipos de trabajo.

3.2.1. DISPOSICIONES MÍNIMAS GENERALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO.

Los órganos de accionamiento de un equipo de trabajo que tengan alguna incidencia en la seguridad deberán ser claramente visibles e identificables y no deberán acarrear riesgos como consecuencia de una manipulación involuntaria.

Cada equipo de trabajo deberá estar provisto de un órgano de accionamiento que permita su parada total en condiciones de seguridad.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo de caída de objetos o de proyecciones deberá estar provisto de dispositivos de protección adecuados a dichos riesgos.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo por emanación de gases, vapores o líquidos o por emisión de polvo deberá estar provisto de dispositivos adecuados de captación o extracción cerca de la fuente emisora correspondiente.

Si fuera necesario para la seguridad o la salud de los trabajadores, los equipos de trabajo y sus elementos deberán estabilizarse por fijación o por otros medios.

Cuando los elementos móviles de un equipo de trabajo puedan entrañar riesgo de accidente por contacto mecánico, deberán ir equipados con resguardos o dispositivos que impidan el acceso a las zonas peligrosas.

Las zonas y puntos de trabajo o mantenimiento de un equipo de trabajo deberán estar adecuadamente iluminadas en función de las tareas que deban realizarse.

Las partes de un equipo de trabajo que alcancen temperaturas elevadas o muy bajas deberán estar protegidas cuando corresponda contra los riesgos de contacto o la proximidad de los trabajadores.

Todo equipo de trabajo deberá ser adecuado para proteger a los trabajadores expuestos contra el riesgo de contacto directo o indirecto de la electricidad y los que entrañen riesgo por ruido, vibraciones o radiaciones deberá disponer de las protecciones o dispositivos adecuados para limitar, en la medida de lo posible, la generación y propagación de estos agentes físicos.

Las herramientas manuales deberán estar construidas con materiales resistentes y la unión entre sus elementos deberá ser firme, de manera que se eviten las roturas o proyecciones de los mismos.

La utilización de todos estos equipos no podrá realizarse en contradicción con las instrucciones facilitadas por el fabricante, comprobándose antes del iniciar la tarea que todas sus protecciones y condiciones de uso son las adecuadas.

Deberán tomarse las medidas necesarias para evitar el atrapamiento del cabello, ropas de trabajo u otros objetos del trabajador, evitando, en cualquier caso, someter a los equipos a sobrecargas, sobrepresiones, velocidades o tensiones excesivas.

3.2.2. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO MOVILES.

Los equipos con trabajadores transportados deberán evitar el contacto de éstos con ruedas y orugas y el aprisionamiento por las mismas. Para ello dispondrán de una estructura de protección que impida que el equipo de trabajo incline más de un cuarto de vuelta o una estructura que garantice un espacio suficiente alrededor de los trabajadores transportados cuando el equipo pueda inclinarse más de un cuarto de vuelta. No se requerirán estas estructuras de protección cuando el equipo de trabajo se encuentre estabilizado durante su empleo.

Las carretillas elevadoras deberán estar acondicionadas mediante la instalación de una cabina para el conductor, una estructura que impida que la carretilla vuelque, una estructura que garantice que, en caso de vuelco, quede espacio suficiente para el trabajador entre el suelo y determinadas partes de dicha carretilla y una estructura que mantenga al trabajador sobre el asiento de conducción en buenas condiciones.

Los equipos de trabajo automotores deberán contar con dispositivos de frenado y parada, con dispositivos para garantizar una visibilidad adecuada y con una señalización acústica de advertencia. En cualquier caso, su conducción estará reservada a los trabajadores que hayan recibido una información específica.

3.2.3. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO PARA ELEVACION DE CARGAS.

Deberán estar instalados firmemente, teniendo presente la carga que deban levantar y las tensiones inducidas en los puntos de suspensión o de fijación. En cualquier caso, los aparatos de izar estarán equipados con limitador del recorrido del carro y de los ganchos, los motores eléctricos estarán provistos de limitadores de altura y del peso, los ganchos de sujeción serán de acero con "pestillos de seguridad" y los carriles para desplazamiento estarán limitados a una distancia de 1 m de su término mediante topes de seguridad de final de carrera eléctricos.

Deberá figurar claramente la carga nominal.

Deberán instalarse de modo que se reduzca el riesgo de que la carga caiga en picado, se suelte o se desvíe involuntariamente de forma peligrosa. En cualquier caso, se evitará la presencia de trabajadores bajo las cargas suspendidas. Caso de ir equipadas con cabinas para trabajadores deberá evitarse la caída de éstas, su aplastamiento o choque.

Los trabajos de izado, transporte y descenso de cargas suspendidas, quedarán interrumpidos bajo régimen de vientos superiores a los 60 km/h.

3.2.4. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO PARA MOVIMIENTO DE TIERRAS Y MAQUINARIA PESADA EN GENERAL.

Las máquinas para los movimientos de tierras estarán dotadas de faros de marcha hacia adelante y de retroceso, servofrenos, freno de mano, bocina automática de retroceso, retrovisores en ambos lados, pórtico de seguridad antivuelco y antiimpactos y un extintor.

Se prohíbe trabajar o permanecer dentro del radio de acción de la maquinaria de movimiento de tierras, para evitar los riesgos por atropello.

Durante el tiempo de parada de las máquinas se señalará su entorno con "señales de peligro", para evitar los riesgos por fallo de frenos o por atropello durante la puesta en marcha.

Si se produjese contacto con líneas eléctricas el maquinista permanecerá inmóvil en su puesto y solicitará auxilio por medio de las bocinas. De ser posible el salto sin riesgo de contacto eléctrico, el maquinista saltará fuera de la máquina sin tocar, al unísono, la máquina y el terreno.

Antes del abandono de la cabina, el maquinista habrá dejado en reposo, en contacto con el pavimento (la cuchilla, cazo, etc.), puesto el freno de mano y parado el motor extrayendo la llave de contacto para evitar los riesgos por fallos del sistema hidráulico.

Las pasarelas y peldaños de acceso para conducción o mantenimiento permanecerán limpios de gravas, barro y aceite, para evitar los riesgos de caída.

Se prohíbe el transporte de personas sobre las máquinas para el movimiento de tierras, para evitar los riesgos de caídas o de atropellos.

Se instalarán topes de seguridad de fin de recorrido, ante la coronación de los cortes (taludes o terraplenes) a los que debe aproximarse la maquinaria empleada en el movimiento de tierras, para evitar los riesgos por caída de la máquina.

Se señalarán los caminos de circulación interna mediante cuerda de banderolas y señales normalizadas de tráfico.

Se prohíbe el acopio de tierras a menos de 2 m. del borde de la excavación (como norma general).

No se debe fumar cuando se abastezca de combustible la máquina, pues podría inflamarse. Al realizar dicha tarea el motor deberá permanecer parado.

Se prohíbe realizar trabajos en un radio de 10 m entorno a las máquinas de hinca, en prevención de golpes y atropellos.

Las cintas transportadoras estarán dotadas de pasillo lateral de visita de 60 cm de anchura y barandillas de protección de éste de 90 cm de altura. Estarán dotadas de encauzadores antidesprendimientos de objetos por rebose de materiales. Bajo las cintas, en todo su recorrido, se instalarán bandejas de recogida de objetos desprendidos.

Los compresores serán de los llamados "silenciosos" en la intención de disminuir el nivel de ruido. La zona dedicada para la ubicación del compresor quedará acordonada en un radio de 4 m. Las mangueras estarán en perfectas condiciones de uso, es decir, sin grietas ni desgastes que puedan producir un reventón.

Cada tajo con martillos neumáticos, estará trabajado por dos cuadrillas que se turnarán cada hora, en prevención de lesiones por permanencia continuada recibiendo vibraciones. Los pisones mecánicos se guiarán avanzando frontalmente, evitando los desplazamientos laterales. Para realizar estas tareas se utilizará faja elástica de protección de cintura, muñequeras bien ajustadas, botas de seguridad, cascos antirruído y una mascarilla con filtro mecánico recambiable.

3.2.5. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LA MAQUINARIA HERRAMIENTA.

Las máquinas-herramienta estarán protegidas eléctricamente mediante doble aislamiento y sus motores eléctricos estarán protegidos por la carcasa.

Las que tengan capacidad de corte tendrán el disco protegido mediante una carcasa antiproyecciones.

Las que se utilicen en ambientes inflamables o explosivos estarán protegidas mediante carcasas antideflagrantes. Se prohíbe la utilización de máquinas accionadas mediante combustibles líquidos en lugares cerrados o de ventilación insuficiente.

Se prohíbe trabajar sobre lugares encharcados, para evitar los riesgos de caídas y los eléctricos.

Para todas las tareas se dispondrá una iluminación adecuada, en torno a 100 lux.

En prevención de los riesgos por inhalación de polvo, se utilizarán en vía húmeda las herramientas que lo produzcan.

Las mesas de sierra circular, cortadoras de material cerámico y sierras de disco manual no se ubicarán a distancias inferiores a tres metros del borde de los forjados, con la excepción de los que estén claramente protegidos (redes o barandillas, petos de remate, etc). Bajo ningún concepto se retirará la protección del disco de corte, utilizándose en todo momento gafas de seguridad antiproyección de partículas. Como normal general, se deberán extraer los clavos o partes metálicas hincadas en el elemento a cortar.

Con las pistolas fija-clavos no se realizarán disparos inclinados, se deberá verificar que no hay nadie al otro lado del objeto sobre el que se dispara, se evitará clavar sobre fábricas de ladrillo hueco y se asegurará el equilibrio de la persona antes de efectuar el disparo.

Para la utilización de los taladros portátiles y rozadoras eléctricas se elegirán siempre las brocas y discos adecuados al material a taladrar, se evitará realizar taladros en una sola maniobra y taladros o rozaduras inclinadas a pulso y se tratará no recalentar las brocas y discos.

En las tareas de soldadura por arco eléctrico se utilizará yelmo del soldar o pantalla de mano, no se mirará directamente al arco voltaico, no se tocarán las piezas recientemente soldadas, se soldará en un lugar ventilado, se verificará la inexistencia de personas en el entorno vertical de puesto de trabajo, no se dejará directamente la pinza en el suelo o sobre la perfilera, se escogerá el electrodo adecuada para el cordón a ejecutar y se suspenderán los trabajos de soldadura con vientos superiores a 60 km/h y a la intemperie con régimen de lluvias.

En la soldadura oxiacetilénica (oxicorte) no se mezclarán botellas de gases distintos, éstas se transportarán sobre bateas enjauladas en posición vertical y atadas, no se ubicarán al sol ni en posición inclinada y los mecheros estarán dotados de válvulas antirretroceso de la llama. Si se desprenden pinturas se trabajará con mascarilla protectora y se hará al aire libre o en un local ventilado.

4. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCION.

4.1. INTRODUCCION.

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los *riesgos derivados de las condiciones de trabajo*.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las **normas reglamentarias** las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran necesariamente las destinadas a *garantizar la seguridad y la salud en las obras de construcción*.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto **1627/1997** de 24 de Octubre de 1.997 establece las **disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción**, entendiéndose como tales cualquier obra, pública o privada, en la que se efectúen trabajos de construcción o ingeniería civil.

La obra en proyecto referente a la *Ejecución de una Red de distribución en Baja Tensión* se encuentra incluida en el **Anexo I** de dicha legislación, con la clasificación **a) Excavación, b) Movimiento de tierras, c) Construcción, e) Acondicionamiento o instalación, k) Mantenimiento y l) Trabajos de**

pintura y de limpieza.

Al tratarse de una obra con las siguientes condiciones:

- a) El presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto es inferior a 75 millones de pesetas.
- b) La duración estimada es inferior a 30 días laborables, no utilizándose en ningún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- c) El volumen de mano de obra estimada, entendiendo por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, es inferior a 500.

Por todo lo indicado, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un **estudio básico de seguridad y salud**. Caso de superarse alguna de las condiciones citadas anteriormente deberá realizarse un estudio completo de seguridad y salud.

4.2. ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD.

4.2.1. RIESGOS MAS FRECUENTES EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCION.

Los *Oficios* más comunes en la obra en proyecto son los siguientes:

- Movimiento de tierras. Excavación de pozos y zanjas.
- Relleno de tierras.
- Encofrados.
- Trabajos con ferralla, manipulación y puesta en obra.
- Trabajos de manipulación del hormigón.
- Montaje de estructura metálica
- Montaje de prefabricados.
- Albañilería.
- Instalación eléctrica definitiva y provisional de obra.

Los *riesgos más frecuentes* durante estos oficios son los descritos a continuación:

- Deslizamientos, desprendimientos de tierras por diferentes motivos (no emplear el talud adecuado, por variación de la humedad del terreno, etc).
- Riesgos derivados del manejo de máquinas-herramienta y maquinaria pesada en general.
- Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de la maquinaria para movimiento de tierras.
- Caídas al mismo o distinto nivel de personas, materiales y útiles.
- Los derivados de los trabajos pulverulentos.
- Contactos con el hormigón (dermatitis por cementos, etc).
- Desprendimientos por mal apilado de la madera, planchas metálicas, etc.
- Cortes y heridas en manos y pies, aplastamientos, tropiezos y torceduras al caminar sobre las armaduras.
- Hundimientos, rotura o reventón de encofrados, fallos de entibaciones.
- Contactos con la energía eléctrica (directos e indirectos), electrocuciones, quemaduras, etc.
- Cuerpos extraños en los ojos, etc.
- Agresión por ruido y vibraciones en todo el cuerpo.
- Microclima laboral (frío-calor), agresión por radiación ultravioleta, infrarroja.
- Agresión mecánica por proyección de partículas.
- Golpes.
- Cortes por objetos y/o herramientas.
- Incendio y explosiones.
- Riesgo por sobreesfuerzos musculares y malos gestos.
- Carga de trabajo física.
- Deficiente iluminación.
- Efecto psico-fisiológico de horarios y turno.

4.2.2. MEDIDAS PREVENTIVAS DE CARÁCTER GENERAL.

Se establecerán a lo largo de la obra letreros divulgativos y señalización de los riesgos (vuelco, atropello, colisión, caída en altura, corriente eléctrica, peligro de incendio, materiales inflamables, prohibido fumar, etc), así como las medidas preventivas previstas (uso obligatorio del casco, uso obligatorio de las botas de seguridad, uso obligatorio de guantes, uso obligatorio de cinturón de seguridad, etc).

Se habilitarán zonas o estancias para el acopio de material y útiles (ferralla, perfilería metálica, piezas prefabricadas, material eléctrico, etc).

Se procurará que los trabajos se realicen en superficies secas y limpias, utilizando los elementos de protección personal, fundamentalmente calzado antideslizante reforzado para protección de golpes en los pies, casco de protección para la cabeza y cinturón de seguridad.

El transporte aéreo de materiales y útiles se hará suspendiéndolos desde dos puntos mediante eslingas, y se guiarán por tres operarios, dos de ellos guiarán la carga y el tercero ordenará las maniobras.

El transporte de elementos pesados se hará sobre carretilla de mano y así evitar sobreesfuerzos.

Los andamios sobre borriquetas, para trabajos en altura, tendrán siempre plataformas de trabajo de anchura no inferior a 60 cm (3 tablones trabados entre sí), prohibiéndose la formación de andamios mediante bidones, cajas de materiales, bañeras, etc.

Se tenderán cables de seguridad amarrados a elementos estructurales sólidos en los que enganchar el mosquetón del cinturón de seguridad de los operarios encargados de realizar trabajos en altura.

La distribución de máquinas, equipos y materiales en los locales de trabajo será la adecuada, delimitando las zonas de operación y paso, los espacios destinados a puestos de trabajo, las separaciones entre máquinas y equipos, etc.

El área de trabajo estará al alcance normal de la mano, sin necesidad de ejecutar movimientos forzados.

Se vigilarán los esfuerzos de torsión o de flexión del tronco, sobre todo si el cuerpo están en posición inestable.

Se evitarán las distancias demasiado grandes de elevación, descenso o transporte, así como un ritmo demasiado alto de trabajo.

Se tratará que la carga y su volumen permitan asirla con facilidad.

Se recomienda evitar los barrizales, en prevención de accidentes.

Se debe seleccionar la herramienta correcta para el trabajo a realizar, manteniéndola en buen estado y uso correcto de ésta. Después de realizar las tareas, se guardarán en lugar seguro.

La iluminación para desarrollar los oficios convenientemente oscilará en torno a los 100 lux.

Es conveniente que los vestidos estén configurados en varias capas al comprender entre ellas cantidades de aire que mejoran el aislamiento al frío. Empleo de guantes, botas y orejeras. Se resguardará al trabajador de vientos mediante apantallamientos y se evitará que la ropa de trabajo se empape de líquidos evaporables.

Si el trabajador sufriese estrés térmico se deben modificar las condiciones de trabajo, con el fin de disminuir su esfuerzo físico, mejorar la circulación de aire, apantallar el calor por radiación, dotar al trabajador de vestimenta adecuada (sombrero, gafas de sol, cremas y lociones solares), vigilar que la ingesta de agua tenga cantidades moderadas de sal y establecer descansos de recuperación si las soluciones anteriores no son suficientes.

El aporte alimentario calórico debe ser suficiente para compensar el gasto derivado de la actividad y de las contracciones musculares.

Para evitar el contacto eléctrico directo se utilizará el sistema de separación por distancia o alejamiento de las partes activas hasta una zona no accesible por el trabajador, interposición de obstáculos y/o barreras (armarios para cuadros eléctricos, tapas para interruptores, etc.) y recubrimiento o aislamiento de las partes activas.

Para evitar el contacto eléctrico indirecto se utilizará el sistema de puesta a tierra de las masas (conductores de protección, líneas de enlace con tierra y electrodos artificiales) y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada a las condiciones de humedad y resistencia de tierra de la instalación provisional).

Será responsabilidad del empresario garantizar que los primeros auxilios puedan prestarse en todo momento por personal con la suficiente formación para ello.

4.2.3. MEDIDAS PREVENTIVAS DE CARÁCTER PARTICULAR PARA CADA OFICIO

Movimiento de tierras. Excavación de pozos y zanjas.

Antes del inicio de los trabajos, se inspeccionará el tajo con el fin de detectar posibles grietas o movimientos del terreno.

Se prohibirá el acopio de tierras o de materiales a menos de dos metros del borde de la excavación, para evitar sobrecargas y posibles vuelcos del terreno, señalizándose además mediante una línea esta distancia de seguridad.

Se eliminarán todos los bolos o viseras de los frentes de la excavación que por su situación ofrezcan el riesgo de desprendimiento.

La maquinaria estará dotada de peldaños y asidero para subir o bajar de la cabina de control. No se utilizará como apoyo para subir a la cabina las llantas, cubiertas, cadenas y guardabarros.

Los desplazamientos por el interior de la obra se realizarán por caminos señalizados.

Se utilizarán redes tensas o mallazo electrosoldado situadas sobre los taludes, con un solape mínimo de 2 m.

La circulación de los vehículos se realizará a un máximo de aproximación al borde de la excavación no superior a los 3 m. para vehículos ligeros y de 4 m para pesados.

Se conservarán los caminos de circulación interna cubriendo baches, eliminando blandones y compactando mediante zahorras.

El acceso y salida de los pozos y zanjas se efectuará mediante una escalera sólida, anclada en la parte superior del pozo, que estará provista de zapatas antideslizantes.

Cuando la profundidad del pozo sea igual o superior a 1,5 m., se entibará (o encamisará) el perímetro en prevención de derrumbamientos.

Se efectuará el achique inmediato de las aguas que afloran (o caen) en el interior de las zanjas, para evitar que se altere la estabilidad de los taludes.

En presencia de líneas eléctricas en servicio se tendrán en cuenta las siguientes condiciones:

Se procederá a solicitar de la compañía propietaria de la línea eléctrica el corte de fluido y puesta a tierra de los cables, antes de realizar los trabajos.

La línea eléctrica que afecta a la obra será desviada de su actual trazado al límite marcado en los planos.

La distancia de seguridad con respecto a las líneas eléctricas que cruzan la obra, queda fijada en

5 m., en zonas accesibles durante la construcción.

Se prohíbe la utilización de cualquier calzado que no sea aislante de la electricidad en proximidad con la línea eléctrica.

Relleno de tierras.

Se prohíbe el transporte de personal fuera de la cabina de conducción y/o en número superior a los asientos existentes en el interior.

Se regarán periódicamente los tajos, las cargas y cajas de camión, para evitar las polvaredas. Especialmente si se debe conducir por vías públicas, calles y carreteras.

Se instalará, en el borde de los terraplenes de vertido, sólidos topes de limitación de recorrido para el vertido en retroceso.

Se prohíbe la permanencia de personas en un radio no inferior a los 5 m. en torno a las compactadoras y apisonadoras en funcionamiento.

Los vehículos de compactación y apisonado, irán provistos de cabina de seguridad de protección en caso de vuelco.

Trabajos con ferralla, manipulación y puesta en obra.

Los paquetes de redondos se almacenarán en posición horizontal sobre durmientes de madera capa a capa, evitándose las alturas de las pilas superiores al 1'50 m.

Se efectuará un barrido diario de puntas, alambres y recortes de ferralla en torno al banco (o bancos, borriquetas, etc.) de trabajo.

Queda prohibido el transporte aéreo de armaduras de pilares en posición vertical.

Se prohíbe trepar por las armaduras en cualquier caso.

Se prohíbe el montaje de zunchos perimetrales, sin antes estar correctamente instaladas las redes de protección.

Se evitará, en lo posible, caminar por los fondillos de los encofrados de jácenos o vigas.

Trabajos de manipulación del hormigón.

Se instalarán fuertes topes final de recorrido de los camiones hormigonera, en evitación de vuelcos.

Se prohíbe acercar las ruedas de los camiones hormigoneras a menos de 2 m. del borde de la excavación.

Se prohíbe cargar el cubo por encima de la carga máxima admisible de la grúa que lo sustenta.

Se procurará no golpear con el cubo los encofrados, ni las entibaciones.

La tubería de la bomba de hormigonado, se apoyará sobre caballetes, arriostándose las partes susceptibles de movimiento.

Para vibrar el hormigón desde posiciones sobre la cimentación que se hormigona, se establecerán plataformas de trabajo móviles formadas por un mínimo de tres tablones, que se dispondrán perpendicularmente al eje de la zanja o zapata.

Montaje de elementos metálicos.

Los elementos metálicos (báculos, postes, etc) se apilarán ordenadamente sobre durmientes de

madera de soporte de cargas, estableciendo capas hasta una altura no superior al 1'50 m.

Las operaciones de soldadura en altura, se realizarán desde el interior de una guindola de soldador, provista de una barandilla perimetral de 1 m. de altura formada por pasamanos, barra intermedia y rodapié. El soldador, además, amarrará el mosquetón del cinturón a un cable de seguridad, o a argollas soldadas a tal efecto en la perfilería.

Se prohíbe la permanencia de operarios dentro del radio de acción de cargas suspendidas.

Se prohíbe la permanencia de operarios directamente bajo tajos de soldadura.

El ascenso o descenso, se realizará mediante una escalera de mano provista de zapatas antideslizantes y ganchos de cuelgue e inmovilidad dispuestos de tal forma que sobrepase la escalera 1 m. la altura de desembarco.

El riesgo de caída al vacío se cubrirá mediante la utilización de redes de horca (o de bandeja).

Montaje de prefabricados.

El riesgo de caída desde altura, se evitará realizando los trabajos de recepción e instalación del prefabricado desde el interior de una plataforma de trabajo rodeada de barandillas de 90 cm., de altura, formadas por pasamanos, listón intermedio y rodapié de 15 cm., sobre andamios (metálicos, tubulares de borriquetas).

Se prohíbe trabajar o permanecer en lugares de tránsito de piezas suspendidas en prevención del riesgo de desplome.

Los prefabricados se acopiarán en posición horizontal sobre durmientes dispuestos por capas de tal forma que no dañen los elementos de enganche para su izado.

Se paralizará la labor de instalación de los prefabricados bajo régimen de vientos superiores a 60 Km/h.

Albañilería.

Los escombros y cascotes se evacuarán diariamente, para evitar el riesgo de pisadas sobre materiales.

Pintura y barnizados.

Se prohíbe almacenar pinturas susceptibles de emanar vapores inflamables con los recipientes mal o incompletamente cerrados, para evitar accidentes por generación de atmósferas tóxicas o explosivas.

Se prohíbe realizar trabajos de soldadura y oxicorte en lugares próximos a los tajos en los que se empleen pinturas inflamables, para evitar el riesgo de explosión o de incendio.

Se tenderán redes horizontales sujetas a puntos firmes de la estructura, para evitar el riesgo de caída desde alturas.

Se prohíbe la conexión de aparatos de carga accionados eléctricamente (puentes grúa por ejemplo) durante las operaciones de pintura de carriles, soportes, topes, barandillas, etc., en prevención de atrapamientos o caídas desde altura.

Instalación eléctrica provisional de obra.

El montaje de aparatos eléctricos será ejecutado por personal especialista, en prevención de los riesgos por montajes incorrectos.

El calibre o sección del cableado será siempre el adecuado para la carga eléctrica que ha de

soportar.

Los hilos tendrán la funda protectora aislante sin defectos apreciables (rasgones, repelones y asimilables). No se admitirán tramos defectuosos.

La distribución general desde el cuadro general de obra a los cuadros secundarios, se efectuará mediante manguera eléctrica antihumedad.

El tendido de los cables y mangueras, se efectuará a una altura mínima de 2 m. en los lugares peatonales y de 5 m. en los de vehículos, medidos sobre el nivel del pavimento.

Los empalmes provisionales entre mangueras, se ejecutarán mediante conexiones normalizadas estancas antihumedad.

Las mangueras de "alargadera" por ser provisionales y de corta estancia pueden llevarse tendidas por el suelo, pero arrimadas a los paramentos verticales.

Los interruptores se instalarán en el interior de cajas normalizadas, provistas de puerta de entrada con cerradura de seguridad.

Los cuadros eléctricos metálicos tendrán la carcasa conectada a tierra.

Los cuadros eléctricos se colgarán pendientes de tableros de madera recibidos a los paramentos verticales o bien a "pies derechos" firmes.

Las maniobras a ejecutar en el cuadro eléctrico general se efectuarán subido a una banqueta de maniobra o alfombrilla aislante.

Los cuadros eléctricos poseerán tomas de corriente para conexiones normalizadas blindadas para intemperie.

La tensión siempre estará en la clavija "hembra", nunca en la "macho", para evitar los contactos eléctricos directos.

Los interruptores diferenciales se instalarán de acuerdo con las siguientes sensibilidades:

300 mA. Alimentación a la maquinaria.

30 mA. Alimentación a la maquinaria como mejora del nivel de seguridad.

30 mA. Para las instalaciones eléctricas de alumbrado.

Las partes metálicas de todo equipo eléctrico dispondrán de toma de tierra.

El neutro de la instalación estará puesto a tierra.

La toma de tierra se efectuará a través de la pica o placa de cada cuadro general.

El hilo de toma de tierra, siempre estará protegido con macarrón en colores amarillo y verde. Se prohíbe expresamente utilizarlo para otros usos.

La iluminación mediante portátiles cumplirá la siguiente norma:

- Portalámparas estanco de seguridad con mango aislante, rejilla protectora de la bombilla dotada de gancho de cuelgue a la pared, manguera antihumedad, clavija de conexión normalizada estanca de seguridad, alimentados a 24 V.
- La iluminación de los tajos se situará a una altura en torno a los 2 m., medidos desde la superficie de apoyo de los operarios en el puesto de trabajo.
- La iluminación de los tajos, siempre que sea posible, se efectuará cruzada con el fin de disminuir sombras.
- Las zonas de paso de la obra, estarán permanentemente iluminadas evitando rincones oscuros.

No se permitirá las conexiones a tierra a través de conducciones de agua.

No se permitirá el tránsito de carretillas y personas sobre mangueras eléctricas, pueden pelarse y producir accidentes.

No se permitirá el tránsito bajo líneas eléctricas de las compañías con elementos longitudinales transportados a hombro (pértigas, reglas, escaleras de mano y asimilables). La inclinación de la pieza puede llegar a producir el contacto eléctrico.

4.3. DISPOSICIONES ESPECIFICAS DE SEGURIDAD Y SALUD DURANTE LA EJECUCION DE LAS OBRAS.

Cuando en la ejecución de la obra intervenga más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o diversos trabajadores autónomos, el promotor designará un *coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra*, que será un técnico competente integrado en la dirección facultativa.

Cuando no sea necesaria la designación de coordinador, las funciones de éste serán asumidas por la dirección facultativa.

En aplicación del estudio básico de seguridad y salud, cada contratista elaborará un *plan de seguridad y salud en el trabajo* en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el estudio desarrollado en el proyecto, en función de su propio sistema de ejecución de la obra.

Antes del comienzo de los trabajos, el promotor deberá efectuar un *aviso* a la autoridad laboral competente.

5. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD RELATIVAS A LA UTILIZACION POR LOS TRABAJADORES DE EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL.

5.1. INTRODUCCION.

La ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

Así son las *normas de desarrollo reglamentario* las que deben fijar las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre ellas se encuentran las destinadas a garantizar *la utilización por los trabajadores en el trabajo de equipos de protección individual* que los protejan adecuadamente de aquellos riesgos para su salud o su seguridad que *no puedan evitarse o limitarse* suficientemente mediante la utilización de medios de protección colectiva o la adopción de medidas de organización en el trabajo.

5.2. OBLIGACIONES GENERALES DEL EMPRESARIO.

Hará obligatorio el uso de los equipos de protección individual que a continuación se desarrollan.

5.2.1. PROTECTORES DE LA CABEZA.

- Cascos de seguridad, no metálicos, clase N, aislados para baja tensión, con el fin de proteger a los trabajadores de los posibles choques, impactos y contactos eléctricos.
- Protectores auditivos acoplables a los cascos de protección.
- Gafas de montura universal contra impactos y antipolvo.
- Mascarilla antipolvo con filtros protectores.
- Pantalla de protección para soldadura autógena y eléctrica.

5.2.2. PROTECTORES DE MANOS Y BRAZOS.

- Guantes contra las agresiones mecánicas (perforaciones, cortes, vibraciones).
- Guantes de goma finos, para operarios que trabajen con hormigón.
- Guantes dieléctricos para B.T.
- Guantes de soldador.
- Muñequeras.
- Mango aislante de protección en las herramientas.

5.2.3. PROTECTORES DE PIES Y PIERNAS.

- Calzado provisto de suela y puntera de seguridad contra las agresiones mecánicas.
- Botas dieléctricas para B.T.
- Botas de protección impermeables.
- Polainas de soldador.
- Rodilleras.

5.2.4. PROTECTORES DEL CUERPO.

- Crema de protección y pomadas.
- Chalecos, chaquetas y mandiles de cuero para protección de las agresiones mecánicas.
- Traje impermeable de trabajo.
- Cinturón de seguridad, de sujeción y caída, clase A.
- Fajas y cinturones antivibraciones.
- Pértiga de B.T.
- Banqueta aislante clase I para maniobra de B.T.
- Linterna individual de situación.
- Comprobador de tensión.

PLIEGO DE CONDICIONES

Condiciones Generales

1. OBJETO.
2. CAMPO DE APLICACION.
3. DISPOSICIONES GENERALES.
 - 3.1. CONDICIONES FACULTATIVAS LEGALES.
 - 3.2. SEGURIDAD EN EL TRABAJO.
 - 3.3. SEGURIDAD PUBLICA.
4. ORGANIZACION DEL TRABAJO.
 - 4.1. DATOS DE LA OBRA.
 - 4.2. REPLANTEO DE LA OBRA.
 - 4.3. MEJORAS Y VARIACIONES DEL PROYECTO.
 - 4.4. RECEPCION DEL MATERIAL.
 - 4.5. ORGANIZACION.
 - 4.6. EJECUCION DE LAS OBRAS.
 - 4.7. SUBCONTRATACION DE OBRAS.
 - 4.8. PLAZO DE EJECUCION.
 - 4.9. RECEPCION PROVISIONAL.
 - 4.10. PERIODOS DE GARANTIA.
 - 4.11. RECEPCION DEFINITIVA.
 - 4.12. PAGO DE OBRAS.
 - 4.13. ABONO DE MATERIALES ACOPIADOS.
5. DISPOSICION FINAL.

Condiciones Técnicas para la Ejecución de Redes Subterráneas de Distribución en Baja Tensión

1. OBJETO.
2. CAMPO DE APLICACION.
3. EJECUCION DEL TRABAJO.
 - 3.1. TRAZADO DE ZANJAS.
 - 3.2. APERTURA DE ZANJAS.
 - 3.3. CANALIZACION.
 - 3.4. TRANSPORTE DE BOBINAS DE CABLES.
 - 3.5. TENDIDO DE CABLES.
 - 3.6. PROTECCION MECANICA.
 - 3.7. SEÑALIZACION.
 - 3.8. IDENTIFICACION.
 - 3.9. CIERRE DE ZANJAS.
 - 3.10. REPOSICION DE PAVIMENTOS.
 - 3.11. PUESTA A TIERRA.
 - 3.12. MONTAJES DIVERSOS.
4. MATERIALES.
5. RECEPCION DE OBRA.

PLIEGO DE CONDICIONES

Condiciones Generales.

1. OBJETO.

Este Pliego de Condiciones determina los requisitos a que se debe ajustar la ejecución de instalaciones para la distribución de energía eléctrica cuyas características técnicas estarán especificadas en el correspondiente Proyecto.

2. CAMPO DE APLICACION.

Este Pliego de Condiciones se refiere a la construcción de redes subterráneas de baja tensión.

Los Pliego de Condiciones particulares podrán modificar las presentes prescripciones.

3. DISPOSICIONES GENERALES.

El Contratista está obligado al cumplimiento de la Reglamentación del Trabajo correspondiente, la contratación del Seguro Obligatorio, Subsidio familiar y de vejez, Seguro de Enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicten. En particular, deberá cumplir lo dispuesto en la Norma UNE 24042 "Contratación de Obras. Condiciones Generales", siempre que no lo modifique el presente Pliego de Condiciones.

El Contratista deberá estar clasificado, según Orden del Ministerio de Hacienda, en el Grupo, Subgrupo y Categoría correspondientes al Proyecto y que se fijará en el Pliego de Condiciones Particulares, en caso de que proceda.

3.1. CONDICIONES FACULTATIVAS LEGALES.

Las obras del Proyecto, además de lo prescrito en el presente Pliego de Condiciones, se regirán por lo especificado en:

- a) Reglamentación General de Contratación según Decreto 3410/75, de 25 de noviembre.
- b) Pliego de Condiciones Generales para la Contratación de Obras Públicas aprobado por Decreto 3854/70, de 31 de diciembre.
- c) Artículo 1588 y siguientes del Código Civil, en los casos que sea procedente su aplicación al contrato de que se trate.
- d) Real Decreto 1955/2000 de 1 de Diciembre, por el que se regulan las Actividades de Transporte, Distribución, Comercialización, Suministro y Procedimientos de Autorización de Instalaciones de Energía Eléctrica.
- e) Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto de 2002).
- f) Ley 31/1995, de 8 de noviembre, sobre Prevención de Riesgos laborales y RD 162/97 sobre Disposiciones mínimas en materia de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción.

3.2. SEGURIDAD EN EL TRABAJO.

El Contratista está obligado a cumplir las condiciones que se indican en el apartado "F" del párrafo 3.1. de este Pliego de Condiciones y cuantas en esta materia fueran de pertinente aplicación.

Asimismo, deberá proveer cuanto fuese preciso para el mantenimiento de las máquinas, herramientas, materiales y útiles de trabajo en debidas condiciones de seguridad.

Mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos en tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal; los metros, reglas, mangos de aceiteras, útiles limpiadores, etc. que se utilicen no deben ser de material conductor. Se llevarán las herramientas o equipos en bolsas y se utilizará calzado aislante o al menos sin herrajes ni clavos en suelas.

El personal de la Contrata viene obligado a usar todos los dispositivos y medios de protección personal, herramientas y prendas de seguridad exigidos para eliminar o reducir los riesgos profesionales tales como casco, gafas, banqueta aislante, etc. pudiendo el Director de Obra suspender los trabajos, si estima que el personal de la Contrata está expuesto a peligros que son corregibles.

El Director de Obra podrá exigir del Contratista, ordenándolo por escrito, el cese en la obra de cualquier empleado u obrero que, por imprudencia temeraria, fuera capaz de producir accidentes que hicieran peligrar la integridad física del propio trabajador o de sus compañeros.

El Director de Obra podrá exigir del Contratista en cualquier momento, antes o después de la iniciación de los trabajos, que presente los documentos acreditativos de haber formalizado los regímenes de Seguridad Social de todo tipo (afiliación, accidente, enfermedad, etc.) en la forma legalmente establecida.

3.3. SEGURIDAD PUBLICA.

El Contratista deberá tomar todas las precauciones máxima en todas las operaciones y usos de equipos para proteger a las personas, animales y cosas de los peligros procedentes del trabajo, siendo de su cuenta las responsabilidades que por tales accidentes se ocasionen.

El Contratista mantendrá póliza de Seguros que proteja suficientemente a él y a sus empleados u obreros frente a las responsabilidades por daños, responsabilidad civil, etc. que en uno y otro pudieran incurrir para el Contratista o para terceros, como consecuencia de la ejecución de los trabajos.

4. ORGANIZACION DEL TRABAJO.

El Contratista ordenará los trabajos en la forma más eficaz para la perfecta ejecución de los mismos y las obras se realizarán siempre siguiendo las indicaciones del Director de Obra, al amparo de las condiciones siguientes:

4.1. DATOS DE LA OBRA.

Se entregará al Contratista una copia de los planos y pliegos de condiciones del Proyecto, así como cuantos planos o datos necesite para la completa ejecución de la Obra.

El Contratista podrá tomar nota o sacar copia a su costa de la Memoria, Presupuesto y Anexos del Proyecto, así como segundas copias de todos los documentos.

El Contratista se hace responsable de la buena conservación de los originales de donde obtenga las copias, los cuales serán devueltos al Director de Obra después de su utilización.

Por otra parte, en un plazo máximo de dos meses, después de la terminación de los trabajos, el Contratista deberá actualizar los diversos planos y documentos existentes, de acuerdo con las características de la obra terminada, entregando al Director de Obra dos expedientes completos relativos a los trabajos realmente ejecutados.

No se harán por el Contratista alteraciones, correcciones, omisiones, adiciones o variaciones sustanciales en los datos fijados en el Proyecto, salvo aprobación previa por escrito del Director de Obra.

4.2. REPLANTEO DE LA OBRA.

El Director de Obra, una vez que el Contratista esté en posesión del Proyecto y antes de comenzar las obras, deberá hacer el replanteo de las mismas, con especial atención en los puntos singulares, entregando al Contratista las referencias y datos necesarios para fijar completamente la ubicación de los mismos.

Se levantará por duplicado Acta, en la que constarán, claramente, los datos entregados, firmado por el Director de Obra y por el representante del Contratista.

Los gastos de replanteo serán de cuenta del Contratista.

4.3. MEJORAS Y VARIACIONES DEL PROYECTO.

No se considerarán como mejoras ni variaciones del Proyecto más que aquellas que hayan sido ordenadas expresamente por escrito por el Director de Obra y convenido precio antes de proceder a su ejecución.

Las obras accesorias o delicadas, no incluidas en los precios de adjudicación, podrán ejecutarse con personal independiente del Contratista.

4.4. RECEPCION DEL MATERIAL.

El Director de Obra de acuerdo con el Contratista dará a su debido tiempo su aprobación sobre el material suministrado y confirmará que permite una instalación correcta.

La vigilancia y conservación del material suministrado será por cuenta del Contratista.

4.5. ORGANIZACION.

El Contratista actuará de patrono legal, aceptando todas las responsabilidades correspondientes y quedando obligado al pago de los salarios y cargas que legalmente están establecidas, y en general, a todo cuanto se legisle, decrete u ordene sobre el particular antes o durante la ejecución de la obra.

Dentro de lo estipulado en el Pliego de Condiciones, la organización de la Obra, así como la determinación de la procedencia de los materiales que se empleen, estará a cargo del Contratista a quien corresponderá la responsabilidad de la seguridad contra accidentes.

El Contratista deberá, sin embargo, informar al Director de Obra de todos los planes de organización técnica de la Obra, así como de la procedencia de los materiales y cumplimentar cuantas órdenes le de éste en relación con datos extremos.

En las obras por administración, el Contratista deberá dar cuenta diaria al Director de Obra de la admisión de personal, compra de materiales, adquisición o alquiler de elementos auxiliares y cuantos gastos haya de efectuar. Para los contratos de trabajo, compra de material o alquiler de elementos auxiliares, cuyos salarios, precios o cuotas sobrepasen en más de un 5% de los normales en el mercado, solicitará la aprobación previa del Director de Obra, quien deberá responder dentro de los ocho días siguientes a la petición, salvo casos de reconocida urgencia, en los que se dará cuenta posteriormente.

4.6. EJECUCION DE LAS OBRAS.

Las obras se ejecutarán conforme al Proyecto y a las condiciones contenidas en este Pliego de Condiciones y en el Pliego Particular si lo hubiera y de acuerdo con las especificaciones señaladas en el de Condiciones Técnicas.

El Contratista, salvo aprobación por escrito del Director de Obra, no podrá hacer ninguna alteración o modificación de cualquier naturaleza tanto en la ejecución de la obra en relación con el Proyecto como en las Condiciones Técnicas especificadas, sin perjuicio de lo que en cada momento pueda ordenarse por el Director de Obra a tenor de lo dispuesto en el último párrafo del apartado 4.1.

El Contratista no podrá utilizar en los trabajos personal que no sea de su exclusiva cuenta y

cargo, salvo lo indicado en el apartado 4.3.

Igualmente, será de su exclusiva cuenta y cargo aquel personal ajeno al propiamente manual y que sea necesario para el control administrativo del mismo.

El Contratista deberá tener al frente de los trabajos un técnico suficientemente especializado a juicio del Director de Obra.

4.7. SUBCONTRATACION DE OBRAS.

Salvo que el contrato disponga lo contrario o que de su naturaleza y condiciones se deduzca que la Obra ha de ser ejecutada directamente por el adjudicatario, podrá éste concertar con terceros la realización de determinadas unidades de obra.

La celebración de los subcontratos estará sometida al cumplimiento de los siguientes requisitos:

- a) Que se dé conocimiento por escrito al Director de Obra del subcontrato a celebrar, con indicación de las partes de obra a realizar y sus condiciones económicas, a fin de que aquél lo autorice previamente.
- b) Que las unidades de obra que el adjudicatario contrate con terceros no exceda del 50% del presupuesto total de la obra principal.

En cualquier caso el Contratista no quedará vinculado en absoluto ni reconocerá ninguna obligación contractual entre él y el subcontratista y cualquier subcontratación de obras no eximirá al Contratista de ninguna de sus obligaciones respecto al Contratante.

4.8. PLAZO DE EJECUCION.

Los plazos de ejecución, total y parciales, indicados en el contrato, se empezarán a contar a partir de la fecha de replanteo.

El Contratista estará obligado a cumplir con los plazos que se señalen en el contrato para la ejecución de las obras y que serán improrrogables.

No obstante lo anteriormente indicado, los plazos podrán ser objeto de modificaciones cuando así resulte por cambios determinados por el Director de Obra debidos a exigencias de la realización de las obras y siempre que tales cambios influyan realmente en los plazos señalados en el contrato.

Si por cualquier causa, ajena por completo al Contratista, no fuera posible empezar los trabajos en la fecha prevista o tuvieran que ser suspendidos una vez empezados, se concederá por el Director de Obra, la prórroga estrictamente necesaria.

4.9. RECEPCION PROVISIONAL.

Una vez terminadas las obras y a los quince días siguientes a la petición del Contratista se hará la recepción provisional de las mismas por el Contratante, requiriendo para ello la presencia del Director de Obra y del representante del Contratista, levantándose la correspondiente Acta, en la que se hará constar la conformidad con los trabajos realizados, si este es el caso. Dicho Acta será firmada por el Director de Obra y el representante del Contratista, dándose la obra por recibida si se ha ejecutado correctamente de acuerdo con las especificaciones dadas en el Pliego de Condiciones Técnicas y en el Proyecto correspondiente, comenzándose entonces a contar el plazo de garantía.

En el caso de no hallarse la Obra en estado de ser recibida, se hará constar así en el Acta y se darán al Contratista las instrucciones precisas y detalladas para remediar los defectos observados, fijándose un plazo de ejecución. Expirado dicho plazo, se hará un nuevo reconocimiento. Las obras de reparación serán por cuenta y a cargo del Contratista. Si el Contratista no cumpliera estas prescripciones podrá declararse rescindido el contrato con pérdida de la fianza.

La forma de recepción se indica en el Pliego de Condiciones Técnicas correspondiente.

4.10. PERIODOS DE GARANTIA.

El periodo de garantía será el señalado en el contrato y empezará a contar desde la fecha de aprobación del Acta de Recepción.

Hasta que tenga lugar la recepción definitiva, el Contratista es responsable de la conservación de la Obra, siendo de su cuenta y cargo las reparaciones por defectos de ejecución o mala calidad de los materiales.

Durante este periodo, el Contratista garantizará al Contratante contra toda reclamación de terceros, fundada en causa y por ocasión de la ejecución de la Obra.

4.11. RECEPCION DEFINITIVA.

Al terminar el plazo de garantía señalado en el contrato o en su defecto a los seis meses de la recepción provisional, se procederá a la recepción definitiva de las obras, con la concurrencia del Director de Obra y del representante del Contratista levantándose el Acta correspondiente, por duplicado (si las obras son conformes), que quedará firmada por el Director de Obra y el representante del Contratista y ratificada por el Contratante y el Contratista.

4.12. PAGO DE OBRAS.

El pago de obras realizadas se hará sobre Certificaciones parciales que se practicarán mensualmente. Dichas Certificaciones contendrán solamente las unidades de obra totalmente terminadas que se hubieran ejecutado en el plazo a que se refieran. La relación valorada que figure en las Certificaciones, se hará con arreglo a los precios establecidos, reducidos en un 10% y con la cubicación, planos y referencias necesarias para su comprobación.

Serán de cuenta del Contratista las operaciones necesarias para medir unidades ocultas o enterradas, si no se ha advertido al Director de Obra oportunamente para su medición.

La comprobación, aceptación o reparos deberán quedar terminadas por ambas partes en un plazo máximo de quince días.

El Director de Obra expedirá las Certificaciones de las obras ejecutadas que tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta, rectificables por la liquidación definitiva o por cualquiera de las Certificaciones siguientes, no suponiendo por otra parte, aprobación ni recepción de las obras ejecutadas y comprendidas en dichas Certificaciones.

4.13. ABONO DE MATERIALES ACOPIADOS.

Cuando a juicio del Director de Obra no haya peligro de que desaparezca o se deterioren los materiales acopiados y reconocidos como útiles, se abonarán con arreglo a los precios descompuestos de la adjudicación. Dicho material será indicado por el Director de Obra que lo reflejará en el Acta de recepción de Obra, señalando el plazo de entrega en los lugares previamente indicados. El Contratista será responsable de los daños que se produzcan en la carga, transporte y descarga de este material.

La restitución de las bobinas vacías se hará en el plazo de un mes, una vez que se haya instalado el cable que contenían. En caso de retraso en su restitución, deterioro o pérdida, el Contratista se hará también cargo de los gastos suplementarios que puedan resultar.

5. DISPOSICION FINAL.

La concurrencia a cualquier Subasta, Concurso o Concurso-Subasta cuyo Proyecto incluya el presente Pliego de Condiciones Generales, presupone la plena aceptación de todas y cada una de sus cláusulas.

Condiciones Técnicas para la Ejecución de Redes Subterráneas de Distribución en Baja Tensión.

1. OBJETO.

Este Pliego de Condiciones determina las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de las obras de instalación de redes subterráneas de distribución.

2. CAMPO DE APLICACION.

Este Pliego de Condiciones se refiere al suministro e instalación de materiales necesarios en la ejecución de redes subterráneas de Baja Tensión.

Los Pliegos de Condiciones particulares podrán modificar las presentes prescripciones.

3. EJECUCION DEL TRABAJO.

Corresponde al Contratista la responsabilidad en la ejecución de los trabajos que deberán realizarse conforme a las reglas del arte.

3.1. TRAZADO.

Las canalizaciones, salvo casos de fuerza mayor, se ejecutarán en terrenos de dominio público, bajos las aceras o calzadas, evitando ángulos pronunciados. El trazado será lo más rectilíneo posible, paralelo en toda su longitud a bordillos o fachadas de los edificios principales.

Antes de comenzar los trabajos, se marcarán en el pavimento las zonas donde se abrirán las zanjas, marcando tanto su anchura como su longitud y las zonas donde se dejen llaves para la contención del terreno. Si ha habido posibilidad de conocer las acometidas de otros servicios a las fincas construidas, se indicarán sus situaciones con el fin de tomar las precauciones debidas.

Antes de proceder a la apertura de zanjas se abrirán calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto.

Se estudiará la señalización de acuerdo con las normas municipales y se determinarán las protecciones precisas tanto de la zanja como de los pasos que sean necesarios para los accesos a los portales, comercios, garajes, etc., así como las chapas de hierro que hayan de colocarse sobre la zanja para el paso de vehículos.

Al marcar el trazado de las zanjas se tendrá en cuenta el radio mínimo que hay que dejar en la curva con arreglo a la sección del conductor o conductores que se vayan a canalizar.

3.2. APERTURA DE ZANJAS.

Las zanjas se harán verticales hasta la profundidad escogida, colocándose en los casos en que la naturaleza del terreno lo haga preciso.

Se procurará dejar un paso de 50 cm entre la zanja y las tierras extraídas, con el fin de facilitar la circulación del personal de la obra y evitar la caída de tierras en la zanja.

Se deben tomar todas las precauciones precisas para no tapar con tierras registros de gas, teléfono, bocas de riego, alcantarillas, etc.

Durante la ejecución de los trabajos en la vía pública se dejarán pasos suficientes para vehículos y peatones, así como los accesos a los edificios, comercios y garajes. Si es necesario interrumpir la circulación se precisará una autorización especial.

Las dimensiones mínimas de las zanjas serán las siguientes:

- Profundidad de 60 cm y anchura de 40 cm para canalizaciones de baja tensión bajo acera.
- Profundidad de 80 cm y anchura de 60 cm para canalizaciones de baja tensión bajo calzada.

3.3. CANALIZACION.

Los cruces de vías públicas o privadas se realizarán con tubos ajustándose a las siguientes condiciones:

- Se colocará en posición horizontal y recta y estarán hormigonados en toda su longitud.
- Deberá preverse para futuras ampliaciones uno o varios tubos de reserva dependiendo el número de la zona y situación del cruce (en cada caso se fijará el número de tubos de reserva).
- Los extremos de los tubos en los cruces llegarán hasta los bordillos de las aceras, debiendo construirse en los extremos un tabique para su fijación.
- En las salidas, el cable se situará en la parte superior del tubo, cerrando los orificios con yeso.
- Siempre que la profundidad de zanja bajo la calzada sea inferior a 60 cm en el caso de B.T. se utilizarán chapas o tubos de hierro u otros dispositivos que aseguren una resistencia mecánica equivalente, teniendo en cuenta que dentro del mismo tubo deberán colocarse las tres fases y neutro.
- Los cruces de vías férreas, cursos de agua, etc., deberán proyectarse con todo detalle.

3.3.1. Zanja.

Cuando en una zanja coincidan cables de distintas tensiones se situarán en bandas horizontales a distinto nivel de forma que cada banda se agrupen cables de igual tensión.

La separación entre dos cables multipolares o ternas de cables unipolares de B.T. dentro de una misma banda será como mínimo de 10 cm (25 cm si alguno de los cables es de A.T).

La profundidad de las respectivas bandas de cables dependerá de las tensiones, de forma que la mayor profundidad corresponda a la mayor tensión.

3.3.1.1. Cable directamente enterrado.

En el lecho de la zanja irá una capa de arena de 10 cm de espesor sobre la que se colocará el cable. Por encima del cable irá otra capa de arena de 10 cm de espesor. Ambas capas cubrirán la anchura total de la zanja.

La arena que se utilice para la protección de cables será limpia, suelta y áspera, exenta de sustancias orgánicas, arcilla o partículas terrosas, para lo cual se tamizará o lavará convenientemente si fuera necesario. Se empleará arena de mina o de río indistintamente, siempre que reúna las condiciones señaladas anteriormente y las dimensiones de los granos serán de 2 a 3 mm como máximo.

Cuando se emplee la arena procedente de la misma zanja, además de necesitar la aprobación del Director de Obra, será necesario su cribado.

Los cables deben estar enterrados a profundidad no inferior a 0,6 m, excepción hecha en el caso en que se atraviesen terrenos rocosos. Salvo casos especiales los eventuales obstáculos deben ser evitados pasando el cable por debajo de los mismos.

Todos los cables deben tener una protección (ladrillos, medias cañas, tejas, losas de piedra, etc. formando bovedillas) que sirva para indicar su presencia durante eventuales trabajos de excavación.

3.3.1.2. Cable entubado.

El cable en parte o en todo su recorrido irá en el interior de tubos de cemento, fibrocemento, fundición de hierro, materiales plásticos, etc., de superficie interna lisa, siendo su diámetro interior no inferior al indicado en la ITC-BT-21, tabla 9.

Los tubos estarán hormigonados en todo su recorrido o simplemente con sus uniones recibidas

con cemento, en cuyo caso, para permitir su unión correcta, el fondo de la zanja en la que se alojen deberá ser nivelada cuidadosamente después de echar una capa de arena fina o tierra cribada.

Se debe evitar posible acumulación de agua o de gas a lo largo de la canalización situando convenientemente pozos de escape en relación al perfil altimétrico.

En los tramos rectos, cada 15 ó 20 m. según el tipo de cable, para facilitar su tendido se dejarán calas abiertas de una longitud mínima de 2 m. en las que se interrumpirá la continuidad de la tubería.

Una vez tendido el cable, estas calas se tapanán recubriendo previamente el cable con canales o medios tubos, recibiendo sus uniones con cemento.

En los cambios de dirección se construirán arquetas de hormigón o ladrillo, siendo sus dimensiones mínimas las necesarias para que el radio de curvatura de tendido sea como mínimo 20 veces el diámetro exterior del cable. No se admitirán ángulos inferiores a 90° y aún éstos se limitarán a los indispensables. En general, los cambios de dirección se harán con ángulos grandes, siendo la longitud mínima (perímetro) de la arqueta de 2 metros.

En la arqueta, los tubos quedarán a unos 25 cm. por encima del fondo para permitir la colocación de rodillos en las operaciones de tendido. Una vez tendido el cable, los tubos se taponarán con yeso de forma que el cable quede situado en la parte superior del tubo. La arqueta se rellenará con arena hasta cubrir el cable como mínimo.

La situación de los tubos en la arqueta será la que permita el máximo radio de curvatura.

Las arquetas podrán ser registrables o cerradas. En el primer caso deberán tener tapas metálicas o de hormigón armado; provistas de argollas o ganchos que faciliten su apertura. El fondo de estas arquetas será permeable de forma que permita la filtración del agua de lluvia.

Si las arquetas no son registrables se cubrirán con los materiales necesarios.

3.3.2. Cruzamientos.

Calles y carreteras.

Los cables se colocarán en el interior de tubos protectores, recubiertos de hormigón en toda su longitud a una profundidad mínima de 0,80 m. Siempre que sea posible, el cruce se hará perpendicular al eje del vial.

Ferrocarriles.

Los cables se colocarán en el interior de tubos protectores, recubiertos de hormigón, y siempre que sea posible, perpendiculares a la vía, a una profundidad mínima de 1,3 m respecto a la cara inferior de la traviesa. Dichos tubos rebasarán las vías férreas en 1,5 m por cada extremo.

Otros cables de energía eléctrica.

Siempre que sea posible, se procurará que los cables de baja tensión discurren por encima de los alta tensión.

La distancia mínima entre un cable de baja tensión y otros cables de energía eléctrica será: 0,25 m con cables de alta tensión y 0,10 m con cables de baja tensión. La distancia del punto de cruce a los empalmes será superior a 1 m.

Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada.

Cables de telecomunicación.

La separación mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de

0,20 m. La distancia del punto de cruce a los empalmes, tanto del cable de energía como del cable de telecomunicación, será superior a 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada.

Estas restricciones no se deben aplicar a los cables de fibra óptica con cubiertas dieléctricas. Todo tipo de protección en la cubierta del cable debe ser aislante.

Canalizaciones de agua y gas.

Siempre que sea posible, los cables se instalarán por encima de las canalizaciones de agua.

La distancia mínima entre cables de energía eléctrica y canalizaciones de agua o gas será de 0,20 m. Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de las canalizaciones de agua o gas, o de los empalmes de la canalización eléctrica, situando unas y otros a una distancia superior a 1 m del cruce. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, la canalización instalada más recientemente se dispondrá entubada.

Conducciones de alcantarillado.

Se procurará pasar los cables por encima de las conducciones de alcantarillado.

No se admitirá incidir en su interior. Se admitirá incidir en su pared (por ejemplo, instalando tubos, etc), siempre que se asegure que ésta no ha quedado debilitada. Si no es posible, se pasará por debajo, y los cables se dispondrán en canalizaciones entubadas.

Depósitos de carburante.

Los cables se dispondrán en canalizaciones entubadas y distarán, como mínimo, 0,20 m del depósito. Los extremos de los tubos rebasarán al depósito, como mínimo 1,5 m por cada extremo.

3.3.3. Proximidades y paralelismos.

Otros cables de energía eléctrica.

Los cables de baja tensión podrán instalarse paralelamente a otros de baja o alta tensión, manteniendo entre ellos una distancia mínima de 0,10 m con los cables de baja tensión y 0,25 m con los cables de alta tensión. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada.

Cables de telecomunicación.

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,20 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada.

Canalizaciones de agua.

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de agua será de 0,20 m. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de las canalizaciones de agua será de 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, la canalización instalada más recientemente se dispondrá entubada.

Se procurará mantener una distancia mínima de 0,20 m en proyección horizontal, y que la canalización de agua quede por debajo del nivel del cable eléctrico.

Por otro lado, las arterias principales de agua se dispondrán de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos de baja tensión.

Canalizaciones de gas.

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de gas será de 0,20 m, excepto para canalizaciones de gas de alta presión (más de 4 bar), en que la distancia será de 0,40 m. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de las canalizaciones de gas será de 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, la canalización instalada más recientemente se dispondrá entubada.

Se procurará mantener una distancia mínima de 0,20 m en proyección horizontal.

Por otro lado, las arterias importantes de gas se dispondrán de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos de baja tensión.

Acometidas (conexiones de servicio).

En el caso de que el cruzamiento o paralelismo entre cables eléctricos y canalizaciones de los servicios descritos anteriormente, se produzcan en el tramo de acometida a un edificio deberá mantenerse una distancia mínima de 0,20 m.

Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, la canalización instalada más recientemente se dispondrá entubada.

3.4. TRANSPORTE DE BOBINAS DE CABLES.

La carga y descarga, sobre camiones o remolques apropiados, se hará siempre mediante una barra adecuada que pase por el orificio central de la bobina.

Bajo ningún concepto se podrá retener la bobina con cuerdas, cables o cadenas que abracen la bobina y se apoyen sobre la capa exterior del cable enrollado; asimismo no se podrá dejar caer la bobina al suelo desde el camión o remolque.

Cuando se desplace la bobina por tierra rodándola, habrá que fijarse en el sentido de rotación, generalmente indicado con una flecha, con el fin de evitar que se afloje el cable enrollado en la misma.

Las bobinas no deben almacenarse sobre un suelo blando.

Antes de empezar el tendido del cable se estudiará el lugar más adecuado para colocar la bobina con objeto de facilitar el tendido. En el caso de suelo con pendiente es preferible realizar el tendido en sentido descendente.

Para el tendido de la bobina estará siempre elevada y sujeta por barra y gatos adecuados al peso de la misma y dispositivos de frenado.

3.5. TENDIDO DE CABLES.

Los cables deben ser siempre desenrollados y puestos en su sitio con el mayor cuidado evitando que sufran torsión, hagan bucles, etc. y teniendo siempre en cuenta que el radio de curvatura del cable debe ser superior a 20 veces su diámetro durante su tendido y superior a 10 veces su diámetro una vez instalado. En todo caso el radio de curvatura de cables no debe ser inferior a los valores indicados en las Normas UNE correspondientes relativas a cada tipo de cable.

Cuando los cables se tiendan a mano, los operarios estarán distribuidos de una manera uniforme a lo largo de la zanja.

También se puede tender mediante cabrestantes tirando del extremo del cable al que se le habrá adoptado una cabeza apropiada y con un esfuerzo de tracción por milímetro cuadrado de conductor que no debe pasar del indicado por el fabricante del mismo. Será imprescindible la colocación de dinamómetros para medir dicha tracción.

El tendido se hará obligatoriamente por rodillos que puedan girar libremente y contruidos de forma que no dañen el cable.

Durante el tendido se tomarán precauciones para evitar que el cable no sufra esfuerzos importantes ni golpes ni rozaduras.

No se permitirá desplazar lateralmente el cable por medio de palancas u otros útiles; deberá hacerse siempre a mano.

Sólo de manera excepcional se autorizará desenrollar el cable fuera de la zanja, siempre bajo la vigilancia del Director de Obra.

Cuando la temperatura ambiente sea inferior a cero grados, no se permitirá hacer el tendido del cable debido a la rigidez que toma el aislamiento.

No se dejará nunca el cable tendido en una zanja abierta sin haber tomado antes la precaución de cubrirlo con una capa de 10 cm de arena fina y la protección de rasilla.

La zanja en toda su longitud deberá estar cubierta con una capa de arena fina en el fondo antes de proceder al tendido del cable.

En ningún caso se dejarán los extremos del cable en la zanja sin haber asegurado antes una buena estanquidad de los mismos.

Cuando dos cables que se canalicen vayan a ser empalmados, se solaparán al menos en una longitud de 0,50 m.

Las zanjas se recorrerán con detenimiento antes de tender el cable para comprobar que se encuentran sin piedras u otros elementos duros que puedan dañar a los cables en su tendido.

Si con motivo de las obras de canalización aparecieran instalaciones de otros servicios, se tomarán todas las precauciones para no dañarlas, dejándolas al terminar los trabajos en las mismas condiciones en que se encontraban primitivamente.

Si involuntariamente se causara alguna avería en dichos servicios, se avisará con toda urgencia al Director de Obra y a la Empresa correspondiente con el fin de que procedan a su reparación. El encargado de la obra por parte del Contratista deberá conocer la dirección de los servicios públicos, así como su número de teléfono para comunicarse en caso de necesidad.

Si las pendientes son muy pronunciadas y el terreno es rocoso e impermeable, se corre el riesgo de que la zanja de canalización sirva de drenaje originando un arrastre de la arena que sirve de lecho a los cables. En este caso se deberá entubar la canalización asegurada con cemento en el tramo afectado.

En el caso de canalizaciones con cables unipolares:

- Se recomienda colocar en cada metro y medio por fase y neutro unas vueltas de cinta adhesiva para indicar el color distintivo de dicho conductor.

- Cada metro y medio, envolviendo las tres fases y el neutro en B.T., se colocará una sujeción que agrupe dichos conductores y los mantenga unidos.

Se evitarán en lo posible las canalizaciones con grandes tramos entubados y si ésto no fuera posible se construirán arquetas intermedias en los lugares marcados en el Proyecto o, en su defecto, donde señale el Director de Obra.

Una vez tendido el cable, los tubos se tapan con yute y yeso, de forma que el cable quede en la parte superior del tubo.

3.6. PROTECCION MECANICA.

Las líneas eléctricas subterráneas deben estar protegidas contra posibles averías producidas por hundimiento de tierras, por contacto con cuerpos duros y por choque de herramientas metálicas. Para ello se colocará una capa protectora de rasilla o ladrillo, siendo su anchura de 25 cm cuando se trate de

proteger un solo cable. La anchura se incrementará en 12,5 cm. por cada cable que se añada en la misma capa horizontal.

Los ladrillos o rasillas serán cerámicos y duros.

3.7. SEÑALIZACION.

Todo cable o conjunto de cables debe estar señalado por una cinta de atención de acuerdo con la Recomendación UNESA 0205 colocada como mínimo a 0,20 m. por encima del ladrillo. Cuando los cables o conjuntos de cables de categorías de tensión diferentes estén superpuestos, debe colocarse dicha cinta encima de cada uno de ellos.

3.8. IDENTIFICACION.

Los cables deberán llevar marcas que se indiquen el nombre del fabricante, el año de fabricación y sus características.

3.9. CIERRE DE ZANJAS.

Una vez colocadas al cable las protecciones señaladas anteriormente, se rellenará toda la zanja con tierra de excavación apisonada, debiendo realizarse los veinte primeros centímetros de forma manual, y para el resto deberá usarse apisonado mecánico.

El cierre de las zanjas deberá hacerse por capas sucesivas de 10 cm. de espesor, las cuales serán apisonada y regadas si fuese necesario, con el fin de que quede suficientemente consolidado el terreno.

El Contratista será responsable de los hundimientos que se produzcan por la deficiente realización de esta operación y, por lo tanto, serán de su cuenta las posteriores reparaciones que tengan que ejecutarse.

La carga y transporte a vertederos de las tierras sobrantes está incluida en la misma unidad de obra que el cierre de las zanjas con objeto de que el apisonado sea lo mejor posible.

3.10. REPOSICION DE PAVIMENTOS.

Los pavimentos serán repuestos de acuerdo con las normas y disposiciones dictadas por el propietario de los mismos.

Deberá lograrse una homogeneidad de forma que quede el pavimento nuevo lo más igualado posible al antiguo, haciendo su reconstrucción por piezas nuevas si está compuesto por losas, adoquines, etc.

En general se utilizarán materiales nuevos salvo las losas de piedra, adoquines, bordillos de granito y otros similares.

3.11. PUESTA A TIERRA.

Cuando las tomas de tierra de pararrayos de edificios importantes se encuentren bajo la acera, próximas a cables eléctricos en que las envueltas no están conectadas en el interior de los edificios con la bajada del pararrayos conviene tomar alguna de las precauciones siguientes:

- Interconexión entre la bajada del pararrayos y las envueltas metálicas de los cables.
- Distancia mínima de 0,50 m entre el conductor de toma de tierra del pararrayos y los cables o bien interposición entre ellos de elementos aislantes.

3.12. MONTAJES DIVERSOS.

La instalación de herrajes, cajas terminales y de empalme, etc., deben realizarse siguiendo las instrucciones y normas del fabricante.

3.12.1. Armario de distribución.

La fundación de los armarios tendrán como mínimo 15 cm de altura sobre el nivel del suelo.

Al preparar esta fundación se dejarán los tubos o taladros necesarios para el posterior tendido de los cables, colocándolos con la mayor inclinación posible para conseguir que la entrada de cables a los tubos quede siempre 50 cm. como mínimo por debajo de la rasante del suelo.

4. MATERIALES.

Los materiales empleados en la instalación serán entregados por el Contratista siempre que no se especifique lo contrario en el Pliego de Condiciones Particulares.

No se podrán emplear materiales que no hayan sido aceptados previamente por el Director de Obra.

Se realizarán cuantos ensayos y análisis indique el Director de Obra, aunque no estén indicados en este Pliego de Condiciones.

Los cables instalados serán los que figuran en el Proyecto y deberán estar de acuerdo con las Recomendaciones UNESA y las Normas UNE correspondientes.

5. RECEPCION DE OBRA.

Durante la obra o una vez finalizada la misma, el Director de Obra podrá verificar que los trabajos realizados están de acuerdo con las especificaciones de este Pliego de Condiciones. Esta verificación se realizará por cuenta del Contratista.

Una vez finalizadas las instalaciones, el Contratista deberá solicitar la oportuna recepción global de la obra.

En la recepción de la instalación se incluirá la medición de la conductividad de las tomas de tierra y las pruebas de aislamiento según la forma establecida en la Norma UNE relativa a cada tipo de cable.

El Director de Obra contestará por escrito al Contratista, comunicando su conformidad a la instalación o condicionando su recepción a la modificación de los detalles que estime susceptibles de mejora.

Instalaciones de abastecimiento de agua

MEMORIA DESCRIPTIVA

1. ANTECEDENTES Y FINALIDAD DE LA INSTALACION.
2. OBJETO DEL PROYECTO.
3. REGLAMENTACION Y DISPOSICIONES OFICIALES Y PARTICULARES.
4. EMPLAZAMIENTO.
5. DOTACION EN LA ZONA DE ACTUACION.
6. CONEXION CON EL SISTEMA GENERAL DE DISTRIBUCION.
7. DESCRIPCION GENERAL DE LA INSTALACION.
8. TUBOS.
9. PROTECCION DE TUBERIAS.
10. PRUEBAS DE LA TUBERIA INSTALADA.
11. PLANOS.
12. CONCLUSION.

SEGURIDAD, HIGIENE Y SALUD EN EL TRABAJO

1. PREVENCION DE RIESGOS LABORALES.
 - 1.1. INTRODUCCION.
 - 1.2. DERECHOS Y OBLIGACIONES.
 - 1.3. SERVICIOS DE PREVENCION.
 - 1.4. CONSULTA Y PARTICIPACION DE LOS TRABAJADORES.
2. DISPOSICIONES MINIMAS EN MATERIA DE SEÑALIZACION DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.
 - 2.1. INTRODUCCION.
 - 2.2. OBLIGACION GENERAL DEL EMPRESARIO.
3. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA UTILIZACION POR LOS TRABAJADORES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO.

3.1. INTRODUCCION.

3.2. OBLIGACION GENERAL DEL EMPRESARIO.

4. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCION.

4.1. INTRODUCCION.

4.2. ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD.

4.3. DISPOSICIONES ESPECIFICAS DE SEGURIDAD Y SALUD DURANTE LA EJECUCION DE LAS OBRAS.

5. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD RELATIVAS A LA UTILIZACION POR LOS TRABAJADORES DE EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL

5.1. INTRODUCCION.

5.2. OBLIGACIONES GENERALES DEL EMPRESARIO.

MEMORIA DESCRIPTIVA

1. ANTECEDENTES Y FINALIDAD DE LA INSTALACION.

Se redacta el presente proyecto de "RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA" a petición de , con C.I.F.: y domicilio social en , nº de , y a instancia de la Consejería de Trabajo e Industria, Delegación Provincial de y del Excmo. Ayuntamiento de .

La finalidad de la red en proyecto es la de garantizar el suministro de agua a todas las parcelas existentes en , así como a todos los servicios.

2. OBJETO DEL PROYECTO.

El objeto del presente proyecto es el de exponer ante los Organismos Competentes que la red de abastecimiento de agua que nos ocupa reúne las condiciones y garantías mínimas exigidas por la reglamentación vigente, con el fin de obtener la Autorización Administrativa y la de Ejecución de la instalación, así como servir de base a la hora de proceder a la ejecución de dicha red.

3. REGLAMENTACION Y DISPOSICIONES OFICIALES Y PARTICULARES.

El presente proyecto recoge las características de los materiales, los cálculos que justifican su empleo y la forma de ejecución de las obras a realizar, dando con ello cumplimiento a las siguientes disposiciones:

- Orden de 28 de julio de 1974 por la que se aprueba el "Pliego de prescripciones generales para tuberías de abastecimiento de agua".
- Normas Tecnológicas de la Edificación NTE.
- Normas particulares y de normalización de la Cía. Suministradora de Agua.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados y Ordenanzas Municipales.

4. EMPLAZAMIENTO.

El emplazamiento de la Red de Abastecimiento objeto de este proyecto es en _____ de _____

5. DOTACION EN LA ZONA DE ACTUACION.

Para hallar la dotación o consumo medio diario se deben estudiar los diferentes usos existentes en la zona de actuación.

5.1. ZONAS URBANAS RESIDENCIALES.

El caudal máximo o de cálculo "qmax" se obtendrá de la siguiente manera:

$$q_{max} = C_p \cdot (d \cdot N / 86.400)$$

Siendo:

- qmax: caudal máximo o de cálculo (l/s)
- Cp: coeficiente punta. Se obtiene en función del nivel socioeconómico o nº de habitantes.
 - Nivel socioeconómico bajo. Coeficiente punta: 4
 - Nivel socioeconómico medio. Coeficiente punta: 3,2
 - Nivel socioeconómico alto. Coeficiente punta: 2,7
- d: dotación o consumo medio diario (l/hab·día). Se obtiene en función del nivel socioeconómico.
 - Nivel socioeconómico bajo: 150
 - Nivel socioeconómico medio: 225
 - Nivel socioeconómico alto: 300
- N: población total suministrada. Si a dicho valor se le asigna el número medio de habitantes por vivienda, el caudal máximo o de cálculo resultará en l/s·viv, o sea, el caudal requerido por punto de consumo (vivienda en este caso).
- 1 día = 24 h · 3600 s/h = 86.400 s.

5.2. ZONAS DE ACTIVIDADES PRODUCTIVAS, POLIGONOS INDUSTRIALES.

En zonas productivas se tienen valores muy dispersos, con datos a veces muy variables entre industrias del mismo tipo.

Ante esta diversidad, cuando no se disponga de información de primera mano, se puede tomar un valor orientativo de 1 a 2 l/s·hectárea o bien utilizar los valores siguientes:

<u>Tipo de industria</u>	<u>Caudal punta (l/s·hectárea)</u>
Alimentaria	1,5 7,0
Bebidas	3,0 5,5
Textiles	0,5 1,25
Curtidos	0,1
Madera y muebles	2,5 5,0
Papel, cartón e imprenta	7,0 12,0
Caucho	0,5 2,5
Productos químicos	0,25 1,25
Vidrio, cerámica y cemento	0,125 1,25
Metálica básica	0,2 15,0
Transformados metálicos	0,50 2,0
Material de transporte	0,50 1,5

5.3. ZONAS DE EQUIPAMIENTO SOCIAL.

El consumo en función del número de ocupantes, se obtendrá:

<u>Tipo de uso</u>	<u>Dotaciones (l/ocup·día)</u>	<u>Coefficiente punta (Cp)</u>
Hospitales	400....1300	3,5 4,5
Centros comerciales o locales públicos	10..... 25	4,5 5,5
Centros docentes	20 50	5 7
Hoteles		
1* y 2**	150 300	3 3,5
3***	200 500	3,5 4
4**** y 5*****	350 800	4 5,5
Oficinas (dotación m ²)	25 40	4 6
Mercados (dotación puestos)	125 600	2,5 4
Espectáculos públicos	5 20	5 8

5.4. PROTECCION CONTRA INCENDIOS. HIDRANTES.

El consumo de hidrantes de 80 mm de diámetro será de 8,4 l/s y el de hidrantes de 100 mm de diámetro será de 16,7 l/s.

5.5. BOCAS DE RIEGO.

Estos dispositivos se utilizan para el riego de jardines, así como para la limpieza de calles y alcantarillado (cámara de descarga). Se puede establecer la siguiente dotación:

- Limpieza de viales	1 1,5 l/m ² ·día
- Riego de jardines	1,5 3,0 l/m ² ·día en zona húmeda 3,0 6,0 l/m ² ·día en zona media 6,0 9,0 l/m ² ·día en zona seca
- Limpieza de alcantarillado	15 25 l/ml·día

6. CONEXION CON EL SISTEMA GENERAL DE DISTRIBUCION.

La toma de agua para el abastecimiento de la zona en proyecto se realizará sobre una conducción ya existente de mm de diámetro, ubicada en y que proporciona una presión de m.c.a. o sobre el propio depósito municipal ubicado en , con una cota o altura piezométrica de m.c.a.

7. DESCRIPCION GENERAL DE LA INSTALACION.

El sistema de abastecimiento de agua es un conjunto de obras, equipos y servicios destinados al suministro de agua potable para fines de consumo doméstico, industrial, servicios públicos y otros usos. Normalmente comprende la captación de agua, depuración-potabilización, estación de bombeo, depósito y red de distribución.

La conducción de alimentación o tubería de traída conduce el agua desde el punto de toma (depósito regulador, tubería de una red existente, etc) hasta la red de distribución propiamente dicha.

Las arterias son los conductos principales, cuya misión es alimentar a los distribuidores. No se deben conectar a ellas ramales de acometida.

Los distribuidores, conectados a las arterias, conducen el agua desde éstas a los ramales de acometida.

Los ramales de acometida conducen el agua hasta las arquetas de acometida, para alimentar a los edificios, industrias, etc.

Todas las tuberías indicadas se instalarán enterradas, con una profundidad mínima tal que la generatriz superior de la tubería quede por lo menos a un metro de la superficie en cruces de calzadas y a sesenta centímetros en instalación bajo aceras o lugar sin tráfico rodado. Si el recubrimiento indicado como mínimo no pudiera respetarse por razones topográficas, por otras canalizaciones, etc., se tomarán las medidas de protección necesarias.

Las conducciones de agua potable se situarán en plano superior a las de saneamiento, con distancias vertical y horizontal entre una y otra no menor a un metro, medido entre planos tangentes, horizontales y verticales a las tuberías más próximas entre sí. En obras de poca importancia y siempre que se justifique debidamente podrá reducirse dicho valor de un (1) metro hasta cincuenta (50) centímetros. Si estas distancias no pudieran mantenerse o fuera preciso cruces con otras canalizaciones, deberán adoptarse precauciones especiales.

La anchura de las zanjas debe ser la suficiente para que los operarios trabajen en buenas condiciones, dejando, según el tipo de tubería, un espacio suficiente para que el operario instalador pueda efectuar su trabajo con toda garantía. El ancho de la zanja depende del tamaño de la tubería, profundidad de la zanja, taludes de las paredes laterales, naturaleza del terreno y consiguiente necesidad o no de entibación, etc.; como norma general, la anchura mínima no debe ser inferior a sesenta (60) centímetros y se debe dejar un espacio de quince a treinta (15 a 30) centímetros a cada lado del tubo, según el tipo de juntas.

El relleno de las excavaciones complementarias realizadas por debajo de la rasante se regularizará dejando una rasante uniforme. El relleno se efectuará preferentemente con arena suelta, grava o piedra machacada, siempre que el tamaño superior de ésta no exceda de dos (2) centímetros. Se evitará el empleo de tierras inadecuadas. Estos rellenos se apisonarán cuidadosamente por tongadas y se regularizará la superficie.

En la elección del tipo de junta para tuberías, el Proyectista deberá tener en cuenta las sollicitaciones externas e internas a que ha de estar sometida la tubería, rigidez de la cama de apoyo, presión hidráulica, etc, así como la agresividad del terreno y otros agentes que puedan alterar los materiales que constituyan la junta. En cualquier caso las juntas serán estancas a la presión de prueba, resistirán los esfuerzos mecánicos y no producirán alteraciones apreciables en el régimen hidráulico de la tubería.

Los hidrantes contraincendios se conectarán de forma independiente a la conducción general, ubicándose en intersecciones accesibles, y a una distancia máxima de 200 m medidos por espacios públicos. La presión mínima residual será de 10 m.c.a. El caudal mínimo durante 120 minutos (2 horas) será de 8,4 l/s para los hidrantes de 80 mm de diámetro y de 16,7 l/s para los hidrantes de 100 mm de diámetro. También pueden utilizarse hidrantes de diámetro 45 y 70 mm, para así conseguir el diámetro 80 mm con dos de 45 mm o uno de 70 mm. A la hora de abordar el cálculo de una red con hidrantes, se harán los dos siguientes supuestos:

- Cálculo de la red con los consumos estimados en los distintos puntos, y considerando un consumo nulo en hidrantes.
- Cálculo de la red considerando el incendio localizado en el punto de la red en el que el cálculo anterior haya resultado con menor presión residual. La extinción de dicho incendio se realizará con los dos hidrantes más próximos al punto de incendio considerado. En este supuesto de funcionamiento se considera que los dos hidrantes están a pleno caudal, simultáneo con el resto de consumos, pero reducidos éstos últimos a la mitad.

En cualquier caso, el diámetro de una conducción con bocas de incendio de 45, 70 y 80 mm no será inferior a 100 mm y con bocas de incendio de 100 mm no será inferior a 150 mm.

Se ubicarán bocas de riego para jardines, para limpieza de calles y alcantarillado (cámara de descarga), convenientemente distribuidas y a unos 40 m. de separación. El diámetro de la conducción, cuando existan bocas de riego, no será inferior a 80 mm.

Se intentará sectorizar la instalación mediante válvulas de regulación, siempre teniendo presente las normas de la compañía suministradora de agua y del planeamiento municipal. Las válvulas de retención asegurarán que el fluido no vaya en direcciones distintas a las establecidas, instalándose normalmente a la salida del punto de toma si se prevén retornos de agua perjudiciales.

La presión dinámica en la red no debe superar los 60 m.c.a., recomendándose la instalación de válvulas reductoras de presión en aquellos lugares en que sean de temer las mencionadas sobrepresiones. La presión de servicio mínima en el extremo de la acometida será de 10 m.c.a. por encima de la altura

máxima de edificación. Se recomienda, por lo tanto, que las presiones en la red oscilen entre los 20 y 40 m.c.a.

Se instalarán ventosas y válvulas de desagüe en los puntos de la red que lo requieran.

Los diámetros en mm de las válvulas (retención y reguladoras de presión) y ventosas se elegirán del siguiente modo:

	<u>Æ en mm de la conducción</u>						
	<u>60 a 100</u>	<u>125 a 150</u>	<u>175</u>	<u>200</u>	<u>250</u>	<u>300</u>	<u>350-400</u>
<u>Æ válvulas</u>	40	50		70	80	100	150 200
<u>Æ ventosas</u>	40	40		60	60	60	60 60

Con el fin de evitar sedimentos perjudiciales se recomienda que la velocidad no sea inferior a 0,50 m/s. Con el fin de evitar posibles ruidos en conducciones y por golpes de ariete al cerrar válvulas en la red, se recomienda no superar una velocidad de 3 m/s.

Se dispondrán anclajes en las reducciones, cambios de dirección, derivaciones, etc, con el fin de asegurar la estabilidad de la conducción.

8. TUBOS.

Los tubos empleados en la red de abastecimiento podrán estar constituidos por los siguientes materiales:

- Tubos de fundición fundición gris, con grafito laminar (conocida como fundición gris normal) o con grafito esferoidal (conocida también como modular o dúctil).

- Tubos de acero dulce perfectamente soldable

- Tubos de hormigón centrifugados o vibrados, con una resistencia característica no inferior a 275 kg/cm². Los tubos se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Tubos de hormigón en masa.
- Tubos de hormigón armado con camisa de chapa.
- Tubos de hormigón armado sin camisa de chapa.
- Tubos de hormigón pretensado con camisa de chapa.
- Tubos de hormigón pretensado sin camisa de chapa.

- Tubos de amianto-cemento, obtenidos por la mezcla íntima y homogénea de agua, cemento y fibras de amianto, sin adición alguna que pueda perjudicar su calidad.

- Tubos de PVC, obtenidos del policloruro de vinilo técnicamente puro, es decir, aquel que no tenga plastificantes, ni una proporción superior al uno por ciento de ingredientes necesarios para su propia fabricación.

- Tubos de polietileno de baja densidad fabricados a alta presión.

- Tubos de polietileno de alta densidad fabricado a baja presión.

9. PROTECCION DE TUBERIAS.

La corrosión de las tuberías depende principalmente del medio ambiente en que están colocadas, del material de su fabricación y del régimen de funcionamiento a que se ven sometidas.

Las tuberías destinadas a abastecimiento de agua se proyectan ordinariamente enterradas, por lo que se trata este caso de manera particular.

Cualquier sistema de protección deberá reunir las siguientes condiciones:

a) Buena adherencia a la superficie de la tubería a proteger.

- b) Resistencia física y química frente al medio corrosivo en que está situada.
- c) Impermeabilidad a dicho medio corrosivo.

Los factores que influyen en la corrosión de tuberías metálicas o de las armaduras de las tuberías de hormigón pueden encuadrarse en los grupos siguientes:

- La porosidad del suelo, que determina la aireación y por tanto, la afluencia de oxígeno a la superficie de la pieza metálica.
- Los electrolitos existentes en el suelo, que determinan su conductividad.
- Factores eléctricos, como pueden ser la diferencia de potencial existente entre dos puntos de la superficie del metal, el contacto entre dos metales distintos y las corrientes parásitas.
- El pH de equilibrio del agua y del terreno.
- La acción bacteriana, que influye en la corrosión de tuberías enterradas junto con la aireación y la presencia de sales solubles.
- El aumento de la agresividad, producido por la superposición de dos o más de los factores anteriores.

9.1. CLASIFICACION GENERAL DE LOS SISTEMAS DE PROTECCION.

9.1.1. PROTECCION EXTERIOR.

9.1.1.1. Tuberías metálicas en la atmósfera.

- Medio ambiente poco o moderadamente agresivo: Protección a base de alquitrán y pintura (imprimación y acabado) o cinc metálico (inmersión o metalizado a pistola).
- Muy agresivo: Protección a base de alquitrán, mediante imprimación, capa intermedia y acabado.

9.1.1.2. Tuberías metálicas enterradas.

- Medio ambiente poco o medianamente agresivo: Protección a base de alquitrán (imprimación, capa intermedia y acabado), asfalto (imprimación y acabado) o cinc metálico (inmersión).
- Medio ambiente muy agresivo: Protección a base de asfalto (imprimación, capa intermedia y acabado) o cemento (mortero y malla de alambre).
- Medio ambiente muy agresivo (caso de erosión mecánica): Protección a base de alquitrán y cemento mediante imprimación, capa intermedia y acabado.

9.1.1.3. Tuberías sumergidas.

- En agua dulce: Protección a base de pintura fenólica, alquitrán, alquitrán epoxi, pintura de cinc, uretanos, resina vinílica o protección catódica (imprimación, capa intermedia y acabado)
- En agua dulce en caso de posible erosión: Protección a base de resina epoxi mediante imprimación y acabado.

9.1.1.4. Tuberías a base de cemento.

- Medio ambiente agresivo: Protección a base de emulsiones bituminosas, asfaltos y alquitranes, caucho, esterres epoxi, alquitrán epoxi o silicatos.
- Medio ambiente muy agresivo: Protección a base de neopreno mediante imprimación y acabado.
- Medio ambiente muy agresivo y larga duración: Protección a base de epoxi con varias capas.
- Medio ambiente agresivo con inmersión continua o intermitente en agua. Protección a base de resinas vinílicas con varias capas.

9.1.2. PROTECCION INTERIOR.

- En cualquier medio: Protección a base de alquitrán (imprimación, capa intermedia y acabado) o cinc

metálico (inmersión o revestimiento).

9.1.3. PROTECCION CATODICA.

Las corrientes eléctricas en el terreno pueden producir fenómenos de electrólisis que llegan a originar destrucciones importantes. Se favorece la protección catódica de las tuberías consiguiendo la continuidad eléctrica en el sentido longitudinal y también una buena conductividad, bien sea por soldadura de los elementos metálicos de los tubos o por cualquier otro medio apropiado.

Los elementos metálicos que no interese o no sea económico defender catódicamente se deben independizar de la corrientes eléctricas con juntas aislantes.

A título orientativo, a continuación se señalan diversos sistemas de protección catódica:

- Por ánodos de sacrificio.
- Por fuentes de corriente auxiliar (trasegado de corrientes, rectificador regulado, trasegado regulado).
- Por drenaje polarizado.
- Sistemas compuestos.

10. PRUEBAS DE LA TUBERIA INSTALADA.

La presión interior de prueba en zanja de la tubería será tal que se alcance en el punto más bajo del tramo en prueba 1,4 veces la presión máxima de trabajo en el punto de más presión. En el caso de tuberías de hormigón y amianto-cemento, previamente a la prueba de presión se tendrá la tubería llena de agua, al menos 24 horas. En casos muy especiales en los que la escasez de agua u otras causas hagan difícil el llenado de la tubería durante el montaje, el contratista podrá proponer, razonadamente, la utilización de otro sistema especial que permita probar juntas con idéntica seguridad.

La presión de prueba de estanquidad será la máxima estática que exista en el tramo de la tubería objeto de la prueba. La duración de la prueba de estanquidad será de dos horas, y la pérdida en este tiempo será inferior al valor dado por la fórmula:

$$V = K \cdot L \cdot D$$

en la cual:

- V: pérdida total en la prueba en litros.
- L: longitud del tramo objeto de la prueba, en metros.
- D: diámetro interior, en metros.
- k: coeficiente dependiente del material (1 a 0,25).

De todas formas, cualesquiera que sean las pérdidas fijadas, si éstas son sobrepasadas, el contratista, a sus expensas, reparará todas las juntas y tubos defectuosos; asimismo viene obligado a reparar cualquier pérdida de agua apreciable, aún cuando el total sea inferior al admisible.

11. PLANOS.

En el documento correspondiente de este proyecto, se adjuntan cuantos planos se han estimado necesarios con los detalles suficientes de las instalaciones que se han proyectado, con claridad y objetividad.

12. CONCLUSION.

Expuesto el objeto y la utilidad del presente proyecto, esperamos que el mismo merezca la aprobación de la Administración y el Ayuntamiento, dándonos las autorizaciones pertinentes para su tramitación y puesta en servicio.

1. PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES.

1.1. INTRODUCCIÓN.

La ley **31/1995**, de 8 de noviembre de 1995, de **Prevención de Riesgos Laborales** tiene por objeto la determinación del cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los *riesgos derivados de las condiciones de trabajo*.

Como ley establece un marco legal a partir del cual las **normas reglamentarias** irán fijando y concretando los aspectos más técnicos de las medidas preventivas.

Estas normas complementarias quedan resumidas a continuación:

- Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

1.2. DERECHOS Y OBLIGACIONES.

1.2.1. DERECHO A LA PROTECCIÓN FRENTE A LOS RIESGOS LABORALES.

Los trabajadores tienen derecho a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo.

A este efecto, el empresario realizará la prevención de los riesgos laborales mediante la adopción de cuantas medidas sean necesarias para la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, con las especialidades que se recogen en los artículos siguientes en materia de evaluación de riesgos, información, consulta, participación y formación de los trabajadores, actuación en casos de emergencia y de riesgo grave e inminente y vigilancia de la salud.

1.2.2. PRINCIPIOS DE LA ACCIÓN PREVENTIVA.

El empresario aplicará las medidas preventivas pertinentes, con arreglo a los siguientes principios generales:

- Evitar los riesgos.
- Evaluar los riesgos que no se pueden evitar.
- Combatir los riesgos en su origen.
- Adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia

- de los factores ambientales en el trabajo.
- Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.
- Dar las debidas instrucciones a los trabajadores.
- Adoptar las medidas necesarias a fin de garantizar que sólo los trabajadores que hayan recibido información suficiente y adecuada puedan acceder a las zonas de riesgo grave y específico.
- Prever las distracciones o imprudencias no temerarias que pudiera cometer el trabajador.

1.2.3. EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS.

La acción preventiva en la empresa se planificará por el empresario a partir de una evaluación inicial de los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores, que se realizará, con carácter general, teniendo en cuenta la naturaleza de la actividad, y en relación con aquellos que estén expuestos a riesgos especiales. Igual evaluación deberá hacerse con ocasión de la elección de los equipos de trabajo, de las sustancias o preparados químicos y del acondicionamiento de los lugares de trabajo.

De alguna manera se podrían clasificar las causas de los riesgos en las categorías siguientes:

- Insuficiente calificación profesional del personal dirigente, jefes de equipo y obreros.
- Empleo de maquinaria y equipos en trabajos que no corresponden a la finalidad para la que fueron concebidos o a sus posibilidades.
- Negligencia en el manejo y conservación de las máquinas e instalaciones. Control deficiente en la explotación.
- Insuficiente instrucción del personal en materia de seguridad.

Referente a las máquinas herramienta, los riesgos que pueden surgir al manejarlas se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Se puede producir un accidente o deterioro de una máquina si se pone en marcha sin conocer su modo de funcionamiento.
- La lubricación deficiente conduce a un desgaste prematuro por lo que los puntos de engrase manual deben ser engrasados regularmente.
- Puede haber ciertos riesgos si alguna palanca de la máquina no está en su posición correcta.
- El resultado de un trabajo puede ser poco exacto si las guías de las máquinas se desgastan, y por ello hay que protegerlas contra la introducción de virutas.
- Puede haber riesgos mecánicos que se deriven fundamentalmente de los diversos movimientos que realicen las distintas partes de una máquina y que pueden provocar que el operario:
 - Entre en contacto con alguna parte de la máquina o ser atrapado entre ella y cualquier estructura fija o material.
 - Sea golpeado o arrastrado por cualquier parte en movimiento de la máquina.
 - Ser golpeado por elementos de la máquina que resulten proyectados.
 - Ser golpeado por otros materiales proyectados por la máquina.
- Puede haber riesgos no mecánicos tales como los derivados de la utilización de energía eléctrica, productos químicos, generación de ruido, vibraciones, radiaciones, etc.

Los movimientos peligrosos de las máquinas se clasifican en cuatro grupos:

- Movimientos de rotación. Son aquellos movimientos sobre un eje con independencia de la inclinación del mismo y aún cuando giren lentamente. Se clasifican en los siguientes grupos:
 - Elementos considerados aisladamente tales como árboles de transmisión, vástagos, brocas, acoplamientos.
 - Puntos de atrapamiento entre engranajes y ejes girando y otras fijas o dotadas de desplazamiento lateral a ellas.
- Movimientos alternativos y de traslación. El punto peligroso se sitúa en el lugar donde la pieza dotada de este tipo de movimiento se aproxima a otra pieza fija o móvil y la sobrepasa.
- Movimientos de traslación y rotación. Las conexiones de bielas y vástagos con ruedas y volantes son algunos de los mecanismos que generalmente están dotadas de este tipo de movimientos.
- Movimientos de oscilación. Las piezas dotadas de movimientos de oscilación pendular generan puntos de "tijera" entre ellas y otras piezas fijas.

Las actividades de prevención deberán ser modificadas cuando se aprecie por el empresario, como

consecuencia de los controles periódicos previstos en el apartado anterior, su inadecuación a los fines de protección requeridos.

1.2.4. EQUIPOS DE TRABAJO Y MEDIOS DE PROTECCIÓN.

Cuando la utilización de un equipo de trabajo pueda presentar un riesgo específico para la seguridad y la salud de los trabajadores, el empresario adoptará las medidas necesarias con el fin de que:

- La utilización del equipo de trabajo quede reservada a los encargados de dicha utilización.
- Los trabajos de reparación, transformación, mantenimiento o conservación sean realizados por los trabajadores específicamente capacitados para ello.

El empresario deberá proporcionar a sus trabajadores equipos de protección individual adecuados para el desempeño de sus funciones y velar por el uso efectivo de los mismos.

1.2.5. INFORMACIÓN, CONSULTA Y PARTICIPACIÓN DE LOS TRABAJADORES.

El empresario adoptará las medidas adecuadas para que los trabajadores reciban todas las informaciones necesarias en relación con:

- Los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo.
- Las medidas y actividades de protección y prevención aplicables a los riesgos.

Los trabajadores tendrán derecho a efectuar propuestas al empresario, así como a los órganos competentes en esta materia, dirigidas a la mejora de los niveles de la protección de la seguridad y la salud en los lugares de trabajo, en materia de señalización en dichos lugares, en cuanto a la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en las obras de construcción y en cuanto a utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

1.2.6. FORMACIÓN DE LOS TRABAJADORES.

El empresario deberá garantizar que cada trabajador reciba una formación teórica y práctica, suficiente y adecuada, en materia preventiva.

1.2.7. MEDIDAS DE EMERGENCIA.

El empresario, teniendo en cuenta el tamaño y la actividad de la empresa, así como la posible presencia de personas ajenas a la misma, deberá analizar las posibles situaciones de emergencia y adoptar las medidas necesarias en materia de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de los trabajadores, designando para ello al personal encargado de poner en práctica estas medidas y comprobando periódicamente, en su caso, su correcto funcionamiento.

1.2.8. RIESGO GRAVE E INMINENTE.

Cuando los trabajadores estén expuestos a un riesgo grave e inminente con ocasión de su trabajo, el empresario estará obligado a:

- Informar lo antes posible a todos los trabajadores afectados acerca de la existencia de dicho riesgo y de las medidas adoptadas en materia de protección.
- Dar las instrucciones necesarias para que, en caso de peligro grave, inminente e inevitable, los trabajadores puedan interrumpir su actividad y además estar en condiciones, habida cuenta de sus conocimientos y de los medios técnicos puestos a su disposición, de adoptar las medidas necesarias para evitar las consecuencias de dicho peligro.

1.2.9. VIGILANCIA DE LA SALUD.

El empresario garantizará a los trabajadores a su servicio la vigilancia periódica de su estado de salud en función de los riesgos inherentes al trabajo, optando por la realización de aquellos reconocimientos o pruebas que causen las menores molestias al trabajador y que sean proporcionales al riesgo.

1.2.10. DOCUMENTACIÓN.

El empresario deberá elaborar y conservar a disposición de la autoridad laboral la siguiente documentación:

- Evaluación de los riesgos para la seguridad y salud en el trabajo, y planificación de la acción preventiva.
- Medidas de protección y prevención a adoptar.
- Resultado de los controles periódicos de las condiciones de trabajo.
- Práctica de los controles del estado de salud de los trabajadores.
- Relación de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales que hayan causado al trabajador una incapacidad laboral superior a un día de trabajo.

1.2.11. COORDINACIÓN DE ACTIVIDADES EMPRESARIALES.

Cuando en un mismo centro de trabajo desarrollen actividades trabajadores de dos o más empresas, éstas deberán cooperar en la aplicación de la normativa sobre prevención de riesgos laborales.

1.2.12. PROTECCIÓN DE TRABAJADORES ESPECIALMENTE SENSIBLES A DETERMINADOS RIESGOS.

El empresario garantizará, evaluando los riesgos y adoptando las medidas preventivas necesarias, la protección de los trabajadores que, por sus propias características personales o estado biológico conocido, incluidos aquellos que tengan reconocida la situación de discapacidad física, psíquica o sensorial, sean específicamente sensibles a los riesgos derivados del trabajo.

1.2.13. PROTECCIÓN DE LA MATERNIDAD.

La evaluación de los riesgos deberá comprender la determinación de la naturaleza, el grado y la duración de la exposición de las trabajadoras en situación de embarazo o parto reciente, a agentes, procedimientos o condiciones de trabajo que puedan influir negativamente en la salud de las trabajadoras o del feto, adoptando, en su caso, las medidas necesarias para evitar la exposición a dicho riesgo.

1.2.14. PROTECCIÓN DE LOS MENORES.

Antes de la incorporación al trabajo de jóvenes menores de dieciocho años, y previamente a cualquier modificación importante de sus condiciones de trabajo, el empresario deberá efectuar una evaluación de los puestos de trabajo a desempeñar por los mismos, a fin de determinar la naturaleza, el grado y la duración de su exposición, teniendo especialmente en cuenta los riesgos derivados de su falta de experiencia, de su inmadurez para evaluar los riesgos existentes o potenciales y de su desarrollo todavía incompleto.

1.2.15. RELACIONES DE TRABAJO TEMPORALES, DE DURACIÓN DETERMINADA Y EN EMPRESAS DE TRABAJO TEMPORAL.

Los trabajadores con relaciones de trabajo temporales o de duración determinada, así como los contratados por empresas de trabajo temporal, deberán disfrutar del mismo nivel de protección en materia de seguridad y salud que los restantes trabajadores de la empresa en la que prestan sus servicios.

1.2.16. OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES EN MATERIA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS.

Corresponde a cada trabajador velar, según sus posibilidades y mediante el cumplimiento de las medidas de prevención que en cada caso sean adoptadas, por su propia seguridad y salud en el trabajo y por la de aquellas otras personas a las que pueda afectar su actividad profesional, a causa de sus actos y omisiones en el trabajo, de conformidad con su formación y las instrucciones del empresario.

Los trabajadores, con arreglo a su formación y siguiendo las instrucciones del empresario, deberán en particular:

- Usar adecuadamente, de acuerdo con su naturaleza y los riesgos previsibles, las máquinas, aparatos, herramientas, sustancias peligrosas, equipos de transporte y, en general, cualesquiera otros medios con los que desarrollen su actividad.
- Utilizar correctamente los medios y equipos de protección facilitados por el empresario.
- No poner fuera de funcionamiento y utilizar correctamente los dispositivos de seguridad existentes.
- Informar de inmediato un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- Contribuir al cumplimiento de las obligaciones establecidas por la autoridad competente.

1.3. SERVICIOS DE PREVENCIÓN.

1.3.1. PROTECCIÓN Y PREVENCIÓN DE RIESGOS PROFESIONALES.

En cumplimiento del deber de prevención de riesgos profesionales, el empresario designará uno o varios trabajadores para ocuparse de dicha actividad, constituirá un servicio de prevención o concertará dicho servicio con una entidad especializada ajena a la empresa.

Los trabajadores designados deberán tener la capacidad necesaria, disponer del tiempo y de los medios precisos y ser suficientes en número, teniendo en cuenta el tamaño de la empresa, así como los riesgos a que están expuestos los trabajadores.

En las empresas de menos de seis trabajadores, el empresario podrá asumir personalmente las funciones señaladas anteriormente, siempre que desarrolle de forma habitual su actividad en el centro de trabajo y tenga capacidad necesaria.

El empresario que no hubiere concertado el Servicio de Prevención con una entidad especializada ajena a la empresa deberá someter su sistema de prevención al control de una auditoría o evaluación externa.

1.3.2. SERVICIOS DE PREVENCIÓN.

Si la designación de uno o varios trabajadores fuera insuficiente para la realización de las actividades de prevención, en función del tamaño de la empresa, de los riesgos a que están expuestos los trabajadores o de la peligrosidad de las actividades desarrolladas, el empresario deberá recurrir a uno o varios servicios de prevención propios o ajenos a la empresa, que colaborarán cuando sea necesario.

Se entenderá como servicio de prevención el conjunto de medios humanos y materiales necesarios para realizar las actividades preventivas a fin de garantizar la adecuada protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, asesorando y asistiendo para ello al empresario, a los trabajadores y a sus representantes y a los órganos de representación especializados.

1.4. CONSULTA Y PARTICIPACIÓN DE LOS TRABAJADORES.

1.4.1. CONSULTA DE LOS TRABAJADORES.

El empresario deberá consultar a los trabajadores, con la debida antelación, la adopción de las decisiones relativas a:

- La planificación y la organización del trabajo en la empresa y la introducción de nuevas tecnologías, en todo lo relacionado con las consecuencias que éstas pudieran tener para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- La organización y desarrollo de las actividades de protección de la salud y prevención de los riesgos profesionales en la empresa, incluida la designación de los trabajadores encargados de dichas actividades o el recurso a un servicio de prevención externo.
- La designación de los trabajadores encargados de las medidas de emergencia.
- El proyecto y la organización de la formación en materia preventiva.

1.4.2. DERECHOS DE PARTICIPACIÓN Y REPRESENTACIÓN.

Los trabajadores tienen derecho a participar en la empresa en las cuestiones relacionadas con la

prevención de riesgos en el trabajo.

En las empresas o centros de trabajo que cuenten con seis o más trabajadores, la participación de éstos se canalizará a través de sus representantes y de la representación especializada.

1.4.3. DELEGADOS DE PREVENCIÓN.

Los Delegados de Prevención son los representantes de los trabajadores con funciones específicas en materia de prevención de riesgos en el trabajo. Serán designados por y entre los representantes del personal, con arreglo a la siguiente escala:

- De 50 a 100 trabajadores: 2 Delegados de Prevención.
- De 101 a 500 trabajadores: 3 Delegados de Prevención.
- De 501 a 1000 trabajadores: 4 Delegados de Prevención.
- De 1001 a 2000 trabajadores: 5 Delegados de Prevención.
- De 2001 a 3000 trabajadores: 6 Delegados de Prevención.
- De 3001 a 4000 trabajadores: 7 Delegados de Prevención.
- De 4001 en adelante: 8 Delegados de Prevención.

En las empresas de hasta treinta trabajadores el Delegado de Prevención será el Delegado de Personal. En las empresas de treinta y uno a cuarenta y nueve trabajadores habrá un Delegado de Prevención que será elegido por y entre los Delegados de Personal.

2. DISPOSICIONES MINIMAS EN MATERIA DE SEÑALIZACION DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.

2.1. INTRODUCCION.

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los *riesgos derivados de las condiciones de trabajo*.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las **normas reglamentarias** las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a *garantizar que en los lugares de trabajo exista una adecuada señalización de seguridad y salud*, siempre que los riesgos no puedan evitarse o limitarse suficientemente a través de medios técnicos de protección colectiva.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto **485/1997** de 14 de Abril de 1.997 establece las **disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y de salud en el trabajo**, entendiéndose como tales aquellas señalizaciones que referidas a un objeto, actividad o situación determinada, proporcionen una indicación o una obligación relativa a la seguridad o la salud en el trabajo mediante una señal en forma de panel, un color, una señal luminosa o acústica, una comunicación verbal o una señal gestual.

2.2. OBLIGACION GENERAL DEL EMPRESARIO.

La elección del tipo de señal y del número y emplazamiento de las señales o dispositivos de señalización a utilizar en cada caso se realizará de forma que la señalización resulte lo más eficaz posible, teniendo en cuenta:

- Las características de la señal.
- Los riesgos, elementos o circunstancias que hayan de señalizarse.
- La extensión de la zona a cubrir.
- El número de trabajadores afectados.

Para la señalización de desniveles, obstáculos u otros elementos que originen riesgo de caída de personas, choques o golpes, así como para la señalización de riesgo eléctrico, presencia de materias inflamables, tóxicas, corrosivas o riesgo biológico, podrá optarse por una señal de advertencia de forma triangular, con un pictograma característico de color negro sobre fondo amarillo y bordes negros.

Las vías de circulación de vehículos deberán estar delimitadas con claridad mediante franjas continuas de color blanco o amarillo.

Los equipos de protección contra incendios deberán ser de color rojo.

La señalización para la localización e identificación de las vías de evacuación y de los equipos de salvamento o socorro (botiquín portátil) se realizará mediante una señal de forma cuadrada o rectangular, con un pictograma característico de color blanco sobre fondo verde.

La señalización dirigida a alertar a los trabajadores o a terceros de la aparición de una situación de peligro y de la consiguiente y urgente necesidad de actuar de una forma determinada o de evacuar la zona de peligro, se realizará mediante una señal luminosa, una señal acústica o una comunicación verbal.

Los medios y dispositivos de señalización deberán ser limpiados, mantenidos y verificados regularmente.

3. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA UTILIZACION POR LOS TRABAJADORES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO.

3.1. INTRODUCCION.

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los *riesgos derivados de las condiciones de trabajo*.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las **normas reglamentarias** las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a *garantizar que de la presencia o utilización de los equipos de trabajo puestos a disposición de los trabajadores en la empresa o centro de trabajo no se deriven riesgos para la seguridad o salud de los mismos*.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto **1215/1997** de 18 de Julio de 1.997 establece las **disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo**, entendiéndose como tales cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizado en el trabajo.

3.2. OBLIGACION GENERAL DEL EMPRESARIO.

El empresario adoptará las medidas necesarias para que los equipos de trabajo que se pongan a disposición de los trabajadores sean adecuados al trabajo que deba realizarse y convenientemente adaptados al mismo, de forma que garanticen la seguridad y la salud de los trabajadores al utilizar dichos equipos.

Deberá utilizar únicamente equipos que satisfagan cualquier disposición legal o reglamentaria que les sea de aplicación.

Para la elección de los equipos de trabajo el empresario deberá tener en cuenta los siguientes factores:

- Las condiciones y características específicas del trabajo a desarrollar.
- Los riesgos existentes para la seguridad y salud de los trabajadores en el lugar de trabajo.
- En su caso, las adaptaciones necesarias para su utilización por trabajadores discapacitados.

Adoptará las medidas necesarias para que, mediante un mantenimiento adecuado, los equipos de trabajo se conserven durante todo el tiempo de utilización en unas condiciones adecuadas. Todas las operaciones de mantenimiento, ajuste, desbloqueo, revisión o reparación de los equipos de trabajo se realizará tras haber parado o desconectado el equipo. Estas operaciones deberán ser encomendadas al personal especialmente capacitado para ello.

El empresario deberá garantizar que los trabajadores reciban una formación e información adecuadas a los riesgos derivados de los equipos de trabajo. La información, suministrada preferentemente por escrito, deberá contener, como mínimo, las indicaciones relativas a:

- Las condiciones y forma correcta de utilización de los equipos de trabajo, teniendo en cuenta las instrucciones del fabricante, así como las situaciones o formas de utilización anormales y peligrosas que puedan preverse.
- Las conclusiones que, en su caso, se puedan obtener de la experiencia adquirida en la utilización de los equipos de trabajo.

3.2.1. DISPOSICIONES MÍNIMAS GENERALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO.

Los órganos de accionamiento de un equipo de trabajo que tengan alguna incidencia en la seguridad deberán ser claramente visibles e identificables y no deberán acarrear riesgos como consecuencia de una manipulación involuntaria.

Cada equipo de trabajo deberá estar provisto de un órgano de accionamiento que permita su parada total en condiciones de seguridad.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo de caída de objetos o de proyecciones deberá estar provisto de dispositivos de protección adecuados a dichos riesgos.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo por emanación de gases, vapores o líquidos o por emisión de polvo deberá estar provisto de dispositivos adecuados de captación o extracción cerca de la fuente emisora correspondiente.

Si fuera necesario para la seguridad o la salud de los trabajadores, los equipos de trabajo y sus elementos deberán estabilizarse por fijación o por otros medios.

Cuando los elementos móviles de un equipo de trabajo puedan entrañar riesgo de accidente por contacto mecánico, deberán ir equipados con resguardos o dispositivos que impidan el acceso a las zonas peligrosas.

Las zonas y puntos de trabajo o mantenimiento de un equipo de trabajo deberán estar adecuadamente iluminadas en función de las tareas que deban realizarse.

Las partes de un equipo de trabajo que alcancen temperaturas elevadas o muy bajas deberán estar protegidas cuando corresponda contra los riesgos de contacto o la proximidad de los trabajadores.

Todo equipo de trabajo deberá ser adecuado para proteger a los trabajadores expuestos contra el riesgo de contacto directo o indirecto de la electricidad y los que entrañen riesgo por ruido, vibraciones o radiaciones deberá disponer de las protecciones o dispositivos adecuados para limitar, en la medida de lo posible, la generación y propagación de estos agentes físicos.

Las herramientas manuales deberán estar construidas con materiales resistentes y la unión entre sus elementos deberá ser firme, de manera que se eviten las roturas o proyecciones de los mismos.

La utilización de todos estos equipos no podrá realizarse en contradicción con las instrucciones facilitadas por el fabricante, comprobándose antes del iniciar la tarea que todas sus protecciones y condiciones de uso son las adecuadas.

Deberán tomarse las medidas necesarias para evitar el atrapamiento del cabello, ropas de trabajo u otros objetos del trabajador, evitando, en cualquier caso, someter a los equipos a sobrecargas, sobrepresiones, velocidades o tensiones excesivas.

3.2.2. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO MOVILES.

Los equipos con trabajadores transportados deberán evitar el contacto de éstos con ruedas y orugas y el aprisionamiento por las mismas. Para ello dispondrán de una estructura de protección que impida que el equipo de trabajo incline más de un cuarto de vuelta o una estructura que garantice un espacio suficiente alrededor de los trabajadores transportados cuando el equipo pueda inclinarse más de un cuarto de vuelta. No se requerirán estas estructuras de protección cuando el equipo de trabajo se encuentre

estabilizado durante su empleo.

Las carretillas elevadoras deberán estar acondicionadas mediante la instalación de una cabina para el conductor, una estructura que impida que la carretilla vuelque, una estructura que garantice que, en caso de vuelco, quede espacio suficiente para el trabajador entre el suelo y determinadas partes de dicha carretilla y una estructura que mantenga al trabajador sobre el asiento de conducción en buenas condiciones.

Los equipos de trabajo automotores deberán contar con dispositivos de frenado y parada, con dispositivos para garantizar una visibilidad adecuada y con una señalización acústica de advertencia. En cualquier caso, su conducción estará reservada a los trabajadores que hayan recibido una información específica.

3.2.3. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO PARA ELEVACION DE CARGAS.

Deberán estar instalados firmemente, teniendo presente la carga que deban levantar y las tensiones inducidas en los puntos de suspensión o de fijación. En cualquier caso, los aparatos de izar estarán equipados con limitador del recorrido del carro y de los ganchos, los motores eléctricos estarán provistos de limitadores de altura y del peso, los ganchos de sujeción serán de acero con "pestillos de seguridad" y los carriles para desplazamiento estarán limitados a una distancia de 1 m de su término mediante topes de seguridad de final de carrera eléctricos.

Deberá figurar claramente la carga nominal.

Deberán instalarse de modo que se reduzca el riesgo de que la carga caiga en picado, se suelte o se desvíe involuntariamente de forma peligrosa. En cualquier caso, se evitará la presencia de trabajadores bajo las cargas suspendidas. Caso de ir equipadas con cabinas para trabajadores deberá evitarse la caída de éstas, su aplastamiento o choque.

Los trabajos de izado, transporte y descenso de cargas suspendidas, quedarán interrumpidos bajo régimen de vientos superiores a los 60 km/h.

3.2.4. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO PARA MOVIMIENTO DE TIERRAS Y MAQUINARIA PESADA EN GENERAL.

Las máquinas para los movimientos de tierras estarán dotadas de faros de marcha hacia adelante y de retroceso, servofrenos, freno de mano, bocina automática de retroceso, retrovisores en ambos lados, pórtico de seguridad antivuelco y antiimpactos y un extintor.

Se prohíbe trabajar o permanecer dentro del radio de acción de la maquinaria de movimiento de tierras, para evitar los riesgos por atropello.

Durante el tiempo de parada de las máquinas se señalará su entorno con "señales de peligro", para evitar los riesgos por fallo de frenos o por atropello durante la puesta en marcha.

Si se produjese contacto con líneas eléctricas el maquinista permanecerá inmóvil en su puesto y solicitará auxilio por medio de las bocinas. De ser posible el salto sin riesgo de contacto eléctrico, el maquinista saltará fuera de la máquina sin tocar, al unísono, la máquina y el terreno.

Antes del abandono de la cabina, el maquinista habrá dejado en reposo, en contacto con el pavimento (la cuchilla, cazo, etc.), puesto el freno de mano y parado el motor extrayendo la llave de contacto para evitar los riesgos por fallos del sistema hidráulico.

Las pasarelas y peldaños de acceso para conducción o mantenimiento permanecerán limpios de gravas, barro y aceite, para evitar los riesgos de caída.

Se prohíbe el transporte de personas sobre las máquinas para el movimiento de tierras, para evitar los riesgos de caídas o de atropellos.

Se instalarán topes de seguridad de fin de recorrido, ante la coronación de los cortes (taludes o terraplenes) a los que debe aproximarse la maquinaria empleada en el movimiento de tierras, para evitar los riesgos por caída de la máquina.

Se señalarán los caminos de circulación interna mediante cuerda de banderolas y señales normalizadas de tráfico.

Se prohíbe el acopio de tierras a menos de 2 m. del borde de la excavación (como norma general).

No se debe fumar cuando se abastezca de combustible la máquina, pues podría inflamarse. Al realizar dicha tarea el motor deberá permanecer parado.

Se prohíbe realizar trabajos en un radio de 10 m entorno a las máquinas de hinca, en prevención de golpes y atropellos.

Las cintas transportadoras estarán dotadas de pasillo lateral de visita de 60 cm de anchura y barandillas de protección de éste de 90 cm de altura. Estarán dotadas de encauzadores antidesprendimientos de objetos por rebose de materiales. Bajo las cintas, en todo su recorrido, se instalarán bandejas de recogida de objetos desprendidos.

Los compresores serán de los llamados "silenciosos" en la intención de disminuir el nivel de ruido. La zona dedicada para la ubicación del compresor quedará acordonada en un radio de 4 m. Las mangueras estarán en perfectas condiciones de uso, es decir, sin grietas ni desgastes que puedan producir un reventón.

Cada tajo con martillos neumáticos, estará trabajado por dos cuadrillas que se turnarán cada hora, en prevención de lesiones por permanencia continuada recibiendo vibraciones. Los pisones mecánicos se guiarán avanzando frontalmente, evitando los desplazamientos laterales. Para realizar estas tareas se utilizará faja elástica de protección de cintura, muñequeras bien ajustadas, botas de seguridad, cascos antiruido y una mascarilla con filtro mecánico recambiable.

3.2.5. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LA MAQUINARIA HERRAMIENTA.

Las máquinas-herramienta estarán protegidas eléctricamente mediante doble aislamiento y sus motores eléctricos estarán protegidos por la carcasa.

Las que tengan capacidad de corte tendrán el disco protegido mediante una carcasa antiproyecciones.

Las que se utilicen en ambientes inflamables o explosivos estarán protegidas mediante carcasas antideflagrantes. Se prohíbe la utilización de máquinas accionadas mediante combustibles líquidos en lugares cerrados o de ventilación insuficiente.

Se prohíbe trabajar sobre lugares encharcados, para evitar los riesgos de caídas y los eléctricos.

Para todas las tareas se dispondrá una iluminación adecuada, en torno a 100 lux.

En prevención de los riesgos por inhalación de polvo, se utilizarán en vía húmeda las herramientas que lo produzcan.

Las mesas de sierra circular, cortadoras de material cerámico y sierras de disco manual no se ubicarán a distancias inferiores a tres metros del borde de los forjados, con la excepción de los que estén claramente protegidos (redes o barandillas, petos de remate, etc). Bajo ningún concepto se retirará la protección del disco de corte, utilizándose en todo momento gafas de seguridad antiproyección de partículas. Como norma general, se deberán extraer los clavos o partes metálicas hincadas en el elemento a cortar.

Con las pistolas fija-clavos no se realizarán disparos inclinados, se deberá verificar que no hay nadie al otro lado del objeto sobre el que se dispara, se evitará clavar sobre fábricas de ladrillo hueco y se

asegurará el equilibrio de la persona antes de efectuar el disparo.

Para la utilización de los taladros portátiles y rozadoras eléctricas se elegirán siempre las brocas y discos adecuados al material a taladrar, se evitará realizar taladros en una sola maniobra y taladros o rozaduras inclinadas a pulso y se tratará no recalentar las brocas y discos.

En las tareas de soldadura por arco eléctrico se utilizará yelmo del soldar o pantalla de mano, no se mirará directamente al arco voltaico, no se tocarán las piezas recientemente soldadas, se soldará en un lugar ventilado, se verificará la inexistencia de personas en el entorno vertical de puesto de trabajo, no se dejará directamente la pinza en el suelo o sobre la perfilera, se escogerá el electrodo adecuada para el cordón a ejecutar y se suspenderán los trabajos de soldadura con vientos superiores a 60 km/h y a la intemperie con régimen de lluvias.

En la soldadura oxiacetilénica (oxicorte) no se mezclarán botellas de gases distintos, éstas se transportarán sobre bateas enjauladas en posición vertical y atadas, no se ubicarán al sol ni en posición inclinada y los mecheros estarán dotados de válvulas antirretroceso de la llama. Si se desprenden pinturas se trabajará con mascarilla protectora y se hará al aire libre o en un local ventilado.

4. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCION.

4.1. INTRODUCCION.

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los *riesgos derivados de las condiciones de trabajo*.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las **normas reglamentarias** las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran necesariamente las destinadas a *garantizar la seguridad y la salud en las obras de construcción*.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto **1627/1997** de 24 de Octubre de 1.997 establece las **disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción**, entendiéndose como tales cualquier obra, pública o privada, en la que se efectúen trabajos de construcción o ingeniería civil.

La obra en proyecto referente a la *Ejecución de una Red de Abastecimiento de agua* se encuentra incluida en el **Anexo I** de dicha legislación, con la clasificación **a) Excavación, b) Movimiento de tierras, c) Construcción, e) Acondicionamiento o instalación, k) Mantenimiento y l) Trabajos de pintura y de limpieza**.

Al tratarse de una obra con las siguientes condiciones:

- a) El presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto es inferior a 75 millones de pesetas.
- b) La duración estimada es inferior a 30 días laborables, no utilizándose en ningún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- c) El volumen de mano de obra estimada, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, es inferior a 500.

Por todo lo indicado, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un **estudio básico de seguridad y salud**. Caso de superarse alguna de las condiciones citadas anteriormente deberá realizarse un estudio completo de seguridad y salud.

4.2. ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD.

4.2.1. RIESGOS MAS FRECUENTES EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCION.

Los *Oficios* más comunes en la obra en proyecto son los siguientes:

- Movimiento de tierras. Excavación de pozos y zanjas.
- Relleno de tierras.
- Encofrados.
- Trabajos con ferralla, manipulación y puesta en obra.
- Trabajos de manipulación del hormigón.
- Montaje de estructura metálica
- Montaje de prefabricados.
- Albañilería.
- Instalación eléctrica definitiva y provisional de obra.

Los *riesgos más frecuentes* durante estos oficios son los descritos a continuación:

- Deslizamientos, desprendimientos de tierras por diferentes motivos (no emplear el talud adecuado, por variación de la humedad del terreno, etc).
- Riesgos derivados del manejo de máquinas-herramienta y maquinaria pesada en general.
- Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de la maquinaria para movimiento de tierras.
- Caídas al mismo o distinto nivel de personas, materiales y útiles.
- Los derivados de los trabajos pulverulentos.
- Contactos con el hormigón (dermatitis por cementos, etc).
- Desprendimientos por mal apilado de la madera, planchas metálicas, etc.
- Cortes y heridas en manos y pies, aplastamientos, tropiezos y torceduras al caminar sobre las armaduras.
- Hundimientos, rotura o reventón de encofrados, fallos de entibaciones.
- Contactos con la energía eléctrica (directos e indirectos), electrocuciones, quemaduras, etc.
- Cuerpos extraños en los ojos, etc.
- Agresión por ruido y vibraciones en todo el cuerpo.
- Microclima laboral (frío-calor), agresión por radiación ultravioleta, infrarroja.
- Agresión mecánica por proyección de partículas.
- Golpes.
- Cortes por objetos y/o herramientas.
- Incendio y explosiones.
- Riesgo por sobreesfuerzos musculares y malos gestos.
- Carga de trabajo física.
- Deficiente iluminación.
- Efecto psico-fisiológico de horarios y turno.

4.2.2. MEDIDAS PREVENTIVAS DE CARÁCTER GENERAL.

Se establecerán a lo largo de la obra letreros divulgativos y señalización de los riesgos (vuelco, atropello, colisión, caída en altura, corriente eléctrica, peligro de incendio, materiales inflamables, prohibido fumar, etc), así como las medidas preventivas previstas (uso obligatorio del casco, uso obligatorio de las botas de seguridad, uso obligatorio de guantes, uso obligatorio de cinturón de seguridad, etc).

Se habilitarán zonas o estancias para el acopio de material y útiles (ferralla, perfilería metálica, piezas prefabricadas, material eléctrico, etc).

Se procurará que los trabajos se realicen en superficies secas y limpias, utilizando los elementos de protección personal, fundamentalmente calzado antideslizante reforzado para protección de golpes en los pies, casco de protección para la cabeza y cinturón de seguridad.

El transporte aéreo de materiales y útiles se hará suspendiéndolos desde dos puntos mediante eslingas, y se guiarán por tres operarios, dos de ellos guiarán la carga y el tercero ordenará las maniobras.

El transporte de elementos pesados se hará sobre carretilla de mano y así evitar sobreesfuerzos.

Los andamios sobre borriquetas, para trabajos en altura, tendrán siempre plataformas de trabajo de anchura no inferior a 60 cm (3 tablones trabados entre sí), prohibiéndose la formación de andamios mediante bidones, cajas de materiales, bañeras, etc.

Se tenderán cables de seguridad amarrados a elementos estructurales sólidos en los que enganchar el mosquetón del cinturón de seguridad de los operarios encargados de realizar trabajos en altura.

La distribución de máquinas, equipos y materiales en los locales de trabajo será la adecuada, delimitando las zonas de operación y paso, los espacios destinados a puestos de trabajo, las separaciones entre máquinas y equipos, etc.

El área de trabajo estará al alcance normal de la mano, sin necesidad de ejecutar movimientos forzados.

Se vigilarán los esfuerzos de torsión o de flexión del tronco, sobre todo si el cuerpo están en posición inestable.

Se evitarán las distancias demasiado grandes de elevación, descenso o transporte, así como un ritmo demasiado alto de trabajo.

Se tratará que la carga y su volumen permitan asirla con facilidad.

Se recomienda evitar los barrizales, en prevención de accidentes.

Se debe seleccionar la herramienta correcta para el trabajo a realizar, manteniéndola en buen estado y uso correcto de ésta. Después de realizar las tareas, se guardarán en lugar seguro.

La iluminación para desarrollar los oficios convenientemente oscilará en torno a los 100 lux.

Es conveniente que los vestidos estén configurados en varias capas al comprender entre ellas cantidades de aire que mejoran el aislamiento al frío. Empleo de guantes, botas y orejeras. Se resguardará al trabajador de vientos mediante apantallamientos y se evitará que la ropa de trabajo se empape de líquidos evaporables.

Si el trabajador sufriese estrés térmico se deben modificar las condiciones de trabajo, con el fin de disminuir su esfuerzo físico, mejorar la circulación de aire, apantallar el calor por radiación, dotar al trabajador de vestimenta adecuada (sombrero, gafas de sol, cremas y lociones solares), vigilar que la ingesta de agua tenga cantidades moderadas de sal y establecer descansos de recuperación si las soluciones anteriores no son suficientes.

El aporte alimentario calórico debe ser suficiente para compensar el gasto derivado de la actividad y de las contracciones musculares.

Para evitar el contacto eléctrico directo se utilizará el sistema de separación por distancia o alejamiento de las partes activas hasta una zona no accesible por el trabajador, interposición de obstáculos y/o barreras (armarios para cuadros eléctricos, tapas para interruptores, etc.) y recubrimiento o aislamiento de las partes activas.

Para evitar el contacto eléctrico indirecto se utilizará el sistema de puesta a tierra de las masas (conductores de protección, líneas de enlace con tierra y electrodos artificiales) y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada a las condiciones de humedad y resistencia de tierra de la instalación provisional).

Será responsabilidad del empresario garantizar que los primeros auxilios puedan prestarse en todo momento por personal con la suficiente formación para ello.

4.2.3. MEDIDAS PREVENTIVAS DE CARÁCTER PARTICULAR PARA CADA OFICIO

Movimiento de tierras. Excavación de pozos y zanjas.

Antes del inicio de los trabajos, se inspeccionará el tajo con el fin de detectar posibles grietas o movimientos del terreno.

Se prohibirá el acopio de tierras o de materiales a menos de dos metros del borde de la excavación, para evitar sobrecargas y posibles vuelcos del terreno, señalizándose además mediante una línea esta distancia de seguridad.

Se eliminarán todos los bolos o viseras de los frentes de la excavación que por su situación ofrezcan el riesgo de desprendimiento.

La maquinaria estará dotada de peldaños y asidero para subir o bajar de la cabina de control. No se utilizará como apoyo para subir a la cabina las llantas, cubiertas, cadenas y guardabarros.

Los desplazamientos por el interior de la obra se realizarán por caminos señalizados.

Se utilizarán redes tensas o mallazo electrosoldado situadas sobre los taludes, con un solape mínimo de 2 m.

La circulación de los vehículos se realizará a un máximo de aproximación al borde de la excavación no superior a los 3 m. para vehículos ligeros y de 4 m para pesados.

Se conservarán los caminos de circulación interna cubriendo baches, eliminando blandones y compactando mediante zahorras.

El acceso y salida de los pozos y zanjas se efectuará mediante una escalera sólida, anclada en la parte superior del pozo, que estará provista de zapatas antideslizantes.

Cuando la profundidad del pozo sea igual o superior a 1,5 m., se entibará (o encamisará) el perímetro en prevención de derrumbamientos.

Se efectuará el achique inmediato de las aguas que afloran (o caen) en el interior de las zanjas, para evitar que se altere la estabilidad de los taludes.

En presencia de líneas eléctricas en servicio se tendrán en cuenta las siguientes condiciones:

Se procederá a solicitar de la compañía propietaria de la línea eléctrica el corte de fluido y puesta a tierra de los cables, antes de realizar los trabajos.

La línea eléctrica que afecta a la obra será desviada de su actual trazado al límite marcado en los planos.

La distancia de seguridad con respecto a las líneas eléctricas que cruzan la obra, queda fijada en 5 m., en zonas accesibles durante la construcción.

Se prohíbe la utilización de cualquier calzado que no sea aislante de la electricidad en proximidad con la línea eléctrica.

Relleno de tierras.

Se prohíbe el transporte de personal fuera de la cabina de conducción y/o en número superior a los asientos existentes en el interior.

Se regarán periódicamente los tajos, las cargas y cajas de camión, para evitar las polvaredas. Especialmente si se debe conducir por vías públicas, calles y carreteras.

Se instalará, en el borde de los terraplenes de vertido, sólidos topes de limitación de recorrido para el vertido en retroceso.

Se prohíbe la permanencia de personas en un radio no inferior a los 5 m. en torno a las compactadoras y apisonadoras en funcionamiento.

Los vehículos de compactación y apisonado, irán provistos de cabina de seguridad de protección en caso de vuelco.

Trabajos con ferralla, manipulación y puesta en obra.

Los paquetes de redondos se almacenarán en posición horizontal sobre durmientes de madera capa a capa, evitándose las alturas de las pilas superiores al 1'50 m.

Se efectuará un barrido diario de puntas, alambres y recortes de ferralla en torno al banco (o bancos, borriquetas, etc.) de trabajo.

Queda prohibido el transporte aéreo de armaduras de pilares en posición vertical.

Se prohíbe trepar por las armaduras en cualquier caso.

Se prohíbe el montaje de zunchos perimetrales, sin antes estar correctamente instaladas las redes de protección.

Se evitará, en lo posible, caminar por los fondillos de los encofrados de jácenas o vigas.

Trabajos de manipulación del hormigón.

Se instalarán fuertes topes final de recorrido de los camiones hormigonera, en evitación de vuelcos.

Se prohíbe acercar las ruedas de los camiones hormigoneras a menos de 2 m. del borde de la excavación.

Se prohíbe cargar el cubo por encima de la carga máxima admisible de la grúa que lo sustenta.

Se procurará no golpear con el cubo los encofrados, ni las entibaciones.

La tubería de la bomba de hormigonado, se apoyará sobre caballetes, arriostándose las partes susceptibles de movimiento.

Para vibrar el hormigón desde posiciones sobre la cimentación que se hormigona, se establecerán plataformas de trabajo móviles formadas por un mínimo de tres tablones, que se dispondrán perpendicularmente al eje de la zanja o zapata.

Montaje de elementos metálicos.

Los elementos metálicos (báculos, postes, etc) se apilarán ordenadamente sobre durmientes de madera de soporte de cargas, estableciendo capas hasta una altura no superior al 1'50 m.

Las operaciones de soldadura en altura, se realizarán desde el interior de una guindola de soldador, provista de una barandilla perimetral de 1 m. de altura formada por pasamanos, barra intermedia y rodapié. El soldador, además, amarrará el mosquetón del cinturón a un cable de seguridad, o a argollas soldadas a tal efecto en la perfilería.

Se prohíbe la permanencia de operarios dentro del radio de acción de cargas suspendidas.

Se prohíbe la permanencia de operarios directamente bajo tajos de soldadura.

El ascenso o descenso, se realizará mediante una escalera de mano provista de zapatas antideslizantes y ganchos de cuelgue e inmovilidad dispuestos de tal forma que sobrepase la escalera 1 m. la altura de desembarco.

El riesgo de caída al vacío se cubrirá mediante la utilización de redes de horca (o de bandeja).

Montaje de prefabricados.

El riesgo de caída desde altura, se evitará realizando los trabajos de recepción e instalación del

prefabricado desde el interior de una plataforma de trabajo rodeada de barandillas de 90 cm., de altura, formadas por pasamanos, listón intermedio y rodapié de 15 cm., sobre andamios (metálicos, tubulares de borriquetas).

Se prohíbe trabajar o permanecer en lugares de tránsito de piezas suspendidas en prevención del riesgo de desplome.

Los prefabricados se acopiarán en posición horizontal sobre durmientes dispuestos por capas de tal forma que no dañen los elementos de enganche para su izado.

Se paralizará la labor de instalación de los prefabricados bajo régimen de vientos superiores a 60 Km/h.

Albañilería.

Los escombros y cascotes se evacuarán diariamente, para evitar el riesgo de pisadas sobre materiales.

Pintura y barnizados.

Se prohíbe almacenar pinturas susceptibles de emanar vapores inflamables con los recipientes mal o incompletamente cerrados, para evitar accidentes por generación de atmósferas tóxicas o explosivas.

Se prohíbe realizar trabajos de soldadura y oxicorte en lugares próximos a los tajos en los que se empleen pinturas inflamables, para evitar el riesgo de explosión o de incendio.

Se tenderán redes horizontales sujetas a puntos firmes de la estructura, para evitar el riesgo de caída desde alturas.

Se prohíbe la conexión de aparatos de carga accionados eléctricamente (puentes grúa por ejemplo) durante las operaciones de pintura de carriles, soportes, topes, barandillas, etc., en prevención de atrapamientos o caídas desde altura.

Instalación eléctrica provisional de obra.

El montaje de aparatos eléctricos será ejecutado por personal especialista, en prevención de los riesgos por montajes incorrectos.

El calibre o sección del cableado será siempre el adecuado para la carga eléctrica que ha de soportar.

Los hilos tendrán la funda protectora aislante sin defectos apreciables (rasgones, repelones y asimilables). No se admitirán tramos defectuosos.

La distribución general desde el cuadro general de obra a los cuadros secundarios, se efectuará mediante manguera eléctrica antihumedad.

El tendido de los cables y mangueras, se efectuará a una altura mínima de 2 m. en los lugares peatonales y de 5 m. en los de vehículos, medidos sobre el nivel del pavimento.

Los empalmes provisionales entre mangueras, se ejecutarán mediante conexiones normalizadas estancas antihumedad.

Las mangueras de "alargadera" por ser provisionales y de corta estancia pueden llevarse tendidas por el suelo, pero arrimadas a los paramentos verticales.

Los interruptores se instalarán en el interior de cajas normalizadas, provistas de puerta de entrada con cerradura de seguridad.

Los cuadros eléctricos metálicos tendrán la carcasa conectada a tierra.

Los cuadros eléctricos se colgarán pendientes de tableros de madera recibidos a los paramentos verticales o bien a "pies derechos" firmes.

Las maniobras a ejecutar en el cuadro eléctrico general se efectuarán subido a una banqueta de maniobra o alfombrilla aislante.

Los cuadros eléctricos poseerán tomas de corriente para conexiones normalizadas blindadas para intemperie.

La tensión siempre estará en la clavija "hembra", nunca en la "macho", para evitar los contactos eléctricos directos.

Los interruptores diferenciales se instalarán de acuerdo con las siguientes sensibilidades:

300 mA. Alimentación a la maquinaria.

30 mA. Alimentación a la maquinaria como mejora del nivel de seguridad.

30 mA. Para las instalaciones eléctricas de alumbrado.

Las partes metálicas de todo equipo eléctrico dispondrán de toma de tierra.

El neutro de la instalación estará puesto a tierra.

La toma de tierra se efectuará a través de la pica o placa de cada cuadro general.

El hilo de toma de tierra, siempre estará protegido con macarrón en colores amarillo y verde. Se prohíbe expresamente utilizarlo para otros usos.

La iluminación mediante portátiles cumplirá la siguiente norma:

- Portalámparas estanco de seguridad con mango aislante, rejilla protectora de la bombilla dotada de gancho de cuelgue a la pared, manguera antihumedad, clavija de conexión normalizada estanca de seguridad, alimentados a 24 V.
- La iluminación de los tajos se situará a una altura en torno a los 2 m., medidos desde la superficie de apoyo de los operarios en el puesto de trabajo.
- La iluminación de los tajos, siempre que sea posible, se efectuará cruzada con el fin de disminuir sombras.
- Las zonas de paso de la obra, estarán permanentemente iluminadas evitando rincones oscuros.

No se permitirá las conexiones a tierra a través de conducciones de agua.

No se permitirá el tránsito de carretillas y personas sobre mangueras eléctricas, pueden pelarse y producir accidentes.

No se permitirá el tránsito bajo líneas eléctricas de las compañías con elementos longitudinales transportados a hombro (pértigas, reglas, escaleras de mano y asimilables). La inclinación de la pieza puede llegar a producir el contacto eléctrico.

4.3. DISPOSICIONES ESPECIFICAS DE SEGURIDAD Y SALUD DURANTE LA EJECUCION DE LAS OBRAS.

Cuando en la ejecución de la obra intervenga más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o diversos trabajadores autónomos, el promotor designará un *coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra*, que será un técnico competente integrado en la dirección facultativa.

Cuando no sea necesaria la designación de coordinador, las funciones de éste serán asumidas por la dirección facultativa.

En aplicación del estudio básico de seguridad y salud, cada contratista elaborará un *plan de seguridad y salud en el trabajo* en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el estudio desarrollado en el proyecto, en función de su propio sistema de ejecución de la obra.

Antes del comienzo de los trabajos, el promotor deberá efectuar un *aviso* a la autoridad laboral competente.

5. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD RELATIVAS A LA UTILIZACION POR LOS TRABAJADORES DE EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL.

5.1. INTRODUCCION.

La ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

Así son las *normas de desarrollo reglamentario* las que deben fijar las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre ellas se encuentran las destinadas a garantizar *la utilización por los trabajadores en el trabajo de equipos de protección individual* que los protejan adecuadamente de aquellos riesgos para su salud o su seguridad que *no puedan evitarse o limitarse* suficientemente mediante la utilización de medios de protección colectiva o la adopción de medidas de organización en el trabajo.

5.2. OBLIGACIONES GENERALES DEL EMPRESARIO.

Hará obligatorio el uso de los equipos de protección individual que a continuación se desarrollan.

5.2.1. PROTECTORES DE LA CABEZA.

- Cascos de seguridad, no metálicos, clase N, aislados para baja tensión, con el fin de proteger a los trabajadores de los posibles choques, impactos y contactos eléctricos.
- Protectores auditivos acoplables a los cascos de protección.
- Gafas de montura universal contra impactos y antipolvo.
- Mascarilla antipolvo con filtros protectores.
- Pantalla de protección para soldadura autógena y eléctrica.

5.2.2. PROTECTORES DE MANOS Y BRAZOS.

- Guantes contra las agresiones mecánicas (perforaciones, cortes, vibraciones).
- Guantes de goma finos, para operarios que trabajen con hormigón.
- Guantes dieléctricos para B.T.
- Guantes de soldador.
- Muñequeras.
- Mango aislante de protección en las herramientas.

5.2.3. PROTECTORES DE PIES Y PIERNAS.

- Calzado provisto de suela y puntera de seguridad contra las agresiones mecánicas.
- Botas dieléctricas para B.T.
- Botas de protección impermeables.
- Polainas de soldador.
- Rodilleras.

5.2.4. PROTECTORES DEL CUERPO.

- Crema de protección y pomadas.
- Chalecos, chaquetas y mandiles de cuero para protección de las agresiones mecánicas.

- Traje impermeable de trabajo.
- Cinturón de seguridad, de sujeción y caída, clase A.
- Fajas y cinturones antivibraciones.
- Pértiga de B.T.
- Banqueta aislante clase I para maniobra de B.T.
- Linterna individual de situación.
- Comprobador de tensión.

PLIEGO DE CONDICIONES

Condiciones Generales

1. AMBITO DE APLICACION.
2. DEFINICIONES DE LAS INSTALACIONES Y DE SUS COMPONENTES.
3. PRESIONES.
4. COEFICIENTE DE SEGURIDAD A ROTURA POR PRESION HIDRAULICA INTERIOR.
5. FACTOR DE CARGA.
6. CALCULO MECANICO.
7. DIAMETRO NOMINAL.
8. CONDICIONES GENERALES SOBRE TUBOS Y PIEZAS.
9. MARCADO.
10. PRUEBAS EN FABRICA Y CONTROL DE FABRICACION.
11. ENTREGA Y TRANSPORTE. PRUEBAS DE RECEPCION EN OBRA DE LOS TUBOS Y ELEMENTOS.
12. ACEPTACION O RECHAZO DE LOS TUBOS.
13. PRUEBAS EN ZANJA.
14. GASTOS DE ENSAYOS Y PRUEBAS.

Condiciones y características técnicas de los tubos y accesorios para abastecimiento.

1. GENERALIDADES.
2. TUBOS Y ACCESORIOS DE FUNDICION.
3. TUBOS Y ACCESORIOS DE ACERO.
4. TUBOS DE HORMIGON.
5. TUBOS DE AMIANTO-CEMENTO.

6. TUBOS DE PLASTICO.

7. PRUEBAS OBLIGATORIAS PARA TODOS LOS TUBOS.

8. MATERIALES PARA PIEZAS, JUNTAS Y REVESTIMIENTO DE TUBOS.

Protección de tuberías

1. GENERALIDADES.

2. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CORROSION.

3. CLASIFICACION GENERAL DE LOS SISTEMAS DE PROTECCION.

Instalación de tuberías

1. TRANSPORTE Y MANIPULACION.

2. ZANJAS PARA ALOJAMIENTO DE TUBERIAS.

3. MONTAJE DE TUBOS Y RELLENO DE ZANJAS.

4. JUNTAS.

5. SUJECION Y APOYO EN CODOS, DERIVACIONES Y OTRAS PIEZAS.

6. OBRAS DE FABRICA.

7. LAVADO DE TUBERIAS.

Pruebas de la tubería instalada

1. PRUEBA DE PRESION INTERIOR.

2. PRUEBA DE ESTANQUIDAD.

PLIEGO DE CONDICIONES

Condiciones Generales.

1. AMBITO DE APLICACION.

Este Pliego de Condiciones Técnicas será de aplicación en la prestación a contratar, realización del suministro, explotación del servicio o ejecución de las obras y colocación de tubos, uniones, juntas, llaves y demás piezas especiales necesarias para formar las conducciones de abastecimiento y distribución de aguas potables a presión.

2. DEFINICIONES DE LAS INSTALACIONES Y DE SUS COMPONENTES.

Se entenderá por "tubería" la sucesión de elementos convenientemente unidos, con la intercalación de todas aquellas unidades que permitan una económica y fácil explotación del sistema, formando un conducto cerrado convenientemente aislado del exterior que conserva las cualidades esenciales del agua para el suministro público, impidiendo su pérdida y contaminación.

Se llama "red de distribución" al conjunto de tuberías instaladas en el interior de una población interconectadas entre sí, y de las cuales se derivan las tomas para los usuarios.

Se denomina "conducción" la tubería que lleva el agua desde la captación hasta el depósito regulador u origen de la red de distribución.

Se llama "arteria" a la tubería del interior de una población que enlaza un sector de su red con el conjunto, con cierta independencia, y sin realizarse tomas directas para usuarios sobre ella.

Se da el nombre de "tubo" al elemento recto, de sección circular y hueco, que constituye la mayor parte de la tubería. Los elementos que permitan cambio de dirección, empalmes, derivaciones, reducciones, uniones con otros elementos, etc., se llamarán piezas especiales.

Las uniones de todos los elementos anteriores se efectuarán mediante "juntas", que pueden ser de diversos tipos.

Los elementos que permitan cortar el paso del agua, evitar su retroceso o reducir la presión, se llamarán llaves o válvulas.

Los elementos que permitan la salida o entrada del aire en las conducciones o tuberías se denominarán "ventosas". Se llamarán desagües las unidades que permitan vaciar las tuberías por sus puntos bajos.

Los elementos que permitan disponer del agua para usos públicos se denominarán "bocas de riego, hidrantes o fuentes".

3. PRESIONES.

Para los tubos fabricados en serie se denomina "presión normalizada" (Pn) aquella con arreglo a la cual se clasifican y timbran los tubos.

Con excepción de los de acero, los tubos que el comercio ofrece en venta habrán sufrido en

fábrica la prueba a dicha presión normalizada, sin acusar falta de estanquidad. Esta presión se expresará en kilogramos por centímetro cuadrado.

Se llama presión de rotura (P_r) para tubos de material homogéneo la presión hidráulica interior que produce una tracción circunferencial en el tubo igual a la tensión nominal de rotura a tracción (S_r) del material de que está fabricado:

$$P_r = (2 \cdot e/D) \cdot S_r$$

Siendo D el diámetro interior del tubo y e el espesor de la pared del mismo.

Se entiende por presión de fisuración (P_f) para los tubos de hormigón armado o pretensado, ambos con o sin camisa de chapa, aquella que haga aparecer la primera fisura de por lo menos, dos décimas de milímetro (0,2 mm) de anchura y treinta centímetros (30 cm) de longitud, en una prueba de carga a presión interior.

La presión máxima de trabajo (P_t) de una tubería es la suma de la máxima presión de servicio más las sobrepresiones, incluido el golpe de ariete.

4. COEFICIENTE DE SEGURIDAD A ROTURA POR PRESION HIDRAULICA INTERIOR.

Para tubos de material homogéneo, excepto plásticos, deberá verificarse siempre:

$$P_r \geq 2 P_n$$

$$P_n \geq 2 P_t$$

Por lo tanto, el coeficiente de seguridad a rotura será:

$$P_r/P_t \geq 4$$

Para tubos de hormigón armado o pretensado, ambos con o sin camisa de chapa, deberá verificarse siempre $P_f \geq 2,8 P_t$.

5. FACTOR DE CARGA.

Se define como factor de carga a la relación (cociente) entre la carga vertical total sobre el tubo en las condiciones de trabajo y la carga correspondiente a la prueba de flexión transversal. En su fijación influyen las condiciones de apoyo de la tubería (camas), la forma de la zanja, la clase de terreno natural y la calidad y compactación del material de relleno de la zanja.

6. CALCULO MECANICO.

Para el cálculo de las reacciones de apoyo se admite que éstas son uniformes y verticales, con un arco de apoyo igual a ciento veinte grados sexagesimales (120°) en el caso de cama de hormigón, y de ochenta grados sexagesimales (80°) para los casos de apoyo sobre gravilla. Para el cálculo de los tubos se supondrá un factor de carga de uno con cinco (1,5) en el caso de apoyo de gravilla, y factor de carga dos (2) en el caso de cama de hormigón.

Asimismo se calculará el apoyo y anclaje de los codos, cambios de dirección, reducciones, piezas de derivación y, en general, todos aquellos elementos que estén sometidos a acciones que puedan originar movimientos perjudiciales.

7. DIAMETRO NOMINAL.

El diámetro nominal (DN) es un número convencional de designación, que sirve para clasificar por dimensiones los tubos, piezas y, demás elementos de las conducciones, y corresponde al diámetro interior teórico en milímetros, sin tener en cuenta las tolerancias. Para los tubos de plástico, el diámetro nominal corresponde al exterior teórico en milímetros, sin tener en cuenta las tolerancias.

8. CONDICIONES GENERALES SOBRE TUBOS Y PIEZAS.

La superficie interior de cualquier elemento será lisa, no pudiendo admitirse otros defectos de regularidad que los de carácter accidental o local que queden dentro de las tolerancias prescritas y que no representen merma de la calidad ni de la capacidad de desagüe.

La administración se reserva el derecho de verificar previamente, por medio de sus representantes, los modelos, moldes y encofrados que vayan a utilizarse para la fabricación de cualquier elemento.

Los tubos y demás elementos de la conducción estarán bien acabados, con espesores uniformes y cuidadosamente trabajados, de manera que las paredes exteriores y especialmente las interiores queden regulares y lisas, con aristas vivas.

Las superficies de rodadura, de fricción o contacto, las guías, anillos, ejes, piñones, engranajes, etc., de los mecanismos estarán convenientemente trazados, fabricados e instalados, de forma que aseguren de modo perfecto la posición y estanquidad de los órganos móviles o fijos, y que posean al mismo tiempo un funcionamiento suave, preciso, sensible y sin fallo de los aparatos.

Todas las piezas constitutivas de mecanismos (llaves, válvulas, juntas mecánicas, etc) deberán, para un mismo diámetro nominal y presión normalizada, ser rigurosamente intercambiables. A tal efecto, el montaje de las mismas deberá realizarse en fábrica, empleándose plantillas de precisión y medios adecuados.

Todos los elementos de la conducción deberán resistir sin daños a todos los esfuerzos que estén llamados a soportar en servicio y durante las pruebas y ser absolutamente estancos, no produciendo alteración alguna en las características físicas, químicas bacteriológicas y organolépticas de las aguas, aun teniendo en cuenta el tiempo y los tratamientos físico-químicos a que éstas hayan podido ser sometidas.

Todos los elementos deberán permitir el correcto acoplamiento del sistema de juntas empleado para que éstas sean estancas; a cuyo fin, los extremos de cualquier elemento estarán perfectamente acabados para que las juntas sean impermeables, sin defectos que repercutan en el ajuste y montaje de las mismas, evitando tener que forzarlas.

Las válvulas de compuerta llevarán en el volante u otra parte claramente visible, para el que las ha de accionar, una señal indeleble indicando los sentidos de apertura y cierre.

Las válvulas de diámetro nominal igual o superior a quinientos (500) milímetros irán provistas además de indicador de recorrido de apertura.

9. MARCADO.

Todos los elementos de la tubería llevarán, como mínimo, las marcas distintivas siguientes, realizadas por cualquier procedimiento que asegure su duración permanente:

1º. Marca de fábrica.

2º. Diámetro nominal.

3º. Presión normalizada en Kg/cm², excepto en tubos de hormigón armado y pretensado y plástico, que llevarán la presión de trabajo.

4º. Marca de identificación de orden, edad o serie, que permita encontrar la fecha de fabricación y modalidades de las pruebas de recepción y entrega.

10. PRUEBAS EN FABRICA Y CONTROL DE FABRICACION.

Los tubos, piezas especiales y demás elementos de la tubería podrán ser controlados por la Administración durante el período de su fabricación, para lo cual aquella nombrará un representante, que podrá asistir durante este período a las pruebas preceptivas a que deben ser sometidos dichos elementos de acuerdo con sus características normalizadas, comprobándose además dimensiones y pesos.

Independientemente de dichas pruebas, la Administración se reserva el derecho de realizar en

fábrica, por intermedio de sus representantes, cuantas verificaciones de fabricación y ensayos de materiales estime precisas para el control perfecto de las diversas etapas de fabricación, según las prescripciones de este Pliego.

El fabricante avisará al Director de Obra, con quince días de antelación como mínimo, del comienzo de la fabricación, en su caso, y de la fecha en que se propone efectuar las pruebas.

Del resultado de los ensayos se levantará acta, firmada por el representante de la Administración, el fabricante y el contratista.

El Director de obra, en caso de no asistir por sí o por delegación a las pruebas obligatorias en fábrica, podrá exigir al contratista certificado de garantía de que se efectuaron, en forma satisfactoria, dichos ensayos.

11. ENTREGA Y TRANSPORTE. PRUEBAS DE RECEPCION EN OBRA DE LOS TUBOS Y ELEMENTOS.

Después de efectuarse las pruebas en fábrica y control de fabricación el contratista deberá transportar, descargar y depositar las piezas o tubos objeto de su compra, sea en sus almacenes o a pie de obra, en los lugares precisados, en su caso, en el pliego particular de prescripciones.

Cada entrega irá acompañada de una hoja de ruta, especificando naturaleza, número, tipo y referencia de las piezas que la componen, y deberá hacerse con el ritmo y plazos señalados en el pliego particular. A falta de indicación precisa en éste, el destino de cada lote o suministro se solicitará del Director de la obra con tiempo suficiente.

Las piezas que hayan sufrido averías durante el transporte o que presentaren defectos no apreciados en la recepción en fábrica serán rechazadas.

El Director de obra, si lo estima necesario, podrá ordenar en cualquier momento la repetición de pruebas sobre las piezas ya ensayadas en fábrica.

El Contratista, avisado previamente por escrito, facilitará los medios necesarios para realizar estas pruebas, de las que levantará acta, y los resultados obtenidos en ellas prevalecerán sobre los de las primeras.

Si los resultados de estas últimas fueran favorables, los gastos serán a cargo de la Administración, y en caso contrario corresponderán al contratista, que deberá además reemplazar los tubos, piezas, etc., previamente marcados como defectuosos; procediendo a su retirada y sustitución en los plazos señalados por el Director de obra. De no realizarlo en contratista, lo hará la Administración, a costa de aquél.

12. ACEPTACION O RECHAZO DE LOS TUBOS.

Clasificado el material por lotes, las pruebas se efectuarán según se indica en el mismo apartado, sobre muestras tomadas de cada lote, de forma que los resultados que se obtengan se asignarán al total del lote.

Los tubos que no satisfagan las condiciones generales fijadas en este Pliego serán rechazados.

Cuando un tubo, elemento de tubo o junta no satisfaga una prueba se repetirá esta misma sobre dos muestras más del lote ensayado, aceptándose si el resultado de ambas es bueno.

La aceptación de un lote no excluye la obligación del contratista de efectuar los ensayos de tubería instalada y reponer, a su costa, los tubos o piezas que puedan sufrir deterioro o rotura durante el montaje o las pruebas en zanja.

13. PRUEBAS EN ZANJA.

Una vez instalada la tubería, antes de su reposición, se procederá a las pruebas preceptivas de

presión interior y estanquidad, así como a las que se establezcan en el correspondiente pliego particular de la obra.

14. GASTOS DE ENSAYOS Y PRUEBAS.

Son a cargo del contratista o, en su caso, del fabricante los ensayos y pruebas obligatorios y los que con este carácter se indiquen en el pliego particular del proyecto, tanto en fábrica como al recibir el material en obra y con la tubería instalada.

Será asimismo de cuenta del contratista aquellos otros ensayos y pruebas en fábrica o en obra que exija el Director de obra, si los resultados de los citados ensayos ocasionasen el rechazo del material.

Los ensayos y pruebas que haya de efectuar en los laboratorios oficiales, designados por la Administración como consecuencia de interpretaciones dudosas de los resultados de los ensayos realizados en fábrica o en la recepción del material en obra serán abonados por el contratista o por la Administración, con cargo a la misma, si, como consecuencia de ellos, se rechazasen o se admitiesen, respectivamente, los elementos ensayados.

El contratista está obligado a tomar las medidas oportunas para que el Director de obra disponga de los medios necesarios para realizar las pruebas en zanja prescritas sin que ello suponga a la Administración gasto adicional alguno.

Condiciones y características técnicas de los tubos y accesorios para abastecimiento

1. GENERALIDADES.

Todos los elementos que entren en la composición de los suministros y obras procederán de talleres o fábricas aceptados por la administración.

Los materiales normalmente empleados en la fabricación de tubos y otros elementos para tuberías serán los siguientes: fundición, acero, amianto-cemento, hormigón, plomo, bronce, caucho y plástico.

La Administración fijará las condiciones para la recepción de los elementos de la conducción fabricados con dichos materiales, y las decisiones que tome deberán ser aceptadas por el contratista.

Los materiales a emplear en la fabricación de los tubos deberán responder a los requisitos que en este Pliego se indican.

Además de los controles que se efectúen en los laboratorios oficiales, que serán preceptivos en caso de duda o discrepancia, deberán efectuarse análisis sistemáticos durante el proceso de fabricación; con tal fin, el fabricante estará obligado a tener próximo a sus talleres un laboratorio idóneo para la determinación de las características exigidas a cada material reflejadas en el Pliego.

2. TUBOS Y ACCESORIOS DE FUNDICION.

2.1. CALIDAD DE LA FUNDICION.

La fundición empleada para la fabricación de tubos, uniones, juntas, piezas y cualquier otro accesorio deberán ser de fundición gris, con grafito laminar (conocida como fundición gris normal) o con grafito esferoidal (conocida también como modular o dúctil).

La fundición presentará en su fractura grano fino, regular, homogéneo y compacto. Deberá ser dulce, tenaz y dura; pudiendo, sin embargo, trabajarse a la lima y al buril, y susceptible de ser cortada y taladrada fácilmente. En su moldeo no presentará poros, sopladuras, bolsas de aire o huecos, gotas frías, grietas, manchas, pelos ni otros defectos debidos a impurezas que perjudiquen a la resistencia o a la continuidad del material y al buen aspecto de la superficie del producto obtenido. Las paredes interiores y exteriores de las piezas deben estar cuidadosamente acabadas, limpiadas y desbarbadas.

2.2. ENSAYOS MECANICOS DE LA FUNDICION.

2.2.1. Ensayo para determinar la tensión de rotura a flexión en la fundición.

Este ensayo, en los tubos de fundición centrifugada en coquilla metálica, se hará sobre anillos que se cortarán del extremo macho del tubo, de unos veinticinco milímetros de anchura. El anillo será colocado en una máquina apropiada que permita proporcionar un esfuerzo de tracción por el interior por medio de dos cuchillos orientados en dos generatrices diametralmente opuestas. Los filos de estos cuchillos, apoyados en dos generatrices, están formados por la intersección de dos caras que deben formar un ángulo de ciento cuarenta grados (140°) acordadas con un radio de cinco milímetros (5 mm).

La tensión de rotura a flexión del anillo se deducirá de la carga total de rotura por la fórmula siguiente:

$$S_r = 3 \cdot P \cdot (D+e) / p \cdot b \cdot e^2$$

en la cual:

S_r = tensión de rotura a la flexión del anillo en kg/mm².

P = carga de rotura en kilogramos.

D = diámetro interior del anillo en milímetros.

e = espesor del anillo en mm.
b = anchura del anillo en mm.

El ensayo para determinar la tensión de rotura a flexión en la fundición vertical en molde de arena, se efectuará sobre una barra cilíndrica de sección perfectamente circular de veinticinco (25) mm de diámetro con una longitud total de seiscientos (600) mm, se colocará sobre unos soportes separados quinientos (500) mm, y será sometida a flexión, aplicada gradualmente en su centro, a la que corresponde una tensión de veintiseis (26) kilogramos por milímetro cuadrado. La flecha en el centro de la barra en el momento de la rotura, no debe ser menor de cinco (5) mm.

2.2.2. Ensayos para determinar la tensión de rotura a tracción en las tuberías de fundición.

Las probetas para ensayos de tracción en la fundición centrifugada se obtendrán de los mismos tubos, si el espesor lo permite. Tendrán una longitud aproximada de noventa (90) mm. Su parte central, en una longitud de treinta (30) mm, tendrá seis (6) mm de diámetro y se acordará con una superficie de amplio radio a los dos extremos de la pieza, cuyos últimos veinte (20) mm serán cilíndricos de dieciseis (16) mm de diámetro, de tal forma que se presten a la sujeción a la máquina de ensayo.

Para la fundición vertical se prepararán las probetas sin defectos, convenientemente moldeadas, si son en bruto, o si no correctamente mecanizadas. Serán de sección circular de veinte a veinticinco (20 a 25) mm de diámetro en su parte central, y una longitud de cincuenta (50) mm y dispondrán en cada extremo de un orificio que permita su sujeción a la máquina de ensayo. Se someterán las piezas a un esfuerzo de tracción gradualmente creciente hasta llegar a la rotura de los mismos.

2.2.3. Ensayos para determinar la resiliencia en tuberías de fundición.

Se harán sobre una probeta de sección cuadrada de seis a diez (6 a 10) mm de lado y cincuenta y cinco (55) mm de longitud mecanizada en sus cuatro caras. Las probetas de esta forma y dimensiones se ensayarán de acuerdo con la norma UNE 7056 interponiendo entre los extremos de cada probeta y los apoyos de la máquina unas piezas prismáticas metálicas cuya altura sumada a la semialtura de la probeta sea igual a cinco (5) mm.

2.2.4. Ensayo para determinar la resistencia al impacto en tuberías de fundición vertical en molde de arena.

Se efectuará sobre una barra de doscientos (200) mm de longitud y sección cuadrada de cuarenta (40) mm de lado con las caras perfectamente planas y paralelas, obtenida de la misma colada de fundición de los tubos objeto del ensayo. Se colocará horizontalmente sobre dos apoyos a una distancia entre ejes de ciento sesenta (160) mm debiendo resistir sin romperse el impacto producido por un peso de doce (12) kg cayendo libremente de una altura de cuatrocientos (400) mm en el centro de la barra.

2.2.5. Ensayo para determinar la dureza de las tuberías de fundición.

Se realizará sobre las probetas o anillos utilizados en los ensayos precedentes mediante la aplicación de una carga de tres mil (3.000) kg sobre una bola de diez (10) mm de diámetro durante quince (15) segundos (UNE nº 7017).

2.3. FABRICACION.

Los tubos, uniones, válvulas y, en general, cualquier pieza de fundición para tuberías se fabricarán teniendo en cuenta las siguientes prescripciones:

- Serán desmoldeados con todas las precauciones necesarias para evitar su deformación, así como los efectos de retracción perjudiciales para su buena calidad.
- Los tubos rectos podrán fundirse verticalmente en moldes de arena o por centrifugación en coquilla metálica o moldes de arena.
- Las piezas especiales y otros elementos se podrán fundir horizontalmente si lo permite su forma.
- Los tubos, uniones y piezas deberán ser sanos y exentos de defectos de superficie y de cualquier otro

que pueda tener influencia en su resistencia y comportamiento.

- Las superficies interiores y exteriores estarán limpias, bien terminadas y perfectamente lisas.

2.4. RECEPCION EN FABRICA.

Cualquier tubo o pieza cuyos defectos se hayan ocultado por soldadura, mástique, plomo o cualquier otro procedimiento, serán rechazados.

Los tubos, uniones y piezas que presenten pequeñas imperfecciones inevitables a consecuencia del proceso de fabricación y que no perjudiquen al servicio para el que están destinados, no serán rechazados.

Se rechazarán todos los tubos y piezas cuyas dimensiones sobrepasen las tolerancias admitidas.

La garantía será válida para un período de un año desde la fecha de entrega.

2.5. PROTECCION.

Todos los tubos, uniones y piezas se protegerán con revestimientos tanto en el interior como en el exterior.

Antes de iniciar su protección, los tubos y piezas se deberán limpiar cuidadosamente quitando toda traza de óxido, arenas, escorias, etc.

El revestimiento deberá secar rápidamente sin escamarse ni exfoliarse, estará bien adherido y no se agrietará. No deberá contener ningún elemento soluble en el agua ni productos que puedan proporcionar sabor ni olor al agua que conduzcan, habida cuenta incluso de su posible tratamiento.

3. TUBOS Y ACCESORIOS DE ACERO.

3.1. CARACTERISTICAS GENERALES DEL ACERO.

El acero empleado en la fabricación de tubos y piezas especiales será dulce y perfectamente soldable. A requerimiento de la Administración el fabricante deberá presentar copia de los análisis de cada colada. Los ensayos de soldadura se efectuarán a la recepción del material y consistirán en el plegado sobre junta soldada.

Las características, sobre producto, para el acero en la fabricación de tubos serán las establecidas en el cuadro siguiente:

Tubos soldados a tope

- Tracción (kg/mm²) = 37 a 45
- Mínimo alargamiento de U en % = 26
- Fósforo (porcentaje máximo) = 0,060
- Azufre (porcentaje máximo) = 0,055

Tubos sin soldadura

- Tracción (kg/mm²) = 37 a 45
- Mínimo alargamiento de U en % = 26
- Fósforo (porcentaje máximo) = 0,060
- Azufre (porcentaje máximo) = 0,055

Tubos sin soldadura

- Tracción (kg/mm²) = 52 a 62
- Mínimo alargamiento de U en % = 22
- Carbono (porcentaje máximo) = 0,23

- Fósforo (porcentaje máximo) = 0,055
- Azufre (porcentaje máximo) = 0,055

3.2. ENSAYOS Y PRUEBAS.

3.2.1. Modo de efectuar los ensayos a tracción de la chapa de acero para tubos.

Las probetas de tracción para el acero se cortarán de las chapas antes de la obtención de los tubos o de estos mismos y tendrán formas circulares y rectangulares.

La probeta rectangular tendrá un ancho máximo de 30 mm y su espesor será el de la chapa. Sin embargo, si este espesor es mayor de 30 mm., se rebajará por lo menos a dicha dimensión, por mecanizado de una sola de sus caras. Cuando el espesor sea de 50 mm, o más, previo común acuerdo, podrá utilizarse probeta cilíndrica.

Las probetas se someterán a tracción por medio de una máquina, dispositivos y métodos adecuados.

Cuando la probeta de ensayo rompa fuera de la semilongitud central útil, debe repetirse la prueba con probetas procedentes de la misma chapa de la probada hasta obtener una rotura en la zona correspondiente a la semilongitud central útil.

3.2.2. Pruebas de soldadura.

El representante de la Administración puede escoger para los ensayos dos (2) tubos de cada lote de cien (100) tubos. Si alguna de las dos (2) muestras no alcanza los resultados que a continuación se establecen, podrán escogerse tantos nuevos tubos para ser probados como juzgue necesario el representante de la Administración para considerar satisfactorio el resto del lote. Si las pruebas de soldadura de los nuevos tubos escogidos no fueran satisfactorias, se podrá rechazar el lote, o si así quisiera el fabricante, probar cada uno de los tubos del lote, siendo rechazados los que no alcancen los resultados que se indican a continuación.

a) Tubos soldados a tope de diámetro hasta cuatrocientos (400) mm. Unos anillos de no menos de cien (100) mm de longitud, cortados de los extremos del tubo deben comprimirse entre dos placas paralelas con el punto medio de la soldadura situado en el diámetro perpendicular a la línea de la dirección del esfuerzo. Si se comprueban deficiencias en el material o en la penetración de la soldadura, puede rechazarse el tubo. Defectos superficiales motivados por imperfecciones en la superficie no serán causa de rechazo.

b) Tubos soldados a tope de diámetro igual o mayor de cuatrocientos (400) mm. Unas tiras de cuarenta (40) mm de anchura, obtenidas por desarrollo del tubo, con la soldadura aproximadamente en su mitad, deben resistir sin romperse un plegado de ciento ochenta (180) grados sexagesimales alrededor de un mandril cuyo radio sea dos (2) veces el espesor de la pieza probada, la cual debe doblarse con tracción en la base o raíz de la soldadura. Se dice que la soldadura cumple la condición que acaba de estipularse:

b1) si después del plegado no se aprecian grietas u otros defectos visibles mayor de tres (3) mm.

b2) aunque se produzcan grietas, si se observa que la penetración de la soldadura es completa y no existen poros ni inclusiones de escoria que tengan más de quince (15) décimas de mm en su mayor dimensión.

3.3. FABRICACION.

Los tubos, uniones y piezas deberán estar perfectamente terminados, limpios, sin grietas, pajas, etc., ni cualquier otro defecto de superficie. Los tubos serán rectos y cilíndricos dentro de las tolerancias admitidas. Sus bordes extremos estarán perfectamente limpios y a escuadra con el eje del tubo y la superficie interior perfectamente lisa.

3.4. PROTECCION.

Todos los tubos y piezas de acero serán protegidos interior y exteriormente contra la corrosión, por alguno de los procedimientos indicados en este pliego.

4. TUBOS DE HORMIGON.

4.1. CARACTERISTICAS DEL HORMIGON PARA TUBOS.

Teniendo en cuenta la clase de hormigón empleado, los tubos se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Tubos de hormigón en masa.
- Tubos de hormigón armado con camisa de chapa.
- Tubos de hormigón armado sin camisa de chapa.
- Tubos de hormigón pretensado con camisa de chapa.
- Tubos de hormigón pretensado sin camisa de chapa.

Los hormigones y sus componentes elementales, además de las condiciones de este pliego cumplirán las de la Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado.

Tanto para los tubos centrifugados como para los vibrados, la resistencia características a la compresión del hormigón debe ser superior a la de cálculo. Esta en ningún caso debe ser inferior a los doscientos setenta y cinco (275) kilogramos por centímetro cuadrado a los veintiocho (28) días, en probeta cilíndrica.

Los hormigones que se empleen en los tubos se ensayarán con una serie de seis probetas como mínimo diariamente.

4.1.1. Cemento.

El cemento será en general del tipo portland y cumplirá las condiciones exigidas por el pliego general para la recepción de conglomerantes hidráulicos en obras de carácter oficial.

La utilización de cementos puzolánicos está permitida e incluso recomendada en tuberías situadas en ambientes agresivos.

El cemento será acopiado en silos o almacenes adecuados, separado por partidas y conservado en un ambiente exento de humedad.

El cemento no llegará a la obra excesivamente caliente. Si su manipulación se va a realizar por medios mecánicos, su temperatura no excederá de setenta grados centígrados (70 °C) y si se va a realizar a mano, no excederá de cuarenta grados centígrados (40 °C) de la temperatura ambiente más cinco grados centígrados (5 °C).

4.1.2. Áridos.

Los áridos cumplirán las condiciones fijadas en la Instrucción vigente para la ejecución y proyecto de las obras de hormigón, además de las particularidades que se fijen en este pliego o en el particular de la obra.

Al menos el ochenta y cinco por ciento (85 %) del árido total será de dimensión menor de cuatro décimas (0,4) del espesor de la correspondiente capa de hormigón del tubo, y de los cinco sextos (5/6) de la mínima distancia libre entre armaduras.

4.1.3. Agua.

El agua cumplirá las condiciones exigidas en la vigente Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón.

4.1.4. Dosificación.

El fabricante estudiará la composición del hormigón con el fin conseguir la mayor impermeabilidad posible y las resistencias y demás condicionantes exigidas.

4.1.5. Acero para armaduras.

El acero para la fabricación de armaduras será de sección uniforme, de superficies lisas o corrugadas y cumplirá las condiciones exigidas para este material, en la Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón.

En el caso de tuberías pretensadas, además de cumplir los requisitos exigidos a los aceros de pretensado de uso general, reunirán las condiciones que se citan a continuación:

1º Tensión de rotura. La carga máxima no será inferior a 150 kg/mm².

2º Límite elástico convencional (0,2 por 100). $0,82 \leq R_{e0,2} \leq 0,9 R_m$

3º Alargamiento en rotura. Medido según la norma UNE 7265 sobre una base de diez diámetros, no será inferior al 7 por 100.

4º Doblado alternativo. Utilizando en cada caso el mandril que corresponda, el número de doblados resistidos no será inferior a 10.

5º Relajación. La relajación a 1.000 h con el 70 por 100 de la carga de rotura no será superior al 5 por 100.

6º Alambrón. El alambrón destinado a la obtención del alambre de pretensado será de acero convenientemente desoxidado, y prácticamente exento de nitrógeno, hidrógeno e inclusiones de cualquier tipo.

7º Estructura del alambre. El estado físico-químico de la microestructura será el correspondiente al trefilado en frío, a partir del patentado en baño de plomo, para que resulte una estructura sorbítica. Finalmente, el alambre será envejecido y estabilizado.

8º Estado de la superficie. La superficie o piel del alambre estará fosfatada uniformemente, y sin defectos, procedente del laminado en caliente o del trefilado en frío.

4.2. CHAPA DE ACERO.

La chapa de acero empleado en la fabricación de la camisa para cualquier clase de tubos, será de acero dulce, de espesor uniforme. No deberá tener carga de rotura inferior a treinta y siete (37) kilogramos por milímetro cuadrado. Deberá poder doblarse en frío, formando un ángulo de ciento ochenta grados sexagesimales (180°), sobre un espesor igual al de la chapa, según la norma UNE 7051.

4.3. PRUEBAS.

4.3.1. Prueba de flexión transversal.

El tubo elegido para la prueba se colocará apoyado sobre dos reglas de madera separadas un doceavo (1/12) del diámetro exterior y como mínimo veinticinco (25) milímetros. La carga de ensayo se aplicará uniformemente a lo largo de la generatriz opuesta al apoyo por medio de una regla de madera con un ancho de diez (10) centímetros, con el mismo sistema de compensación de irregularidades. Se llamará carga de rotura la carga máxima que señale el aparato de medida.

4.3.2. Prueba de flexión longitudinal.

La probeta elegida para los tubos se colocará sobre dos apoyos. Se cargará en el centro de la distancia entre apoyos, con una carga transmitida mediante un cojinete que debe tener la misma forma que los apoyos. Entre los apoyos, el cojinete y el tubo se interpondrán tiras de fieltro o planchas de fibra de madera blanda de uno a dos centímetros de espesor. La carga aplicada se aumentará progresivamente, de modo que la tensión calculada para el tubo vaya creciendo a razón de ocho a doce kilogramos por

centímetro cuadrado y segundo hasta el valor que provoque la rotura.

4.4. FABRICACION.

Los tubos deben fabricarse en instalaciones especialmente preparadas, con los procedimientos que se estimen más convenientes por el contratista. Sin embargo, deberá informarse a la Administración sobre utillaje y procedimientos que se van a emplear, así como sobre las eventuales modificaciones que se pretendan introducir en el curso de los trabajos.

Los tubos se fabricarán por centrifugación, por vertido en moldes verticales y vibración.

No se emplearán dosificaciones de cemento inferiores a trescientos cincuenta (350) kilogramos por metro cúbico. Se deberá tener en cuenta el efecto de la retracción para que no se produzcan fisuras por este motivo. El hormigón de los tubos debe someterse a cualquier método de curado que se apruebe por la Administración (agua, vapor, compuestos de curado, etc).

Las barras de acero para las armaduras podrán ser lisas o corrugadas. El redondo se colocará limpio, exento de óxido no adherente, pintura, grasa o cualquier otra sustancia perjudicial. El recubrimiento mínimo, tanto de la armadura principal como de la de reparto, será de dos (2) centímetros en hormigón armado y dos con cinco (2,5) para pretensado. La hélice del redondo deberá ser lo más continua posible. En los tubos no pretensados los empalmes deben ser soldados eléctricamente por el método de arco o resistencia a tope, y en cualquier caso la soldadura debe resistir tanto como las barras. Si se autoriza taxativamente el empalme por solapo, la longitud del mismo debe ser igual o mayor a cuarenta (40) veces el diámetro del redondo.

Las chapas de acero para las camisas se soldarán a tope, dando como mínimo una resistencia a la tracción igual a la de la chapa. Se recomienda que el número de soldaduras sea el menor posible.

5. TUBOS DE AMIANTO-CEMENTO.

El amianto-cemento es un material artificial obtenido por la mezcla íntima y homogénea de agua, cemento y fibras de amianto, sin adición alguna que pueda perjudicar su calidad. Las características de los materiales que lo componen son idénticas a las definidas para tubos de hormigón.

Los tubos deberán presentar interiormente una superficie regular y lisa, sin protuberancias ni desconchados. También cumplirá estas condiciones la superficie exterior del tubo en la zona de unión.

Las características mecánicas del amianto-cemento deberán ser como mínimo las siguientes:

Tensión de rotura

Por presión hidráulica interior = 200 kg/cm²

Por flexión transversal = 450 kg/cm²

Por flexión longitudinal = 250 kg/cm²

5.1. PRUEBAS.

5.1.2. Prueba de flexión transversal.

Se efectuará sobre un trozo de tubo de veinte (20) centímetros de longitud. El tubo habrá estado sumergido en agua durante cuarenta y ocho (48) horas. Se colocará el tubo probeta entre los platillos de la prensa, interponiendo entre éstos y las generatrices del apoyo del tubo una chapa de fieltro o plancha de fibra de madera blanda de uno a dos centímetros de espesor. La carga en la prensa se aumentará progresivamente de modo que la tensión calculada para el tubo vaya creciendo a razón de cuarenta a sesenta kilogramos por centímetro cuadrado y segundo, hasta llegar a la rotura de la probeta.

5.1.3. Prueba de flexión longitudinal.

Idéntica a la efectuada en tubos de hormigón.

6. TUBOS DE PLASTICO.

6.1. POLICLORURO DE VINILO P.V.C.

El material empleado se obtendrá del policloruro de vinilo técnicamente puro, es decir, aquel que no tenga plastificantes, ni una proporción superior al uno por ciento de ingredientes necesarios para su propia fabricación.

Las características físicas del material de PVC en tuberías serán las siguientes:

- Peso específico: 1,37 a 1,42 kg/dm³.
- Coeficiente de dilatación lineal: 60 a 80 millonésimas por °C.
- Temperatura de reblandecimiento: No menor de 80 °C.
- Módulo de elasticidad: Como mínimo 28.000 kg/cm²
- Valor mínimo de la Tensión máxima del material a tracción: 500 kg/cm²
- Absorción máxima de agua: 4 mg/cm²
- Opacidad: 0,2 por 100 como máximo de la luz incidente.

6.2. POLIETILENO.

El polietileno puro podrá ser fabricado a alta presión, llamado polietileno de baja densidad o fabricado a baja presión, llamado polietileno de alta densidad.

El polietileno puro fabricado a alta presión (baja densidad) que se utilice en tuberías tendrá las siguientes características:

- Peso específico: 0,93 g/ml.
- Coeficiente de dilatación lineal: 200 a 230 millonésimas por °C.
- Temperatura de reblandecimiento: No menor de 87 °C.
- Módulo de elasticidad: Como mínimo 1.200 kg/cm²
- Valor mínimo de la Tensión máxima del material a tracción: 100 kg/cm²

El polietileno puro fabricado a baja presión (alta densidad) que se utilice en tuberías tendrá las siguientes características:

- Peso específico: 0,94 g/ml.
- Coeficiente de dilatación lineal: 200 a 230 millonésimas por °C.
- Temperatura de reblandecimiento: No menor de 100 °C.
- Módulo de elasticidad: Como mínimo 9.000 kg/cm²
- Valor mínimo de la Tensión máxima del material a tracción: 190 kg/cm²

6.3. PRUEBAS.

6.3.1. Prueba de flexión transversal.

Igual a la practicada en tubos de amianto-cemento.

6.4. FABRICACION.

Los tubos de plástico se fabricarán en instalaciones especialmente preparadas con todos los dispositivos necesarios para obtener una producción sistematizada y con un laboratorio mínimo necesario para comprobar por muestreo al menos las condiciones de resistencia y absorción exigidas al material.

La tensión de rotura del material a tracción por presión interior será la correspondiente a cincuenta (50) años de vida útil de la obra para la temperatura de circulación del agua (20 °C).

7. PRUEBAS OBLIGATORIAS PARA TODOS LOS TUBOS.

7.1. EXAMEN VISUAL DEL ASPECTO GENERAL DE LOS TUBOS Y COMPROBACION DE DIMENSIONES, ESPESORES Y RECTITUD DE LOS MISMOS.

Cada tubo se presentará separadamente, se le hará rodar por dos carriles horizontales y paralelos,

con una separación entre ejes igual a los dos tercios ($2/3$) de la longitud nominal de los tubos. Se examinará por el interior y exterior del tubo y se tomarán las medidas de sus dimensiones, el espesor en diferentes puntos y la flecha para determinar la posible curvatura que pueda presentar.

Los tubos de fundición se golpearán moderadamente para asegurarse que no tienen coqueas ni sopladuras.

7.2. PRUEBAS DE ESTANQUIDAD.

Los tubos que se van a probar se colocan en una máquina hidráulica, asegurando la estanquidad en sus extremos mediante dispositivos adecuados.

Se dispondrá de un manómetro debidamente contrastado y de una llave de purga.

Al comenzar la prueba se mantendrá abierta la llave de purga, iniciándose la inyección de agua y comprobando que ha sido expulsada la totalidad del aire y que, por consiguiente, el tubo está lleno de agua. Una vez conseguida la expulsión del aire se cierra la llave de purga y se eleva regular y lentamente la presión hasta que el manómetro indique que se ha alcanzado la presión máxima de prueba.

La presión máxima de prueba de estanquidad será la normalizada para los tubos de fundición, acero y amianto-cemento; el doble de la presión de trabajo para los tubos de hormigón y cuatro veces la presión de trabajo para los tubos de plástico. Esta presión se mantiene en los tubos de amianto-cemento, plástico, acero y fundición treinta (30) segundos y en los de hormigón dos horas.

Durante el tiempo de la prueba no se producirá ninguna pérdida ni exudación visible en las superficies exteriores.

7.3. PRUEBA A PRESION HIDRAULICA INTERIOR.

El tubo objeto del ensayo será sometido a presión hidráulica interior, utilizando en los extremos y para su cierre dispositivos herméticos, evitando cualquier esfuerzo axial, así como flexión longitudinal.

Se someterá a una presión creciente de forma gradual con incremento no superior a 2 kg/cm^2 s hasta llegar a la rotura o a la fisuración según los casos.

8. MATERIALES PARA PIEZAS, JUNTAS Y REVESTIMIENTO DE TUBOS.

8.1. ACERO.

El acero para piezas, tales como pernos, collares, cinturas, etc., será bien batido, no quebradizo, dulce, maleable en frío, de una contextura fibrosa y homogénea, sin pelos, grietas, quemaduras ni cualquier otro defecto. Serán rechazadas las piezas que se hundan o agrieten bajo el punzón o que al ser curvadas se desgarren o corten.

8.2. PLOMO.

El plomo para juntas será de primera fusión y no podrá contener más de cinco décimas por ciento (0,5 %) de materias extrañas, será maleable y no presentará pelos ni grietas cuando se trabaje al martillo. No presentará indicios de hidróxido plumboso, que es soluble y altamente venenoso, y puede producirse al contacto con aguas que llevan oxígeno abundante en disolución.

8.3. BRONCE.

El bronce que vaya a emplearse deberá ser sano, homogéneo, sin sopladuras ni rugosidades. Su composición será de noventa y dos octavos ($92/8$), referida a la aleación de cobre y estaño.

8.4. CAUCHO NATURAL.

El caucho natural empleado en las juntas deberá ser vulcanizado, homogéneo, exento de caucho regenerado y tener un peso específico no superior a $1,1 \text{ kg/dm}^3$.

Deberá estar totalmente exento de cobre, antimonio, mercurio, manganeso, plomo y óxido metálicos, excepto el óxido de cinc.

Las piezas de caucho deberán tratarse con antioxidantes.

8.5. CAUCHO SINTETICO.

Se prohíbe el empleo de caucho regenerado, así como la presencia de cobre, antimonio, mercurio, manganeso, plomo y óxidos metálicos, excepto óxido de cinc.

Las características físicas y tecnológicas serán las mismas indicadas para el caucho natural.

8.6. CUERDAS.

Las cuerdas para los fondos de las juntas serán de cáñamo, trenzadas, secas y totalmente exentas de fenoles o de otras sustancias que puedan dar gusto al agua tratada con cloro o cloramina (cloro y amoniaco).

8.7. BETUNES Y MASTIQUES BITUMINOSOS.

El barniz bituminoso para revestimiento de tubos deberá estar constituido por una disolución conteniendo el 45 % de betún asfáltico polimerizado disuelto en disolvente idóneo, la reacción del barniz deberá ser neutra o débilmente alcalina.

El mástique bituminoso deberá estar constituido por una mezcla de betún asfáltico y materia mineral finamente pulverizada y químicamente inerte.

8.8. PINTURAS, ESMALTES Y EMULSIONES.

Para la imprimación se utilizará un compuesto de breas de alquitrán procesadas y aceites de alquitrán refinados, perfectamente mezclados y de forma que se obtenga una masa lo suficientemente fluida para poder ser aplicada en frío a brocha o por pulverización. La pintura de imprimación no contendrá benzol ni cualquier otro disolvente tóxico o altamente volátil, ni mostrará tendencia a producir sedimentos en los recipientes en que esté contenida.

El esmalte estará compuesto de una brea de alquitrán, procesada de forma especial, combinada con un "filler" mineral inerte. No contendrá asfaltos de base natural ni derivados del petróleo.

Protección de tuberías

1. GENERALIDADES.

La corrosión de las tuberías depende principalmente del medio ambiente en que están colocadas, del material de su fabricación y del régimen de funcionamiento a que se ven sometidas.

Las tuberías destinadas a abastecimiento de agua se proyectan ordinariamente enterradas, por lo que se trata este caso de manera particular.

Cualquier sistema de protección deberá reunir las siguientes condiciones:

- a) Buena adherencia a la superficie de la tubería a proteger.
- b) Resistencia física y química frente al medio corrosivo en que está situada.
- c) Impermeabilidad a dicho medio corrosivo.

2. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CORROSION.

Los factores que influyen en la corrosión de tuberías metálicas o de las armaduras de las tuberías

de hormigón pueden encuadrarse en los grupos siguientes:

- La porosidad del suelo, que determina la aireación y por tanto, la afluencia de oxígeno a la superficie de la pieza metálica.
- Los electrolitos existentes en el suelo, que determinan su conductividad.
- Factores eléctricos, como pueden ser la diferencia de potencial existente entre dos puntos de la superficie del metal, el contacto entre dos metales distintos y las corrientes parásitas.
- El pH de equilibrio del agua y del terreno.
- La acción bacteriana, que influye en la corrosión de tuberías enterradas junto con la aireación y la presencia de sales solubles.
- El aumento de la agresividad, producido por la superposición de dos o más de los factores anteriores.

3. CLASIFICACION GENERAL DE LOS SISTEMAS DE PROTECCION.

3.1. PROTECCION EXTERIOR.

3.1.1. Tuberías metálicas en la atmósfera.

- Medio ambiente poco o moderadamente agresivo: Protección a base de alquitrán y pintura (imprimación y acabado) o cinc metálico (inmersión o metalizado a pistola).
- Muy agresivo: Protección a base de alquitrán, mediante imprimación, capa intermedia y acabado.

3.1.2. Tuberías metálicas enterradas.

- Medio ambiente poco o medianamente agresivo: Protección a base de alquitrán (imprimación, capa intermedia y acabado), asfalto (imprimación y acabado) o cinc metálico (inmersión).
- Medio ambiente muy agresivo: Protección a base de asfalto (imprimación, capa intermedia y acabado) o cemento (mortero y malla de alambre).
- Medio ambiente muy agresivo (caso de erosión mecánica): Protección a base de alquitrán y cemento mediante imprimación, capa intermedia y acabado.

3.1.3. Tuberías sumergidas.

- En agua dulce: Protección a base de pintura fenólica, alquitrán, alquitrán epoxi, pintura de cinc, uretanos, resina vinílica o protección catódica (imprimación, capa intermedia y acabado)
- En agua dulce en caso de posible erosión: Protección a base de resina epoxi mediante imprimación y acabado.

3.1.4. Tuberías a base de cemento.

- Medio ambiente agresivo: Protección a base de emulsiones bituminosas, asfaltos y alquitranes, caucho, esteres epoxi, alquitrán epoxi o silicatos.
- Medio ambiente muy agresivo: Protección a base de neopreno mediante imprimación y acabado.
- Medio ambiente muy agresivo y larga duración: Protección a base de epoxi con varias capas.
- Medio ambiente agresivo con inmersión continua o intermitente en agua. Protección a base de resinas vinílicas con varias capas.

3.2. PROTECCION INTERIOR.

- En cualquier medio: Protección a base de alquitrán (imprimación, capa intermedia y acabado) o cinc metálico (inmersión o revestimiento).

3.3. PROTECCION CATODICA.

Las corrientes eléctricas en el terreno pueden producir fenómenos de electrólisis que llegan a originar destrucciones importantes. Se favorece la protección catódica de las tuberías consiguiendo la

continuidad eléctrica en el sentido longitudinal y también una buena conductividad, bien sea por soldadura de los elementos metálicos de los tubos o por cualquier otro medio apropiado.

Los elementos metálicos que no interese o no sea económico defender catódicamente se deben independizar de la corrientes eléctricas con juntas aislantes.

A título orientativo, a continuación se señalan diversos sistemas de protección catódica:

- Por ánodos de sacrificio.
- Por fuentes de corriente auxiliar (trasegado de corrientes, rectificador regulado, trasegado regulado).
- Por drenaje polarizado.
- Sistemas compuestos.

Instalación de tuberías

1. TRANSPORTE Y MANIPULACION.

En las operaciones de carga, transporte y descarga de los tubos se evitarán los choques, siempre perjudiciales; se depositarán sin brusquedades en el suelo, no dejándolos caer; se evitará rodarlos sobre piedras, y en general, se tomarán las precauciones necesarias para su manejo de tal manera que no sufran golpes de importancia.

Tanto en el transporte como en el apilado se tendrá presente el número de capa de ellos que puedan apilarse de forma que las cargas de aplastamiento no superen el cincuenta por ciento (50 %) de las de prueba.

En el caso de que la zanja no estuviera abierta todavía se colocará la tubería, siempre que sea posible, en el lado opuesto a aquel en que se piensen depositar los productos de la excavación, y de tal forma que quede protegida del tránsito de los explosivos, etc.

Los tubos de hormigón recién fabricados no deben almacenarse en el tajo por un período largo de tiempo en condiciones que puedan sufrir secados excesivos o fríos intensos. Si fuera necesario hacerlo se tomarán las precauciones oportunas para evitar efectos perjudiciales en los tubos.

Los tubos acopiados en el borde de las zanjas y dispuestos ya para el montaje deben ser examinados por un representante de la Administración, debiendo rechazarse aquellos que presenten algún defecto perjudicial.

2. ZANJAS PARA ALOJAMIENTO DE TUBERIAS.

La profundidad mínima de las zanjas se determinará de forma que las tuberías resulten protegidas de los efectos del tráfico y cargas exteriores, así como preservadas de las variaciones de temperatura del medio ambiente. Para ello, el Proyectista deberá tener en cuenta la situación de la tubería (según sea bajo calzada o lugar de tráfico más o menos intenso, o bajo aceras o lugar sin tráfico), el tipo de relleno, la pavimentación si existe, la forma y calidad del lecho de apoyo, la naturaleza de las tierras, etc. Como norma general bajo calzadas o en terreno de tráfico rodado posible, la profundidad mínima será tal que la generatriz superior de la tubería quede por lo menos a un metro de la superficie; en aceras o lugar sin tráfico rodado puede disminuirse este recubrimiento a sesenta (60) centímetros. Si el recubrimiento indicado como mínimo no pudiera respetarse por razones topográficas, por otras canalizaciones, etc., se tomarán las medidas de protección necesarias.

Las conducciones de agua potable se situarán en plano superior a las de saneamiento, con distancias vertical y horizontal entre una y otra no menor a un metro, medido entre planos tangentes, horizontales y verticales a cada tuberías más próximos entre sí. En obras de poca importancia y siempre que se justifique debidamente podrá reducirse dicho valor de un (1) metro hasta cincuenta (50) centímetros. Si estas distancias no pudieran mantenerse o fuera preciso cruces con otras canalizaciones, deberán adoptarse precauciones especiales.

La anchura de las zanjas debe ser la suficiente para que los operarios trabajen en buenas condiciones, dejando, según el tipo de tubería, un espacio suficiente para que el operario instalador pueda efectuar su trabajo con toda garantía. El ancho de la zanja depende del tamaño de la tubería, profundidad de la zanja, taludes de las paredes laterales, naturaleza del terreno y consiguiente necesidad o no de entibación, etc.; como norma general, la anchura mínima no debe ser inferior a sesenta (60) centímetros y se debe dejar un espacio de quince a treinta (15 a 30) centímetros a cada lado del tubo, según el tipo de juntas. Al proyectar la anchura de la zanja se tendrá en cuenta si su profundidad o la pendiente de su solera exigen el montaje de los tubos con medios auxiliares especiales (pórticos, carretones, etc). Se recomienda que no transcurran más de ocho días entre la excavación de la zanja y la colocación de la tubería.

En el caso de terrenos arcillosos o margosos de fácil meteorización, si fuese absolutamente imprescindible efectuar con más plazo la apertura de las zanjas, se deberá dejar sin excavar unos veinte (20) centímetros sobre la rasante de la solera para realizar su acabado en plazo inferior al citado.

Las zanjas pueden abrirse a mano o mecánicamente, pero en cualquier caso su trazado deberá ser correcto, perfectamente alineadas en planta y con la rasante uniforme, salvo que el tipo de junta a emplear precise que se abran nichos. Estos nichos del fondo y de las paredes no deben efectuarse hasta el momento de montar los tubos y a medida que se verifique esta operación, para asegurar su posición y conservación.

Se excavará hasta la línea de la rasante siempre que el terreno sea uniforme; si quedan al descubierto piedras, cimentaciones, rocas, etc, será necesario excavar por debajo de la rasante para efectuar un relleno posterior. Normalmente esta excavación complementaria tendrá de quince a treinta (15 a 30) centímetros de espesor. De ser preciso efectuar voladuras para las excavaciones, en especial en poblaciones, se adoptarán precauciones para la protección de personas o propiedades, siempre de acuerdo con la legislación vigente y las ordenanzas municipales, en su caso.

El material procedente de la excavación se apilará lo suficiente alejado del borde de las zanjas para evitar el desmoronamiento de éstas o que el desprendimiento del mismo pueda poner en peligro a los trabajadores. En el caso de que las excavaciones afecten a pavimentos, los materiales que puedan ser usados en la restauración de los mismos deberán ser separados del material general de la excavación.

El relleno de las excavaciones complementarias realizadas por debajo de la rasante se regularizará dejando una rasante uniforme. El relleno se efectuará preferentemente con arena suelta, grava o piedra machacada, siempre que el tamaño superior de ésta no exceda de dos (2) centímetros. Se evitará el empleo de tierras inadecuadas. Estos rellenos se apisonarán cuidadosamente por tongadas y se regularizará la superficie. En el caso de que el fondo de la zanja se rellene con arena o grava los nichos para las juntas se efectuarán en el relleno. Estos rellenos son distintos de las camas de soporte de los tubos

y su único fin es dejar una rasante uniforme.

Cuando por su naturaleza el terreno no asegure la suficiente estabilidad de los tubos o piezas especiales, se compactará o consolidará por los procedimientos que se ordenen y con tiempo suficiente. En el caso de que se descubra terreno excepcionalmente malo se decidirá la posibilidad de construir una cimentación especial (apoyos discontinuos en bloques, pilotajes, etc).

3. MONTAJE DE TUBOS Y RELLENO DE ZANJAS.

El montaje de la tubería deberá realizarlo personal experimentado, que a su vez, vigilará el posterior relleno de zanja, en especial la compactación directamente a los tubos.

Generalmente los tubos no se apoyarán directamente sobre la rasante de la zanja, sino sobre camas. Para el cálculo de las reacciones de apoyo se tendrá en cuenta el tipo de cama. Salvo cláusulas distintas en el pliego de prescripciones técnicas particulares, se tendrá en cuenta lo siguiente, según el diámetro del tubo, la calidad y naturaleza del terreno.

En tuberías de diámetro inferior a treinta (30) centímetros serán suficientes camas de grava, arena o gravilla o suelo mejorado con un espesor mínimo de quince (15) centímetros.

En tuberías con diámetro comprendido entre treinta (30) y sesenta (60) centímetros, el proyectista tendrá en cuenta las características del terreno, tipo de material, etc, y tomará las precauciones necesarias, llegando, en su caso, a las descritas en el párrafo siguiente.

En tuberías con diámetro superior a sesenta centímetros se tendrá en cuenta:

- a) Terrenos normales y de roca. En este tipo de terrenos se extenderá un lecho de gravilla o de piedra machacada, con un tamaño máximo de veinticinco (25) milímetros y mínimo de cinco (5) milímetros a todo lo ancho de la zanja con espesor de un sexto (1/6) del diámetro exterior del tubo y mínimo de veinte (20) centímetros; en este caso la gravilla actuará de dren, al que se le dará salida en los puntos convenientes.
- b) Terreno malo. Si el terreno es malo (fangos, rellenos, etc) se extenderá sobre toda la solera de la zanja una capa de hormigón pobre, de zahorra, de ciento cincuenta (150) kilogramos de cemento por metro cúbico y con un espesor de quince (15) centímetros.

Sobre esta capa se situarán los tubos, y hormigonado posteriormente con hormigón de doscientos (200) kilogramos de cemento por metro cúbico, de forma que el espesor entre la generatriz inferior del tubo y la solera de hormigón pobre tenga quince (15) centímetros de espesor. El hormigón se extenderá hasta que la capa de apoyo corresponda a un ángulo de veinte grados sexagesimales (20 °) en el centro del tubo.

- c) Terrenos excepcionalmente malos. Los terrenos excepcionalmente malos como los deslizantes, los que estén constituidos por arcillas expansivas con humedad variable, los que por estar en márgenes de ríos de previsible desaparición y otros análogos, se tratarán con disposiciones adecuadas en cada caso, siendo criterio general procurar evitarlos, aún con aumento del presupuesto.

Antes de bajar los tubos a la zanja se examinarán éstos y se apartarán los que presenten deterioros perjudiciales. Se bajarán al fondo de la zanja con precaución, empleando los elementos adecuados según su peso y longitud.

Una vez los tubos en el fondo de la zanja, se examinarán para cerciorarse de que su interior está libre de tierra, piedras, útiles de trabajo, etc, y se realizará su centrado y perfecta alineación, conseguido lo cual se procederá a calzarlos y acodalarlos con un poco de material de relleno para impedir su movimiento. Cada tubo deberá centrarse perfectamente con los adyacentes; en el caso de zanjas con pendientes superiores al diez por ciento (10 por 100) la tubería se colocará en sentido ascendente. En el caso de que, a juicio de la Administración, no sea posible colocarla en sentido ascendente se tomarán las precauciones debidas para evitar el deslizamiento de los tubos. Si se precisase reajustar algún tubo, deberá levantarse el relleno y prepararlo como para su primera colocación.

Cuando se interrumpa la colocación de tuberías se taponarán los extremos libres para impedir la

entrada de agua o cuerpos extraños, procediendo, no obstante esta precaución a examinar con todo cuidado el interior de la tubería al reanudar el trabajo por si pudiera haberse introducido algún cuerpo extraño en la misma.

Las tuberías y zanjas se mantendrán libres de agua, agotando con bomba o dejando desagües en la excavación. Para proceder al relleno de las zanjas se precisará autorización expresa de la Administración.

Generalmente no se colocarán más de cien (100) metros de tubería sin proceder al relleno, al menos parcial, para evitar la posible flotación de los tubos en caso de inundación de la zanja y también para protegerlos, en lo posible de los golpes.

Una vez colocada la tubería, el relleno de las zanjas se compactará por tongadas sucesivas. Las primeras tongadas hasta unos treinta (30) centímetros por encima de la generatriz superior del tubo se harán evitando colocar piedras o gravas con diámetros superiores a dos (2) centímetros y con un grado de compactación no menor del 95 por 100 del Proctor Normal. Las restantes podrán contener material más grueso, recomendándose, sin embargo, no emplear elementos de dimensiones superiores a los veinte (20) centímetros en el primer metro, y con un grado de compactación del 100 por 100 del Proctor Normal. Cuando los asientos previsibles de las tierras de relleno no tengan consecuencias de consideración, se podrá admitir el relleno total con una compactación al 95 por 100 del Proctor Normal. Se tendrá especial cuidado en el procedimiento empleado para terraplenar zanjas y consolidar rellenos, de forma que no produzcan movimientos en las tuberías. No se rellenarán las zanjas, normalmente, en tiempo de grandes heladas o con material helado.

4. JUNTAS.

En la elección del tipo de junta, el Proyectista deberá tener en cuenta las solicitudes externas e internas a que ha de estar sometida la tubería, rigidez de la cama de apoyo, presión hidráulica, etc, así como la agresividad del terreno y otros agentes que puedan alterar los materiales que constituyan la junta. En cualquier caso las juntas serán estancas a la presión de prueba, resistirán los esfuerzos mecánicos y no producirán alteraciones apreciables en el régimen hidráulico de la tubería. Cuando las juntas sean rígidas no se terminarán hasta que no haya un número suficiente de tubos colocados por delante para permitir su correcta situación en alineación y rasante.

Las juntas para las piezas especiales serán análogas a las del resto de la tubería, salvo el caso de piezas cuyos elementos contiguos deben ser visitables o desmontables, en cuyo caso se colocarán juntas de fácil desmontaje.

El Proyectista fijará las condiciones que deben cumplir los elementos que se hayan de suministrar a la obra para ejecutar las juntas. El contratista está obligado a presentar planos y detalles de la junta que se va a emplear de acuerdo con las condiciones del proyecto, así como las características de los materiales, elementos que la forman y descripción del montaje, al objeto de que la Administración, caso de aceptarla, previas las pruebas y ensayos que juzgue oportunos, pueda comprobar en todo momento la correspondencia entre el suministro y montaje de las juntas y la proposición aceptada.

Entre las juntas a que se refieren los párrafos anteriores se encuentran las denominadas de bridas, mecánicas y de manguito. En caso de no establecerse condiciones expresas sobre estas juntas, se tendrá en cuenta las siguientes:

a) Las juntas a base de bridas se ejecutarán interponiendo entre las dos coronas una arandela de plomo de tres (3) milímetros de espesor como mínimo, perfectamente centrada, que será fuertemente comprimida con los tornillos pasantes; las tuercas deberán apretarse alternativamente, con el fin de producir una presión uniforme sobre todas las partes de la brida; esta operación se hará también así en el caso en que por fugas de agua fuese necesario ajustar más las bridas. Se prohíben las arandelas de cartón, y la Administración podrá autorizar las juntas a base de goma especial con entramado de alambre o cualquier otro tipo.

b) Las juntas mecánicas están constituidas a base de elementos metálicos, independientes del tubo, goma o material semejante y tornillos con collarín de ajuste o sin él. En todos los casos es preciso que los extremos de los tubos sean perfectamente cilíndricos para conseguir un buen ajuste de los anillos de

goma. Se tendrá especial cuidado en colocar la junta por igual alrededor de la unión, evitando la torsión de los anillos de goma. Los extremos de los tubos no quedarán a tope, sino con un pequeño huelgo, para permitir ligeros movimientos relativos. En los elementos mecánicos se comprobará que no hay rotura ni defectos de fundición; se examinará el buen estado de los filetes de las roscas de los tornillos y de las tuercas y se comprobará también que los diámetros y longitudes de los tornillos son los que corresponden a la junta propuesta y al tamaño del tubo. Los tornillos y tuercas se apretarán alternativamente, con el fin de producir una presión uniforme sobre todas las partes del collarín y se apretarán inicialmente a mano y al final con llave adecuada, preferentemente con limitación del par de torsión. Como orientación, el par de torsión para tornillos de quince (15) milímetros de diámetro no sobrepasará los siete (7) metros kilogramos; para tornillos de veinticinco (25) milímetros de diámetro será de diez a catorce (10 a 14) metros kilogramos, y para tornillos con un diámetro de treinta y dos (32) milímetros el par de torsión estará comprendido entre los doce y diecisiete (12 y 17) metros kilogramo.

c) Cuando la unión de los tubos se efectúe por manguito del mismo material y anillo de goma, además de la precaución general en cuanto a la torsión de los anillos, habrá de cuidarse el centrado perfecto de la junta.

En las juntas que precisan en obra trabajos especiales para su ejecución (soldadura, hormigonado, retacado, etc) el Proyectista deberá además detallar el proceso de ejecución de estas operaciones. Entre estas juntas se encuentran las denominadas de enchufe y cordón y las juntas soldadas, para las cuales se tendrá en cuenta:

a) Las juntas de enchufe y cordón podrán efectuarse en caliente y en frío. En las juntas en caliente, el material de empaquetadura podrá ser cordón de amianto, papel tratado, cordón de cáñamo, etc. Las juntas de enchufe y cordón en frío se efectuarán retacando en frío capas sucesivas de cordones de plomo con alma de cáñamo generalmente. La chapa de acero destinada a formar el enchufe o cordón de la junta debe tener la suficiente rigidez para evitar las posibles deformaciones que puedan producirse durante las operaciones de transporte, colocación y de retacado. Se prohíbe el empleo de chapa de espesor inferior a cinco (5) milímetros.

b) Las uniones soldadas a tope deberán tener una perfecta coincidencia, regularidad de forma y limpieza de los extremos de los tubos. Deberá limitarse la máxima anchura de la soldadura y se elegirá el tipo de electrodo conveniente. Se someterán a ensayos mecánicos que aseguren una resistencia a tracción igual al menos a la resistencia nominal a la rotura de la chapa.

5. SUJECION Y APOYO EN CODOS, DERIVACIONES Y OTRAS PIEZAS.

Una vez montados los tubos y las piezas, se procederá a la sujeción y apoyo de los codos, cambios de dirección, reducciones, piezas de derivación y todos aquellos elementos que estén sometidos a acciones que puedan originar desviaciones perjudiciales.

Según la importancia de los empujes, estos apoyos o sujeciones serán de hormigón o metálicos, establecidos sobre terrenos de resistencia suficiente y con el desarrollo preciso para evitar que puedan ser movidos por los esfuerzos que soportan. Deberán ser accesibles para su reparación.

6. OBRAS DE FABRICA.

Las obras de fábrica necesarias para alojamiento de válvulas, ventosas y otros elementos se constituirán con las dimensiones adecuadas para fácil manipulación de aquellas. Se protegerán con tapas adecuadas de fácil manejo y de resistencia apropiada al lugar de su ubicación.

En caso de necesidad deberán tener el adecuado desagüe.

7. LAVADO DE TUBERIAS.

Antes de ser puestas en servicio las canalizaciones deberán ser sometidas a un lavado y a un tratamiento de depuración bacteriológica adecuado. A estos efectos, la red tendrá las llaves y desagües necesarios no sólo para la explotación, sino para facilitar estas operaciones.

Pruebas de la tubería instalada

1. PRUEBA DE PRESION INTERIOR.

Antes de empezar la prueba deben estar colocados en su posición definitiva todos los accesorios de la conducción. La zanja debe estar parcialmente rellena, dejando las juntas descubiertas.

Se colocará una bomba en el punto más bajo de la tubería que se vaya a ensayar y estará provista de dos manómetros, de los cuales uno de ellos será proporcionado por la Administración o previamente comprobado por la misma.

La presión interior de prueba en zanja de la tubería será tal que se alcance en el punto más bajo del tramo en prueba una con cuatro (1,4) veces la presión máxima de trabajo en el punto de más presión. La presión se hará subir lentamente de forma que el incremento de la misma no supere un (1) kilogramos por centímetro cuadrado y minuto.

Una vez obtenida la presión, se parará durante treinta minutos, y se considerará satisfactoria cuando durante este tiempo el manómetro no acusar un descenso superior a la raíz cuadrada de p quintos ($\sqrt{p/5}$), siendo "p" la presión de prueba en zanja en kilogramos por centímetro cuadrado. Cuando el descenso del manómetro sea superior, se corregirán los defectos observados repasando las juntas que pierdan agua, cambiando si es preciso algún tubo.

En el caso de tuberías de hormigón y amianto-cemento, previamente a la prueba de presión se tendrá la tubería llena de agua, al menos veinticuatro (24) horas.

En casos muy especiales en los que la escasez de agua u otras causas hagan difícil el llenado de la tubería durante el montaje, el contratista podrá proponer, razonadamente, la utilización de otro sistema especial que permita probar juntas con idéntica seguridad.

2. PRUEBA DE ESTANQUIDAD.

Después de haberse completado satisfactoriamente la prueba de presión interior, deberá realizarse la de estanquidad.

La presión de prueba de estanquidad será la máxima estática que exista en el tramo de la tubería

objeto de la prueba.

La duración de la prueba de estanquidad será de dos horas, y la pérdida en este tiempo será inferior al valor dado por la fórmula:

$$V = K \cdot L \cdot D$$

en la cual:

V: pérdida total en la prueba en litros.

L: longitud del tramo objeto de la prueba, en metros.

D: diámetro interior, en metros.

k: coeficiente dependiente del material (1 a 0,25).

De todas formas, cualesquiera que sean las pérdidas fijadas, si éstas son sobrepasadas, el contratista, a sus expensas, reparará todas las juntas y tubos defectuosos; asimismo viene obligado a reparar cualquier pérdida de agua apreciable, aún cuando el total sea inferior al admisible.

Instalaciones de alcantarillado

MEMORIA DESCRIPTIVA

1. ANTECEDENTES Y FINALIDAD DE LA INSTALACION.
2. OBJETO DEL PROYECTO.
3. REGLAMENTACION Y DISPOSICIONES OFICIALES Y PARTICULARES.
4. EMPLAZAMIENTO.
5. DETERMINACION DE LOS CAUDALES EVACUADOS.
6. SISTEMA DE EVACUACION DE LA RED DE SANEAMIENTO.
7. DESCRIPCION GENERAL DE LA INSTALACION.
8. TUBOS.
9. PRUEBAS DE LA TUBERIA INSTALADA.
10. PLANOS.
11. CONCLUSION.

SEGURIDAD, HIGIENE Y SALUD EN EL TRABAJO

1. PREVENCION DE RIESGOS LABORALES.
 - 1.1. INTRODUCCION.
 - 1.2. DERECHOS Y OBLIGACIONES.
 - 1.3. SERVICIOS DE PREVENCION.
 - 1.4. CONSULTA Y PARTICIPACION DE LOS TRABAJADORES.
2. DISPOSICIONES MINIMAS EN MATERIA DE SEÑALIZACION DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.
 - 2.1. INTRODUCCION.
 - 2.2. OBLIGACION GENERAL DEL EMPRESARIO.
3. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA UTILIZACION POR LOS TRABAJADORES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO.

3.1. INTRODUCCION.

3.2. OBLIGACION GENERAL DEL EMPRESARIO.

4. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCION.

4.1. INTRODUCCION.

4.2. ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD.

4.3. DISPOSICIONES ESPECIFICAS DE SEGURIDAD Y SALUD DURANTE LA EJECUCION DE LAS OBRAS.

5. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD RELATIVAS A LA UTILIZACION POR LOS TRABAJADORES DE EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL

5.1. INTRODUCCION.

5.2. OBLIGACIONES GENERALES DEL EMPRESARIO.

MEMORIA DESCRIPTIVA

1. ANTECEDENTES Y FINALIDAD DE LA INSTALACION.

Se redacta el presente proyecto de "RED DE SANEAMIENTO" a petición de , con C.I.F.: y domicilio social en , nº de , y a instancia de la Consejería de Trabajo e Industria, Delegación Provincial de y del Excmo. Ayuntamiento de .

La finalidad de la red en proyecto es la de garantizar la evacuación de las aguas pluviales y residuales de todas las parcelas y viales existentes en .

2. OBJETO DEL PROYECTO.

El objeto del presente proyecto es el de exponer ante los Organismos Competentes que la red de saneamiento que nos ocupa reúne las condiciones y garantías mínimas exigidas por la reglamentación vigente, con el fin de obtener la Autorización Administrativa y la de Ejecución de la instalación, así como servir de base a la hora de proceder a la ejecución de dicha red.

3. REGLAMENTACION Y DISPOSICIONES OFICIALES Y PARTICULARES.

El presente proyecto recoge las características de los materiales, los cálculos que justifican su empleo y la forma de ejecución de las obras a realizar, dando con ello cumplimiento a las siguientes disposiciones:

- Orden de 15 de septiembre de 1986 por la que se aprueba el "Pliego de prescripciones técnicas generales para tuberías de saneamiento a poblaciones".
- Normas Tecnológicas de la Edificación NTE.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados y Ordenanzas Municipales.

4. EMPLAZAMIENTO.

El emplazamiento de la Red de Saneamiento objeto de este proyecto es en _____ de _____

5. DETERMINACION DE LOS CAUDALES EVACUADOS.

Los caudales evacuados por la red de saneamiento se obtienen de la siguiente manera:

- El caudal de aguas pluviales recogido en los sumideros, ubicados en las calles, se obtiene a razón de 0,1 m³/s·ha, mayorando dicho valor en función de la zona geográfica:

Zona X: Coeficiente K = 1
Zona Y: Coeficiente K = 1,5
Zona Z: Coeficiente K = 2

- El caudal de aguas residuales evacuado por las arquetas de edificios de viviendas o viviendas unifamiliares se obtiene a razón de 0,00005 m³/s·viv. Para edificios con usos diferentes al indicado se consideran las siguientes equivalencias:

Hoteles: 1 vivienda cada dormitorio.
Hospitales: 1 vivienda cada 2 enfermos.
Escuelas: 1 vivienda cada 50 alumnos.
Cuarteles: 1 vivienda cada 10 soldados.
Piscinas públicas: 1 vivienda cada 25 m³ de vaso de piscina.
Mercados: 1 vivienda cada 200 m².
Mataderos: 1 vivienda por cabeza.

6. SISTEMA DE EVACUACION DE LA RED DE SANEAMIENTO.

La evacuación de aguas pluviales y residuales se realizará desde las respectivas acometidas hasta el cauce receptor o hasta la estación depuradora, cuando ésta sea necesaria.

7. DESCRIPCION GENERAL DE LA INSTALACION.

La red de saneamiento se diseñará siguiendo el trazado viario o zonas públicas no edificables y, siempre que el cálculo lo permita, su pendiente se adaptará a la del terreno o calle.

La red se situará bajo las aceras y será doble cuando la calle tenga un anchura superior a 20 m. Si aquellas no existiesen o en calles de trazado muy irregular, podrá ir bajo la calzada.

El sistema "unitario" evacua todo tipo de aguas por un sólo conducto. El sistema "separativo" utiliza dos conductos independientes; por uno evacua las aguas pluviales, de riego y del subsuelo y por el otro las residuales. Se recomienda su utilización en zonas con edificabilidad inferior a 1 m³/m² y en zonas contiguas a las riberas de mar o río (cauces naturales).

Se dispondrán en los orígenes de colectores de la red unitaria o separativa residual, que por su situación estime el proyectista, depósitos de agua con un dispositivo que permita descargas periódicas fuertes de agua limpia (cámaras de descarga), con objeto de limpiar la red de saneamiento.

Los sumideros tienen por finalidad la incorporación de las aguas superficiales a la red; existe el peligro de introducir en ésta elementos sólidos que puedan producir atascos. Por ello no es recomendable su colocación en calles no pavimentadas, salvo que cada sumidero vaya acompañado de una arqueta visitable para la recogida y extracción periódica de las arenas y detritos depositados (areneros). La superficie de recogida de cada sumidero no excederá de 600 m², y la separación máxima entre éstos no excederá de 50 m. Acometerán a pozos de registro.

La acometida de edificios a la red de saneamiento tendrá su origen en arquetas que recojan las aguas de lluvias de las azoteas y patios, y las aguas negras procedentes de las viviendas, bastando una arqueta en el caso de redes unitarias. Desde la arqueta se acometerá a la red general preferentemente a

través de un pozo registro. Siempre que un ramal secundario o una acometida se inserte en otro conducto se procurará que el ángulo de encuentro sea como máximo de 60°.

Se dispondrán obligatoriamente pozos de registro que permitan el acceso para inspección y limpieza:

- a) En acometidas a la red de alcantarillado.
- a) En los cambios de alineación, de pendientes y de sección de la tubería.
- b) En las uniones de los colectores o ramales.
- c) En los tramos rectos de tubería, en general a una distancia máxima de 50 m.

Cuando la red discurra por una sola acera, se dejarán previstos, en la opuesta, pozos a distancia máxima de 50 m, enlazados a la red mediante conductos que atraviesen la calzada.

Se utilizarán pozos de registro circulares cuando los conductos que acometen a ellos tengan una altura igual o inferior a 60 cm. Cuando dicha altura sea superior a 60 cm se utilizarán pozos de registro rectangulares.

Los pozos de registro tendrán un diámetro interior de 0,80 m. Podrán emplearse también pozos de registro prefabricados siempre que cumplan las dimensiones interiores, estanquidad y resistencia exigidas a los no prefabricados.

Se utilizarán pozos de resalto circulares cuando se produzca un cambio de cota mayor de 80 cm, siempre que los conductos que acometen a él tengan una altura igual o inferior a 60 cm. Si dicha altura es mayor de 60 cm se utilizarán pozos de resalto rectangulares.

Con objeto de no encarecer excesivamente la red, y cuando el terreno lo permita, se dispondrán aliviaderos de crecida que sean visitables, para desviar excesos de caudales excepcionales producidos por aguas pluviales, siempre que la red de saneamiento no sea exclusivamente de aguas negras. En sistemas unitarios, para desvío del exceso del caudal sobre la capacidad de la depuradora, se dispondrán también aliviaderos antes de ésta.

Todas las obras complementarias de la red, pozos de registro, sumideros, unión de colectores, acometidas y restantes obras especiales, pueden ser prefabricadas o construidas "in situ", estarán calculadas para resistir, tanto las acciones del terreno, como las sobrecargas definidas en el proyecto y serán ejecutadas conforme al proyecto.

La solera de éstas será de hormigón en masa o armado y su espesor no será inferior a 20 cm.

Los alzados construidos "in situ" podrán ser de hormigón en masa o armado, o bien de fábrica de ladrillo macizo. Su espesor no podrá ser inferior a 10 cm. si fuesen de hormigón armado, 20 cm. si fuesen de hormigón en masa, ni a 25 cm, si fuesen de fábrica de ladrillo.

El hormigón utilizado para la construcción de la solera no será de inferior calidad al que se utilice en alzados cuando éstos se construyan con este material. En cualquier caso, la resistencia característica a compresión a los 28 días del hormigón que se utilice en soleras no será inferior a 200 kp/cm².

Las superficies interiores de estas obras serán lisas y estancas. Para asegurar la estanquidad de la fábrica de ladrillo estas superficies serán revestidas de un enfoscado bruñido de 2 cm de espesor.

Las obras deben estar proyectadas para permitir la conexión de los tubos con la misma estanquidad que la exigida a la unión de los tubos entre sí.

Deberán colocarse en las tuberías rígidas juntas suficientemente elásticas y a una distancia no superior a 50 cm. de la pared de la obra de fábrica, antes y después de acometer a la misma, para evitar que como consecuencia de asientos desiguales del terreno, se produzcan daños en la tubería, o en la unión de la tubería a la obra de fábrica.

La profundidad mínima de las zanjas se determinará de forma que las tuberías resulten protegidas de los efectos del tráfico y cargas exteriores, así como preservadas de las variaciones de

temperatura del medio ambiente. Para ello, se tendrá en cuenta la situación de la tubería (según sea bajo calzada o lugar de tráfico más o menos intenso, o bajo aceras o lugar sin tráfico), el tipo de relleno, la pavimentación si existe, la forma y calidad del lecho de apoyo, la naturaleza de las tierras, etc. Como norma general bajo calzadas o en terreno de tráfico rodado posible, la profundidad mínima será tal que la generatriz superior de la tubería quede por lo menos a 1 m de la superficie; en aceras o lugar sin tráfico rodado puede disminuirse este recubrimiento a 60 cm. Si el recubrimiento indicado como mínimo no pudiera respetarse por razones topográficas, por otras canalizaciones, etc., se tomarán las medidas de protección necesarias (refuerzo de canalizaciones, etc).

Las conducciones de saneamiento se situarán en plano inferior a las de abastecimiento, con distancias vertical y horizontal entre una y otra no menor a 1 m, medido entre planos tangentes, horizontales y verticales a cada tuberías más próximos entre sí.

La anchura de las zanjas debe ser la suficiente para que los operarios trabajen en buenas condiciones, dejando, según el tipo de tubería, un espacio suficiente para que el operario instalador pueda efectuar su trabajo con toda garantía. El ancho de la zanja depende del tamaño de la tubería, profundidad de la zanja, taludes de las paredes laterales, naturaleza del terreno y consiguiente necesidad o no de entibación, etc.; como norma general, la anchura mínima no debe ser inferior a 70 cm y se debe dejar un espacio de 20 cm a cada lado del tubo, según el tipo de juntas.

Las zanjas pueden abrirse a mano o mecánicamente, pero en cualquier caso su trazado deberá ser correcto, perfectamente alineadas en planta y con la rasante uniforme, salvo que el tipo de junta a emplear precise que se abran nichos.

Cuando por su naturaleza el terreno no asegure la suficiente estabilidad de los tubos o piezas especiales, se compactará o consolidará por los procedimientos que se ordenen y con tiempo suficiente. En el caso de que se descubra terreno excepcionalmente malo se decidirá la posibilidad de construir una cimentación especial (apoyos discontinuos en bloques, pilotajes, etc).

8. TUBOS.

Como principio general la red de saneamiento debe proyectarse de modo que en régimen normal, las tuberías que la constituyen no tengan que soportar presión interior. Sin embargo, dado que la red de saneamiento puede entrar parcialmente en carga debido a caudales excepcionales o por obstrucción de una tubería, deberá resistir una presión interior de 1 kp/cm^2 (0,098 Mp).

Los tubos empleados en la red de saneamiento podrán ser de hormigón en masa o armado, de amianto cemento, de gres, de policloruro de vinilo no plastificado (UPVC) o de polietileno de alta densidad (HDPE).

Las características físicas y químicas de la tubería, serán inalterables a la acción de las aguas que deban transportar, debiendo la conducción resistir sin daños todos los esfuerzos que esté llamada a soportar en servicio y durante las pruebas y mantenerse la estanquidad de la conducción a pesar de la posible acción de las aguas.

El diámetro nominal de los tubos de la red de saneamiento no será inferior a trescientos milímetros. Para usos complementarios (acometidas, etc) se podrán utilizar tubos de diámetros menores, siempre que estén incluidos en las tablas de clasificación correspondientes a los distintos materiales.

Todos los elementos deberán permitir el correcto acoplamiento del sistema de juntas empleado para que éstas sean estancas; a cuyo fin los extremos de cualquier elemento estarán perfectamente acabados para que las juntas sean impermeables, sin defectos que repercutan en el ajuste y montaje de las mismas, evitando tener que forzarlas.

Las juntas que se utilizarán podrán ser, según el material con que está fabricado el tubo: manguito del mismo material y características del tubo con anillos elásticos, copa con anillo elástico, soldadura u otras que garanticen su estanquidad y perfecto funcionamiento

9. PRUEBAS DE LA TUBERIA INSTALADA.

Se deberá probar al menos el 10 % de la longitud total de la red. El D.O. determinará los tramos que deberán probarse.

Una vez colocada la tubería de cada tramo, construidos los pozos y antes del relleno de la zanja, el contratista comunicará al D.O. que dicho tramo está en condiciones de ser probado. El D.O. en el caso de que decida probar ese tramo fijará la fecha, en caso contrario autorizará el relleno de la zanja.

La prueba se realizará obturando la entrada de la tubería en el pozo de aguas abajo y cualquier otro punto por el que pudiera salirse el agua; se llenará completamente de agua la tubería y el pozo de aguas arriba del tramo a probar.

Transcurridos 30 minutos del llenado se inspeccionarán los tubos, las juntas y los pozos, comprobándose que no ha habido pérdida de agua.

Excepcionalmente, el D.O. podrá sustituir este sistema de prueba por otro suficientemente constatado que permita la detección de fugas.

Si se aprecian fugas durante la prueba, el contratista las corregirá procediéndose a continuación a una nueva planta.

Una vez finalizada la obra y antes de la recepción provisional, se comprobará el buen funcionamiento de la red vertiendo agua en los pozos de registro de cabecera o, mediante las cámaras de descarga si existiesen, verificando el paso correcto de agua en los pozos registro aguas abajo.

10. PLANOS.

En el documento correspondiente de este proyecto, se adjuntan cuantos planos se han estimado necesarios con los detalles suficientes de las instalaciones que se han proyectado, con claridad y objetividad.

11. CONCLUSION.

Expuesto el objeto y la utilidad del presente proyecto, esperamos que el mismo merezca la aprobación de la Administración y el Ayuntamiento, dándonos las autorizaciones pertinentes para su tramitación y puesta en servicio.

1. PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES.

1.1. INTRODUCCIÓN.

La ley **31/1995**, de 8 de noviembre de 1995, de **Prevención de Riesgos Laborales** tiene por objeto la determinación del cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los *riesgos derivados de las condiciones de trabajo*.

Como ley establece un marco legal a partir del cual las **normas reglamentarias** irán fijando y concretando los aspectos más técnicos de las medidas preventivas.

Estas normas complementarias quedan resumidas a continuación:

- Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

1.2. DERECHOS Y OBLIGACIONES.

1.2.1. DERECHO A LA PROTECCIÓN FRENTE A LOS RIESGOS LABORALES.

Los trabajadores tienen derecho a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo.

A este efecto, el empresario realizará la prevención de los riesgos laborales mediante la adopción de cuantas medidas sean necesarias para la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, con las especialidades que se recogen en los artículos siguientes en materia de evaluación de riesgos, información, consulta, participación y formación de los trabajadores, actuación en casos de emergencia y de riesgo grave e inminente y vigilancia de la salud.

1.2.2. PRINCIPIOS DE LA ACCIÓN PREVENTIVA.

El empresario aplicará las medidas preventivas pertinentes, con arreglo a los siguientes principios generales:

- Evitar los riesgos.
- Evaluar los riesgos que no se pueden evitar.
- Combatir los riesgos en su origen.
- Adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo.
- Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.
- Dar las debidas instrucciones a los trabajadores.
- Adoptar las medidas necesarias a fin de garantizar que sólo los trabajadores que hayan recibido información suficiente y adecuada puedan acceder a las zonas de riesgo grave y específico.
- Prever las distracciones o imprudencias no temerarias que pudiera cometer el trabajador.

1.2.3. EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS.

La acción preventiva en la empresa se planificará por el empresario a partir de una evaluación inicial de los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores, que se realizará, con carácter general, teniendo en cuenta la naturaleza de la actividad, y en relación con aquellos que estén expuestos a riesgos especiales. Igual evaluación deberá hacerse con ocasión de la elección de los equipos de trabajo,

de las sustancias o preparados químicos y del acondicionamiento de los lugares de trabajo.

De alguna manera se podrían clasificar las causas de los riesgos en las categorías siguientes:

- Insuficiente calificación profesional del personal dirigente, jefes de equipo y obreros.
- Empleo de maquinaria y equipos en trabajos que no corresponden a la finalidad para la que fueron concebidos o a sus posibilidades.
- Negligencia en el manejo y conservación de las máquinas e instalaciones. Control deficiente en la explotación.
- Insuficiente instrucción del personal en materia de seguridad.

Referente a las máquinas herramienta, los riesgos que pueden surgir al manejarlas se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Se puede producir un accidente o deterioro de una máquina si se pone en marcha sin conocer su modo de funcionamiento.
- La lubricación deficiente conduce a un desgaste prematuro por lo que los puntos de engrase manual deben ser engrasados regularmente.
- Puede haber ciertos riesgos si alguna palanca de la máquina no está en su posición correcta.
- El resultado de un trabajo puede ser poco exacto si las guías de las máquinas se desgastan, y por ello hay que protegerlas contra la introducción de virutas.
- Puede haber riesgos mecánicos que se deriven fundamentalmente de los diversos movimientos que realicen las distintas partes de una máquina y que pueden provocar que el operario:
 - Entre en contacto con alguna parte de la máquina o ser atrapado entre ella y cualquier estructura fija o material.
 - Sea golpeado o arrastrado por cualquier parte en movimiento de la máquina.
 - Ser golpeado por elementos de la máquina que resulten proyectados.
 - Ser golpeado por otros materiales proyectados por la máquina.
- Puede haber riesgos no mecánicos tales como los derivados de la utilización de energía eléctrica, productos químicos, generación de ruido, vibraciones, radiaciones, etc.

Los movimientos peligrosos de las máquinas se clasifican en cuatro grupos:

- Movimientos de rotación. Son aquellos movimientos sobre un eje con independencia de la inclinación del mismo y aún cuando giren lentamente. Se clasifican en los siguientes grupos:
 - Elementos considerados aisladamente tales como árboles de transmisión, vástagos, brocas, acoplamientos.
 - Puntos de atrapamiento entre engranajes y ejes girando y otras fijas o dotadas de desplazamiento lateral a ellas.
- Movimientos alternativos y de traslación. El punto peligroso se sitúa en el lugar donde la pieza dotada de este tipo de movimiento se aproxima a otra pieza fija o móvil y la sobrepasa.
- Movimientos de traslación y rotación. Las conexiones de bielas y vástagos con ruedas y volantes son algunos de los mecanismos que generalmente están dotadas de este tipo de movimientos.
- Movimientos de oscilación. Las piezas dotadas de movimientos de oscilación pendular generan puntos de "tijera" entre ellas y otras piezas fijas.

Las actividades de prevención deberán ser modificadas cuando se aprecie por el empresario, como consecuencia de los controles periódicos previstos en el apartado anterior, su inadecuación a los fines de protección requeridos.

1.2.4. EQUIPOS DE TRABAJO Y MEDIOS DE PROTECCIÓN.

Cuando la utilización de un equipo de trabajo pueda presentar un riesgo específico para la seguridad y la salud de los trabajadores, el empresario adoptará las medidas necesarias con el fin de que:

- La utilización del equipo de trabajo quede reservada a los encargados de dicha utilización.
- Los trabajos de reparación, transformación, mantenimiento o conservación sean realizados por los trabajadores específicamente capacitados para ello.

El empresario deberá proporcionar a sus trabajadores equipos de protección individual adecuados para el desempeño de sus funciones y velar por el uso efectivo de los mismos.

1.2.5. INFORMACIÓN, CONSULTA Y PARTICIPACIÓN DE LOS TRABAJADORES.

El empresario adoptará las medidas adecuadas para que los trabajadores reciban todas las informaciones necesarias en relación con:

- Los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo.
- Las medidas y actividades de protección y prevención aplicables a los riesgos.

Los trabajadores tendrán derecho a efectuar propuestas al empresario, así como a los órganos competentes en esta materia, dirigidas a la mejora de los niveles de la protección de la seguridad y la salud en los lugares de trabajo, en materia de señalización en dichos lugares, en cuanto a la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en las obras de construcción y en cuanto a utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

1.2.6. FORMACIÓN DE LOS TRABAJADORES.

El empresario deberá garantizar que cada trabajador reciba una formación teórica y práctica, suficiente y adecuada, en materia preventiva.

1.2.7. MEDIDAS DE EMERGENCIA.

El empresario, teniendo en cuenta el tamaño y la actividad de la empresa, así como la posible presencia de personas ajenas a la misma, deberá analizar las posibles situaciones de emergencia y adoptar las medidas necesarias en materia de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de los trabajadores, designando para ello al personal encargado de poner en práctica estas medidas y comprobando periódicamente, en su caso, su correcto funcionamiento.

1.2.8. RIESGO GRAVE E INMINENTE.

Cuando los trabajadores estén expuestos a un riesgo grave e inminente con ocasión de su trabajo, el empresario estará obligado a:

- Informar lo antes posible a todos los trabajadores afectados acerca de la existencia de dicho riesgo y de las medidas adoptadas en materia de protección.
- Dar las instrucciones necesarias para que, en caso de peligro grave, inminente e inevitable, los trabajadores puedan interrumpir su actividad y además estar en condiciones, habida cuenta de sus conocimientos y de los medios técnicos puestos a su disposición, de adoptar las medidas necesarias para evitar las consecuencias de dicho peligro.

1.2.9. VIGILANCIA DE LA SALUD.

El empresario garantizará a los trabajadores a su servicio la vigilancia periódica de su estado de salud en función de los riesgos inherentes al trabajo, optando por la realización de aquellos reconocimientos o pruebas que causen las menores molestias al trabajador y que sean proporcionales al riesgo.

1.2.10. DOCUMENTACIÓN.

El empresario deberá elaborar y conservar a disposición de la autoridad laboral la siguiente documentación:

- Evaluación de los riesgos para la seguridad y salud en el trabajo, y planificación de la acción preventiva.
- Medidas de protección y prevención a adoptar.
- Resultado de los controles periódicos de las condiciones de trabajo.
- Práctica de los controles del estado de salud de los trabajadores.
- Relación de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales que hayan causado al trabajador una incapacidad laboral superior a un día de trabajo.

1.2.11. COORDINACIÓN DE ACTIVIDADES EMPRESARIALES.

Cuando en un mismo centro de trabajo desarrollen actividades trabajadores de dos o más empresas, éstas deberán cooperar en la aplicación de la normativa sobre prevención de riesgos laborales.

1.2.12. PROTECCIÓN DE TRABAJADORES ESPECIALMENTE SENSIBLES A DETERMINADOS RIESGOS.

El empresario garantizará, evaluando los riesgos y adoptando las medidas preventivas necesarias, la protección de los trabajadores que, por sus propias características personales o estado biológico conocido, incluidos aquellos que tengan reconocida la situación de discapacidad física, psíquica o sensorial, sean específicamente sensibles a los riesgos derivados del trabajo.

1.2.13. PROTECCIÓN DE LA MATERNIDAD.

La evaluación de los riesgos deberá comprender la determinación de la naturaleza, el grado y la duración de la exposición de las trabajadoras en situación de embarazo o parto reciente, a agentes, procedimientos o condiciones de trabajo que puedan influir negativamente en la salud de las trabajadoras o del feto, adoptando, en su caso, las medidas necesarias para evitar la exposición a dicho riesgo.

1.2.14. PROTECCIÓN DE LOS MENORES.

Antes de la incorporación al trabajo de jóvenes menores de dieciocho años, y previamente a cualquier modificación importante de sus condiciones de trabajo, el empresario deberá efectuar una evaluación de los puestos de trabajo a desempeñar por los mismos, a fin de determinar la naturaleza, el grado y la duración de su exposición, teniendo especialmente en cuenta los riesgos derivados de su falta de experiencia, de su inmadurez para evaluar los riesgos existentes o potenciales y de su desarrollo todavía incompleto.

1.2.15. RELACIONES DE TRABAJO TEMPORALES, DE DURACIÓN DETERMINADA Y EN EMPRESAS DE TRABAJO TEMPORAL.

Los trabajadores con relaciones de trabajo temporales o de duración determinada, así como los contratados por empresas de trabajo temporal, deberán disfrutar del mismo nivel de protección en materia de seguridad y salud que los restantes trabajadores de la empresa en la que prestan sus servicios.

1.2.16. OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES EN MATERIA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS.

Corresponde a cada trabajador velar, según sus posibilidades y mediante el cumplimiento de las medidas de prevención que en cada caso sean adoptadas, por su propia seguridad y salud en el trabajo y por la de aquellas otras personas a las que pueda afectar su actividad profesional, a causa de sus actos y omisiones en el trabajo, de conformidad con su formación y las instrucciones del empresario.

Los trabajadores, con arreglo a su formación y siguiendo las instrucciones del empresario, deberán en particular:

- Usar adecuadamente, de acuerdo con su naturaleza y los riesgos previsibles, las máquinas, aparatos, herramientas, sustancias peligrosas, equipos de transporte y, en general, cualesquiera otros medios con los que desarrollen su actividad.
- Utilizar correctamente los medios y equipos de protección facilitados por el empresario.
- No poner fuera de funcionamiento y utilizar correctamente los dispositivos de seguridad existentes.
- Informar de inmediato un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- Contribuir al cumplimiento de las obligaciones establecidas por la autoridad competente.

1.3. SERVICIOS DE PREVENCIÓN.

1.3.1. PROTECCIÓN Y PREVENCIÓN DE RIESGOS PROFESIONALES.

En cumplimiento del deber de prevención de riesgos profesionales, el empresario designará uno o

varios trabajadores para ocuparse de dicha actividad, constituirá un servicio de prevención o concertará dicho servicio con una entidad especializada ajena a la empresa.

Los trabajadores designados deberán tener la capacidad necesaria, disponer del tiempo y de los medios precisos y ser suficientes en número, teniendo en cuenta el tamaño de la empresa, así como los riesgos a que están expuestos los trabajadores.

En las empresas de menos de seis trabajadores, el empresario podrá asumir personalmente las funciones señaladas anteriormente, siempre que desarrolle de forma habitual su actividad en el centro de trabajo y tenga capacidad necesaria.

El empresario que no hubiere concertado el Servicio de Prevención con una entidad especializada ajena a la empresa deberá someter su sistema de prevención al control de una auditoría o evaluación externa.

1.3.2. SERVICIOS DE PREVENCIÓN.

Si la designación de uno o varios trabajadores fuera insuficiente para la realización de las actividades de prevención, en función del tamaño de la empresa, de los riesgos a que están expuestos los trabajadores o de la peligrosidad de las actividades desarrolladas, el empresario deberá recurrir a uno o varios servicios de prevención propios o ajenos a la empresa, que colaborarán cuando sea necesario.

Se entenderá como servicio de prevención el conjunto de medios humanos y materiales necesarios para realizar las actividades preventivas a fin de garantizar la adecuada protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, asesorando y asistiendo para ello al empresario, a los trabajadores y a sus representantes y a los órganos de representación especializados.

1.4. CONSULTA Y PARTICIPACION DE LOS TRABAJADORES.

1.4.1. CONSULTA DE LOS TRABAJADORES.

El empresario deberá consultar a los trabajadores, con la debida antelación, la adopción de las decisiones relativas a:

- La planificación y la organización del trabajo en la empresa y la introducción de nuevas tecnologías, en todo lo relacionado con las consecuencias que éstas pudieran tener para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- La organización y desarrollo de las actividades de protección de la salud y prevención de los riesgos profesionales en la empresa, incluida la designación de los trabajadores encargados de dichas actividades o el recurso a un servicio de prevención externo.
- La designación de los trabajadores encargados de las medidas de emergencia.
- El proyecto y la organización de la formación en materia preventiva.

1.4.2. DERECHOS DE PARTICIPACIÓN Y REPRESENTACIÓN.

Los trabajadores tienen derecho a participar en la empresa en las cuestiones relacionadas con la prevención de riesgos en el trabajo.

En las empresas o centros de trabajo que cuenten con seis o más trabajadores, la participación de éstos se canalizará a través de sus representantes y de la representación especializada.

1.4.3. DELEGADOS DE PREVENCIÓN.

Los Delegados de Prevención son los representantes de los trabajadores con funciones específicas en materia de prevención de riesgos en el trabajo. Serán designados por y entre los representantes del personal, con arreglo a la siguiente escala:

- De 50 a 100 trabajadores: 2 Delegados de Prevención.
- De 101 a 500 trabajadores: 3 Delegados de Prevención.

- De 501 a 1000 trabajadores: 4 Delegados de Prevención.
- De 1001 a 2000 trabajadores: 5 Delegados de Prevención.
- De 2001 a 3000 trabajadores: 6 Delegados de Prevención.
- De 3001 a 4000 trabajadores: 7 Delegados de Prevención.
- De 4001 en adelante: 8 Delegados de Prevención.

En las empresas de hasta treinta trabajadores el Delegado de Prevención será el Delegado de Personal. En las empresas de treinta y uno a cuarenta y nueve trabajadores habrá un Delegado de Prevención que será elegido por y entre los Delegados de Personal.

2. DISPOSICIONES MINIMAS EN MATERIA DE SEÑALIZACION DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.

2.1. INTRODUCCION.

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los *riesgos derivados de las condiciones de trabajo*.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las **normas reglamentarias** las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a *garantizar que en los lugares de trabajo exista una adecuada señalización de seguridad y salud*, siempre que los riesgos no puedan evitarse o limitarse suficientemente a través de medios técnicos de protección colectiva.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto **485/1997** de 14 de Abril de 1.997 establece las **disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y de salud en el trabajo**, entendiéndose como tales aquellas señalizaciones que referidas a un objeto, actividad o situación determinada, proporcionen una indicación o una obligación relativa a la seguridad o la salud en el trabajo mediante una señal en forma de panel, un color, una señal luminosa o acústica, una comunicación verbal o una señal gestual.

2.2. OBLIGACION GENERAL DEL EMPRESARIO.

La elección del tipo de señal y del número y emplazamiento de las señales o dispositivos de señalización a utilizar en cada caso se realizará de forma que la señalización resulte lo más eficaz posible, teniendo en cuenta:

- Las características de la señal.
- Los riesgos, elementos o circunstancias que hayan de señalizarse.
- La extensión de la zona a cubrir.
- El número de trabajadores afectados.

Para la señalización de desniveles, obstáculos u otros elementos que originen riesgo de caída de personas, choques o golpes, así como para la señalización de riesgo eléctrico, presencia de materias inflamables, tóxicas, corrosivas o riesgo biológico, podrá optarse por una señal de advertencia de forma triangular, con un pictograma característico de color negro sobre fondo amarillo y bordes negros.

Las vías de circulación de vehículos deberán estar delimitadas con claridad mediante franjas continuas de color blanco o amarillo.

Los equipos de protección contra incendios deberán ser de color rojo.

La señalización para la localización e identificación de las vías de evacuación y de los equipos de salvamento o socorro (botiquín portátil) se realizará mediante una señal de forma cuadrada o rectangular, con un pictograma característico de color blanco sobre fondo verde.

La señalización dirigida a alertar a los trabajadores o a terceros de la aparición de una situación de peligro y de la consiguiente y urgente necesidad de actuar de una forma determinada o de evacuar la zona de peligro, se realizará mediante una señal luminosa, una señal acústica o una comunicación verbal.

Los medios y dispositivos de señalización deberán ser limpiados, mantenidos y verificados regularmente.

3. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA UTILIZACION POR LOS TRABAJADORES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO.

3.1. INTRODUCCION.

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los *riesgos derivados de las condiciones de trabajo*.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las **normas reglamentarias** las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a *garantizar que de la presencia o utilización de los equipos de trabajo puestos a disposición de los trabajadores en la empresa o centro de trabajo no se deriven riesgos para la seguridad o salud de los mismos*.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto **1215/1997** de 18 de Julio de 1.997 establece las **disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo**, entendiéndose como tales cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizado en el trabajo.

3.2. OBLIGACION GENERAL DEL EMPRESARIO.

El empresario adoptará las medidas necesarias para que los equipos de trabajo que se pongan a disposición de los trabajadores sean adecuados al trabajo que deba realizarse y convenientemente adaptados al mismo, de forma que garanticen la seguridad y la salud de los trabajadores al utilizar dichos equipos.

Deberá utilizar únicamente equipos que satisfagan cualquier disposición legal o reglamentaria que les sea de aplicación.

Para la elección de los equipos de trabajo el empresario deberá tener en cuenta los siguientes factores:

- Las condiciones y características específicas del trabajo a desarrollar.
- Los riesgos existentes para la seguridad y salud de los trabajadores en el lugar de trabajo.
- En su caso, las adaptaciones necesarias para su utilización por trabajadores discapacitados.

Adoptará las medidas necesarias para que, mediante un mantenimiento adecuado, los equipos de trabajo se conserven durante todo el tiempo de utilización en unas condiciones adecuadas. Todas las operaciones de mantenimiento, ajuste, desbloqueo, revisión o reparación de los equipos de trabajo se realizará tras haber parado o desconectado el equipo. Estas operaciones deberán ser encomendadas al personal especialmente capacitado para ello.

El empresario deberá garantizar que los trabajadores reciban una formación e información adecuadas a los riesgos derivados de los equipos de trabajo. La información, suministrada preferentemente por escrito, deberá contener, como mínimo, las indicaciones relativas a:

- Las condiciones y forma correcta de utilización de los equipos de trabajo, teniendo en cuenta las instrucciones del fabricante, así como las situaciones o formas de utilización anormales y peligrosas que puedan preverse.
- Las conclusiones que, en su caso, se puedan obtener de la experiencia adquirida en la utilización de los equipos de trabajo.

3.2.1. DISPOSICIONES MÍNIMAS GENERALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO.

Los órganos de accionamiento de un equipo de trabajo que tengan alguna incidencia en la seguridad deberán ser claramente visibles e identificables y no deberán acarrear riesgos como consecuencia de una manipulación involuntaria.

Cada equipo de trabajo deberá estar provisto de un órgano de accionamiento que permita su parada total en condiciones de seguridad.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo de caída de objetos o de proyecciones deberá estar provisto de dispositivos de protección adecuados a dichos riesgos.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo por emanación de gases, vapores o líquidos o por emisión de polvo deberá estar provisto de dispositivos adecuados de captación o extracción cerca de la fuente emisora correspondiente.

Si fuera necesario para la seguridad o la salud de los trabajadores, los equipos de trabajo y sus elementos deberán estabilizarse por fijación o por otros medios.

Cuando los elementos móviles de un equipo de trabajo puedan entrañar riesgo de accidente por contacto mecánico, deberán ir equipados con resguardos o dispositivos que impidan el acceso a las zonas peligrosas.

Las zonas y puntos de trabajo o mantenimiento de un equipo de trabajo deberán estar adecuadamente iluminadas en función de las tareas que deban realizarse.

Las partes de un equipo de trabajo que alcancen temperaturas elevadas o muy bajas deberán estar protegidas cuando corresponda contra los riesgos de contacto o la proximidad de los trabajadores.

Todo equipo de trabajo deberá ser adecuado para proteger a los trabajadores expuestos contra el riesgo de contacto directo o indirecto de la electricidad y los que entrañen riesgo por ruido, vibraciones o radiaciones deberá disponer de las protecciones o dispositivos adecuados para limitar, en la medida de lo posible, la generación y propagación de estos agentes físicos.

Las herramientas manuales deberán estar construidas con materiales resistentes y la unión entre sus elementos deberá ser firme, de manera que se eviten las roturas o proyecciones de los mismos.

La utilización de todos estos equipos no podrá realizarse en contradicción con las instrucciones facilitadas por el fabricante, comprobándose antes del iniciar la tarea que todas sus protecciones y condiciones de uso son las adecuadas.

Deberán tomarse las medidas necesarias para evitar el atrapamiento del cabello, ropas de trabajo u otros objetos del trabajador, evitando, en cualquier caso, someter a los equipos a sobrecargas, sobrepresiones, velocidades o tensiones excesivas.

3.2.2. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO MOVILES.

Los equipos con trabajadores transportados deberán evitar el contacto de éstos con ruedas y orugas y el aprisionamiento por las mismas. Para ello dispondrán de una estructura de protección que impida que el equipo de trabajo incline más de un cuarto de vuelta o una estructura que garantice un espacio suficiente alrededor de los trabajadores transportados cuando el equipo pueda inclinarse más de un cuarto de vuelta. No se requerirán estas estructuras de protección cuando el equipo de trabajo se encuentre estabilizado durante su empleo.

Las carretillas elevadoras deberán estar acondicionadas mediante la instalación de una cabina para el conductor, una estructura que impida que la carretilla vuelque, una estructura que garantice que, en caso de vuelco, quede espacio suficiente para el trabajador entre el suelo y determinadas partes de dicha carretilla y una estructura que mantenga al trabajador sobre el asiento de conducción en buenas condiciones.

Los equipos de trabajo automotores deberán contar con dispositivos de frenado y parada, con dispositivos para garantizar una visibilidad adecuada y con una señalización acústica de advertencia. En cualquier caso, su conducción estará reservada a los trabajadores que hayan recibido una información específica.

3.2.3. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO PARA ELEVACION DE CARGAS.

Deberán estar instalados firmemente, teniendo presente la carga que deban levantar y las tensiones inducidas en los puntos de suspensión o de fijación. En cualquier caso, los aparatos de izar estarán equipados con limitador del recorrido del carro y de los ganchos, los motores eléctricos estarán provistos de limitadores de altura y del peso, los ganchos de sujeción serán de acero con "pestillos de seguridad" y los carriles para desplazamiento estarán limitados a una distancia de 1 m de su término mediante topes de seguridad de final de carrera eléctricos.

Deberá figurar claramente la carga nominal.

Deberán instalarse de modo que se reduzca el riesgo de que la carga caiga en picado, se suelte o se desvíe involuntariamente de forma peligrosa. En cualquier caso, se evitará la presencia de trabajadores bajo las cargas suspendidas. Caso de ir equipadas con cabinas para trabajadores deberá evitarse la caída de éstas, su aplastamiento o choque.

Los trabajos de izado, transporte y descenso de cargas suspendidas, quedarán interrumpidos bajo régimen de vientos superiores a los 60 km/h.

3.2.4. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO PARA MOVIMIENTO DE TIERRAS Y MAQUINARIA PESADA EN GENERAL.

Las máquinas para los movimientos de tierras estarán dotadas de faros de marcha hacia adelante y de retroceso, servofrenos, freno de mano, bocina automática de retroceso, retrovisores en ambos lados, pórtico de seguridad antivuelco y antiimpactos y un extintor.

Se prohíbe trabajar o permanecer dentro del radio de acción de la maquinaria de movimiento de tierras, para evitar los riesgos por atropello.

Durante el tiempo de parada de las máquinas se señalizará su entorno con "señales de peligro", para evitar los riesgos por fallo de frenos o por atropello durante la puesta en marcha.

Si se produjese contacto con líneas eléctricas el maquinista permanecerá inmóvil en su puesto y solicitará auxilio por medio de las bocinas. De ser posible el salto sin riesgo de contacto eléctrico, el maquinista saltará fuera de la máquina sin tocar, al unísono, la máquina y el terreno.

Antes del abandono de la cabina, el maquinista habrá dejado en reposo, en contacto con el pavimento (la cuchilla, cazo, etc.), puesto el freno de mano y parado el motor extrayendo la llave de contacto para evitar los riesgos por fallos del sistema hidráulico.

Las pasarelas y peldaños de acceso para conducción o mantenimiento permanecerán limpios de gravas, barros y aceite, para evitar los riesgos de caída.

Se prohíbe el transporte de personas sobre las máquinas para el movimiento de tierras, para evitar los riesgos de caídas o de atropellos.

Se instalarán topes de seguridad de fin de recorrido, ante la coronación de los cortes (taludes o terraplenes) a los que debe aproximarse la maquinaria empleada en el movimiento de tierras, para evitar los riesgos por caída de la máquina.

Se señalizarán los caminos de circulación interna mediante cuerda de banderolas y señales normalizadas de tráfico.

Se prohíbe el acopio de tierras a menos de 2 m. del borde de la excavación (como norma general).

No se debe fumar cuando se abastezca de combustible la máquina, pues podría inflamarse. Al realizar dicha tarea el motor deberá permanecer parado.

Se prohíbe realizar trabajos en un radio de 10 m entorno a las máquinas de hincar, en prevención de golpes y atropellos.

Las cintas transportadoras estarán dotadas de pasillo lateral de visita de 60 cm de anchura y barandillas de protección de éste de 90 cm de altura. Estarán dotadas de encauzadores antidesprendimientos de objetos por rebose de materiales. Bajo las cintas, en todo su recorrido, se instalarán bandejas de recogida de objetos desprendidos.

Los compresores serán de los llamados "silenciosos" en la intención de disminuir el nivel de ruido. La zona dedicada para la ubicación del compresor quedará acordonada en un radio de 4 m. Las mangueras estarán en perfectas condiciones de uso, es decir, sin grietas ni desgastes que puedan producir un reventón.

Cada tajo con martillos neumáticos, estará trabajado por dos cuadrillas que se turnarán cada hora, en prevención de lesiones por permanencia continuada recibiendo vibraciones. Los pisones mecánicos se guiarán avanzando frontalmente, evitando los desplazamientos laterales. Para realizar estas tareas se utilizará faja elástica de protección de cintura, muñequeras bien ajustadas, botas de seguridad, cascos antiruido y una mascarilla con filtro mecánico recambiable.

3.2.5. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LA MAQUINARIA HERRAMIENTA.

Las máquinas-herramienta estarán protegidas eléctricamente mediante doble aislamiento y sus motores eléctricos estarán protegidos por la carcasa.

Las que tengan capacidad de corte tendrán el disco protegido mediante una carcasa antiproyecciones.

Las que se utilicen en ambientes inflamables o explosivos estarán protegidas mediante carcasas antideflagrantes. Se prohíbe la utilización de máquinas accionadas mediante combustibles líquidos en lugares cerrados o de ventilación insuficiente.

Se prohíbe trabajar sobre lugares encharcados, para evitar los riesgos de caídas y los eléctricos.

Para todas las tareas se dispondrá una iluminación adecuada, en torno a 100 lux.

En prevención de los riesgos por inhalación de polvo, se utilizarán en vía húmeda las herramientas que lo produzcan.

Las mesas de sierra circular, cortadoras de material cerámico y sierras de disco manual no se ubicarán a distancias inferiores a tres metros del borde de los forjados, con la excepción de los que estén claramente protegidos (redes o barandillas, petos de remate, etc). Bajo ningún concepto se retirará la protección del disco de corte, utilizándose en todo momento gafas de seguridad antiproyección de partículas. Como normal general, se deberán extraer los clavos o partes metálicas hincadas en el elemento a cortar.

Con las pistolas fija-clavos no se realizarán disparos inclinados, se deberá verificar que no hay nadie al otro lado del objeto sobre el que se dispara, se evitará clavar sobre fábricas de ladrillo hueco y se asegurará el equilibrio de la persona antes de efectuar el disparo.

Para la utilización de los taladros portátiles y rozadoras eléctricas se elegirán siempre las brocas y discos adecuados al material a taladrar, se evitará realizar taladros en una sola maniobra y taladros o rozaduras inclinadas a pulso y se tratará no recalentar las brocas y discos.

En las tareas de soldadura por arco eléctrico se utilizará yelmo del soldar o pantalla de mano, no se mirará directamente al arco voltaico, no se tocarán las piezas recientemente soldadas, se soldará en un lugar ventilado, se verificará la inexistencia de personas en el entorno vertical de puesto de trabajo, no se dejará directamente la pinza en el suelo o sobre la perfilera, se escogerá el electrodo adecuada para el cordón a ejecutar y se suspenderán los trabajos de soldadura con vientos superiores a 60 km/h y a la intemperie con régimen de lluvias.

En la soldadura oxiacetilénica (oxicorte) no se mezclarán botellas de gases distintos, éstas se transportarán sobre bateas enjauladas en posición vertical y atadas, no se ubicarán al sol ni en posición inclinada y los mecheros estarán dotados de válvulas antirretroceso de la llama. Si se desprenden pinturas se trabajará con mascarilla protectora y se hará al aire libre o en un local ventilado.

4. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCION.

4.1. INTRODUCCION.

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los *riesgos derivados de las condiciones de trabajo*.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las *normas reglamentarias* las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran necesariamente las destinadas a *garantizar la seguridad y la salud en las obras de construcción*.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto **1627/1997** de 24 de Octubre de 1.997 establece las *disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción*, entendiéndose como tales cualquier obra, pública o privada, en la que se efectúen trabajos de construcción o ingeniería civil.

La obra en proyecto referente a la *Ejecución de una Red de Saneamiento* se encuentra incluida en el *Anexo I* de dicha legislación, con la clasificación *a) Excavación, b) Movimiento de tierras, c) Construcción, e) Acondicionamiento o instalación, k) Mantenimiento y l) Trabajos de pintura y de limpieza*.

Al tratarse de una obra con las siguientes condiciones:

- a) El presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto es inferior a 75 millones de pesetas.
- b) La duración estimada es inferior a 30 días laborables, no utilizándose en ningún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- c) El volumen de mano de obra estimada, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, es inferior a 500.

Por todo lo indicado, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un *estudio básico de seguridad y salud*. Caso de superarse alguna de las condiciones citadas anteriormente deberá realizarse un estudio completo de seguridad y salud.

4.2. ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD.

4.2.1. RIESGOS MAS FRECUENTES EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCION.

Los *Oficios* más comunes en la obra en proyecto son los siguientes:

- Movimiento de tierras. Excavación de pozos y zanjas.
- Relleno de tierras.
- Encofrados.
- Trabajos con ferralla, manipulación y puesta en obra.
- Trabajos de manipulación del hormigón.
- Montaje de estructura metálica
- Montaje de prefabricados.
- Albañilería.
- Instalación eléctrica definitiva y provisional de obra.

Los riesgos más frecuentes durante estos oficios son los descritos a continuación:

- Deslizamientos, desprendimientos de tierras por diferentes motivos (no emplear el talud adecuado, por variación de la humedad del terreno, etc).
- Riesgos derivados del manejo de máquinas-herramienta y maquinaria pesada en general.
- Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de la maquinaria para movimiento de tierras.
- Caídas al mismo o distinto nivel de personas, materiales y útiles.
- Los derivados de los trabajos pulverulentos.
- Contactos con el hormigón (dermatitis por cementos, etc).
- Desprendimientos por mal apilado de la madera, planchas metálicas, etc.
- Cortes y heridas en manos y pies, aplastamientos, tropiezos y torceduras al caminar sobre las armaduras.
- Hundimientos, rotura o reventón de encofrados, fallos de entibaciones.
- Contactos con la energía eléctrica (directos e indirectos), electrocuciones, quemaduras, etc.
- Cuerpos extraños en los ojos, etc.
- Agresión por ruido y vibraciones en todo el cuerpo.
- Microclima laboral (frío-calor), agresión por radiación ultravioleta, infrarroja.
- Agresión mecánica por proyección de partículas.
- Golpes.
- Cortes por objetos y/o herramientas.
- Incendio y explosiones.
- Riesgo por sobreesfuerzos musculares y malos gestos.
- Carga de trabajo física.
- Deficiente iluminación.
- Efecto psico-fisiológico de horarios y turno.

4.2.2. MEDIDAS PREVENTIVAS DE CARÁCTER GENERAL.

Se establecerán a lo largo de la obra letreros divulgativos y señalización de los riesgos (vuelco, atropello, colisión, caída en altura, corriente eléctrica, peligro de incendio, materiales inflamables, prohibido fumar, etc), así como las medidas preventivas previstas (uso obligatorio del casco, uso obligatorio de las botas de seguridad, uso obligatorio de guantes, uso obligatorio de cinturón de seguridad, etc).

Se habilitarán zonas o estancias para el acopio de material y útiles (ferralla, perfilería metálica, piezas prefabricadas, material eléctrico, etc).

Se procurará que los trabajos se realicen en superficies secas y limpias, utilizando los elementos de protección personal, fundamentalmente calzado antideslizante reforzado para protección de golpes en los pies, casco de protección para la cabeza y cinturón de seguridad.

El transporte aéreo de materiales y útiles se hará suspendiéndolos desde dos puntos mediante eslingas, y se guiarán por tres operarios, dos de ellos guiarán la carga y el tercero ordenará las maniobras.

El transporte de elementos pesados se hará sobre carretilla de mano y así evitar sobreesfuerzos.

Los andamios sobre borriquetas, para trabajos en altura, tendrán siempre plataformas de trabajo de anchura no inferior a 60 cm (3 tablones trabados entre sí), prohibiéndose la formación de andamios mediante bidones, cajas de materiales, bañeras, etc.

Se tenderán cables de seguridad amarrados a elementos estructurales sólidos en los que enganchar el mosquetón del cinturón de seguridad de los operarios encargados de realizar trabajos en altura.

La distribución de máquinas, equipos y materiales en los locales de trabajo será la adecuada, delimitando las zonas de operación y paso, los espacios destinados a puestos de trabajo, las separaciones entre máquinas y equipos, etc.

El área de trabajo estará al alcance normal de la mano, sin necesidad de ejecutar movimientos forzados.

Se vigilarán los esfuerzos de torsión o de flexión del tronco, sobre todo si el cuerpo están en posición inestable.

Se evitarán las distancias demasiado grandes de elevación, descenso o transporte, así como un ritmo demasiado alto de trabajo.

Se tratará que la carga y su volumen permitan asirla con facilidad.

Se recomienda evitar los barrizales, en prevención de accidentes.

Se debe seleccionar la herramienta correcta para el trabajo a realizar, manteniéndola en buen estado y uso correcto de ésta. Después de realizar las tareas, se guardarán en lugar seguro.

La iluminación para desarrollar los oficios convenientemente oscilará en torno a los 100 lux.

Es conveniente que los vestidos estén configurados en varias capas al comprender entre ellas cantidades de aire que mejoran el aislamiento al frío. Empleo de guantes, botas y orejeras. Se resguardará al trabajador de vientos mediante apantallamientos y se evitará que la ropa de trabajo se empape de líquidos evaporables.

Si el trabajador sufriese estrés térmico se deben modificar las condiciones de trabajo, con el fin de disminuir su esfuerzo físico, mejorar la circulación de aire, apantallar el calor por radiación, dotar al trabajador de vestimenta adecuada (sombrero, gafas de sol, cremas y lociones solares), vigilar que la ingesta de agua tenga cantidades moderadas de sal y establecer descansos de recuperación si las soluciones anteriores no son suficientes.

El aporte alimentario calórico debe ser suficiente para compensar el gasto derivado de la actividad y de las contracciones musculares.

Para evitar el contacto eléctrico directo se utilizará el sistema de separación por distancia o alejamiento de las partes activas hasta una zona no accesible por el trabajador, interposición de obstáculos y/o barreras (armarios para cuadros eléctricos, tapas para interruptores, etc.) y recubrimiento o aislamiento de las partes activas.

Para evitar el contacto eléctrico indirecto se utilizará el sistema de puesta a tierra de las masas (conductores de protección, líneas de enlace con tierra y electrodos artificiales) y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada a las condiciones de humedad y resistencia de tierra de la instalación provisional).

Será responsabilidad del empresario garantizar que los primeros auxilios puedan prestarse en todo momento por personal con la suficiente formación para ello.

4.2.3. MEDIDAS PREVENTIVAS DE CARÁCTER PARTICULAR PARA CADA OFICIO

Movimiento de tierras. Excavación de pozos y zanjas.

Antes del inicio de los trabajos, se inspeccionará el tajo con el fin de detectar posibles grietas o movimientos del terreno.

Se prohibirá el acopio de tierras o de materiales a menos de dos metros del borde de la excavación, para evitar sobrecargas y posibles vuelcos del terreno, señalizándose además mediante una línea esta distancia de seguridad.

Se eliminarán todos los bolos o viseras de los frentes de la excavación que por su situación ofrezcan el riesgo de desprendimiento.

La maquinaria estará dotada de peldaños y asidero para subir o bajar de la cabina de control. No se utilizará como apoyo para subir a la cabina las llantas, cubiertas, cadenas y guardabarros.

Los desplazamientos por el interior de la obra se realizarán por caminos señalizados.

Se utilizarán redes tensas o mallazo electrosoldado situadas sobre los taludes, con un solape mínimo de 2 m.

La circulación de los vehículos se realizará a un máximo de aproximación al borde de la excavación no superior a los 3 m. para vehículos ligeros y de 4 m para pesados.

Se conservarán los caminos de circulación interna cubriendo baches, eliminando blandones y compactando mediante zahorras.

El acceso y salida de los pozos y zanjas se efectuará mediante una escalera sólida, anclada en la parte superior del pozo, que estará provista de zapatas antideslizantes.

Cuando la profundidad del pozo sea igual o superior a 1,5 m., se entibará (o encamisará) el perímetro en prevención de derrumbamientos.

Se efectuará el achique inmediato de las aguas que afloran (o caen) en el interior de las zanjas, para evitar que se altere la estabilidad de los taludes.

En presencia de líneas eléctricas en servicio se tendrán en cuenta las siguientes condiciones:

Se procederá a solicitar de la compañía propietaria de la línea eléctrica el corte de fluido y puesta a tierra de los cables, antes de realizar los trabajos.

La línea eléctrica que afecta a la obra será desviada de su actual trazado al límite marcado en los planos.

La distancia de seguridad con respecto a las líneas eléctricas que cruzan la obra, queda fijada en 5 m., en zonas accesibles durante la construcción.

Se prohíbe la utilización de cualquier calzado que no sea aislante de la electricidad en proximidad con la línea eléctrica.

Relleno de tierras.

Se prohíbe el transporte de personal fuera de la cabina de conducción y/o en número superior a los asientos existentes en el interior.

Se regarán periódicamente los tajos, las cargas y cajas de camión, para evitar las polvaredas. Especialmente si se debe conducir por vías públicas, calles y carreteras.

Se instalará, en el borde de los terraplenes de vertido, sólidos topes de limitación de recorrido para el vertido en retroceso.

Se prohíbe la permanencia de personas en un radio no inferior a los 5 m. en torno a las compactadoras y apisonadoras en funcionamiento.

Los vehículos de compactación y apisonado, irán provistos de cabina de seguridad de protección en caso de vuelco.

Trabajos con ferralla, manipulación y puesta en obra.

Los paquetes de redondos se almacenarán en posición horizontal sobre durmientes de madera capa a capa, evitándose las alturas de las pilas superiores al 1'50 m.

Se efectuará un barrido diario de puntas, alambres y recortes de ferralla en torno al banco (o bancos, borriquetas, etc.) de trabajo.

Queda prohibido el transporte aéreo de armaduras de pilares en posición vertical.

Se prohíbe trepar por las armaduras en cualquier caso.

Se prohíbe el montaje de zunchos perimetrales, sin antes estar correctamente instaladas las redes de protección.

Se evitará, en lo posible, caminar por los fondillos de los encofrados de jácenas o vigas.

Trabajos de manipulación del hormigón.

Se instalarán fuertes topes final de recorrido de los camiones hormigonera, en evitación de vuelcos.

Se prohíbe acercar las ruedas de los camiones hormigoneras a menos de 2 m. del borde de la excavación.

Se prohíbe cargar el cubo por encima de la carga máxima admisible de la grúa que lo sustenta.

Se procurará no golpear con el cubo los encofrados, ni las entibaciones.

La tubería de la bomba de hormigonado, se apoyará sobre caballetes, arriostándose las partes susceptibles de movimiento.

Para vibrar el hormigón desde posiciones sobre la cimentación que se hormigona, se establecerán plataformas de trabajo móviles formadas por un mínimo de tres tablones, que se dispondrán perpendicularmente al eje de la zanja o zapata.

Montaje de elementos metálicos.

Los elementos metálicos (báculos, postes, etc) se apilarán ordenadamente sobre durmientes de madera de soporte de cargas, estableciendo capas hasta una altura no superior al 1'50 m.

Las operaciones de soldadura en altura, se realizarán desde el interior de una guindola de soldador, provista de una barandilla perimetral de 1 m. de altura formada por pasamanos, barra intermedia y rodapié. El soldador, además, amarrará el mosquetón del cinturón a un cable de seguridad, o a argollas soldadas a tal efecto en la perfilera.

Se prohíbe la permanencia de operarios dentro del radio de acción de cargas suspendidas.

Se prohíbe la permanencia de operarios directamente bajo tajos de soldadura.

El ascenso o descenso, se realizará mediante una escalera de mano provista de zapatas antideslizantes y ganchos de cuelgue e inmovilidad dispuestos de tal forma que sobrepase la escalera 1 m. la altura de desembarco.

El riesgo de caída al vacío se cubrirá mediante la utilización de redes de horca (o de bandeja).

Montaje de prefabricados.

El riesgo de caída desde altura, se evitará realizando los trabajos de recepción e instalación del prefabricado desde el interior de una plataforma de trabajo rodeada de barandillas de 90 cm., de altura, formadas por pasamanos, listón intermedio y rodapié de 15 cm., sobre andamios (metálicos, tubulares de borriquetas).

Se prohíbe trabajar o permanecer en lugares de tránsito de piezas suspendidas en prevención del riesgo de desplome.

Los prefabricados se acopiarán en posición horizontal sobre durmientes dispuestos por capas de tal forma que no dañen los elementos de enganche para su izado.

Se paralizará la labor de instalación de los prefabricados bajo régimen de vientos superiores a 60 Km/h.

Albañilería.

Los escombros y cascotes se evacuarán diariamente, para evitar el riesgo de pisadas sobre materiales.

Pintura y barnizados.

Se prohíbe almacenar pinturas susceptibles de emanar vapores inflamables con los recipientes mal o incompletamente cerrados, para evitar accidentes por generación de atmósferas tóxicas o explosivas.

Se prohíbe realizar trabajos de soldadura y oxicorte en lugares próximos a los tajos en los que se empleen pinturas inflamables, para evitar el riesgo de explosión o de incendio.

Se tenderán redes horizontales sujetas a puntos firmes de la estructura, para evitar el riesgo de caída desde alturas.

Se prohíbe la conexión de aparatos de carga accionados eléctricamente (puentes grúa por ejemplo) durante las operaciones de pintura de carriles, soportes, topes, barandillas, etc., en prevención de atrapamientos o caídas desde altura.

Instalación eléctrica provisional de obra.

El montaje de aparatos eléctricos será ejecutado por personal especialista, en prevención de los riesgos por montajes incorrectos.

El calibre o sección del cableado será siempre el adecuado para la carga eléctrica que ha de soportar.

Los hilos tendrán la funda protectora aislante sin defectos apreciables (rasgones, repelones y asimilables). No se admitirán tramos defectuosos.

La distribución general desde el cuadro general de obra a los cuadros secundarios, se efectuará mediante manguera eléctrica antihumedad.

El tendido de los cables y mangueras, se efectuará a una altura mínima de 2 m. en los lugares peatonales y de 5 m. en los de vehículos, medidos sobre el nivel del pavimento.

Los empalmes provisionales entre mangueras, se ejecutarán mediante conexiones normalizadas estancas antihumedad.

Las mangueras de "alargadera" por ser provisionales y de corta estancia pueden llevarse tendidas por el suelo, pero arrimadas a los paramentos verticales.

Los interruptores se instalarán en el interior de cajas normalizadas, provistas de puerta de entrada con cerradura de seguridad.

Los cuadros eléctricos metálicos tendrán la carcasa conectada a tierra.

Los cuadros eléctricos se colgarán pendientes de tableros de madera recibidos a los paramentos verticales o bien a "pies derechos" firmes.

Las maniobras a ejecutar en el cuadro eléctrico general se efectuarán subido a una banqueta de maniobra o alfombrilla aislante.

Los cuadros eléctricos poseerán tomas de corriente para conexiones normalizadas blindadas para intemperie.

La tensión siempre estará en la clavija "hembra", nunca en la "macho", para evitar los contactos

eléctricos directos.

Los interruptores diferenciales se instalarán de acuerdo con las siguientes sensibilidades:

300 mA. Alimentación a la maquinaria.

30 mA. Alimentación a la maquinaria como mejora del nivel de seguridad.

30 mA. Para las instalaciones eléctricas de alumbrado.

Las partes metálicas de todo equipo eléctrico dispondrán de toma de tierra.

El neutro de la instalación estará puesto a tierra.

La toma de tierra se efectuará a través de la pica o placa de cada cuadro general.

El hilo de toma de tierra, siempre estará protegido con macarrón en colores amarillo y verde. Se prohíbe expresamente utilizarlo para otros usos.

La iluminación mediante portátiles cumplirá la siguiente norma:

- Portalámparas estanco de seguridad con mango aislante, rejilla protectora de la bombilla dotada de gancho de cuelgue a la pared, manguera antihumedad, clavija de conexión normalizada estanca de seguridad, alimentados a 24 V.
- La iluminación de los tajos se situará a una altura en torno a los 2 m., medidos desde la superficie de apoyo de los operarios en el puesto de trabajo.
- La iluminación de los tajos, siempre que sea posible, se efectuará cruzada con el fin de disminuir sombras.
- Las zonas de paso de la obra, estarán permanentemente iluminadas evitando rincones oscuros.

No se permitirá las conexiones a tierra a través de conducciones de agua.

No se permitirá el tránsito de carretillas y personas sobre mangueras eléctricas, pueden pelarse y producir accidentes.

No se permitirá el tránsito bajo líneas eléctricas de las compañías con elementos longitudinales transportados a hombro (pértigas, reglas, escaleras de mano y asimilables). La inclinación de la pieza puede llegar a producir el contacto eléctrico.

4.3. DISPOSICIONES ESPECIFICAS DE SEGURIDAD Y SALUD DURANTE LA EJECUCION DE LAS OBRAS.

Cuando en la ejecución de la obra intervenga más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o diversos trabajadores autónomos, el promotor designará un *coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra*, que será un técnico competente integrado en la dirección facultativa.

Cuando no sea necesaria la designación de coordinador, las funciones de éste serán asumidas por la dirección facultativa.

En aplicación del estudio básico de seguridad y salud, cada contratista elaborará un *plan de seguridad y salud en el trabajo* en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el estudio desarrollado en el proyecto, en función de su propio sistema de ejecución de la obra.

Antes del comienzo de los trabajos, el promotor deberá efectuar un *aviso* a la autoridad laboral competente.

5. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD RELATIVAS A LA UTILIZACION POR LOS TRABAJADORES DE EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL.

5.1. INTRODUCCION.

La ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

Así son las ***normas de desarrollo reglamentario*** las que deben fijar las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre ellas se encuentran las destinadas a garantizar *la utilización por los trabajadores en el trabajo de equipos de protección individual* que los protejan adecuadamente de aquellos riesgos para su salud o su seguridad que *no puedan evitarse o limitarse* suficientemente mediante la utilización de medios de protección colectiva o la adopción de medidas de organización en el trabajo.

5.2. OBLIGACIONES GENERALES DEL EMPRESARIO.

Hará obligatorio el uso de los equipos de protección individual que a continuación se desarrollan.

5.2.1. PROTECTORES DE LA CABEZA.

- Cascos de seguridad, no metálicos, clase N, aislados para baja tensión, con el fin de proteger a los trabajadores de los posibles choques, impactos y contactos eléctricos.
- Protectores auditivos acoplables a los cascos de protección.
- Gafas de montura universal contra impactos y antipolvo.
- Mascarilla antipolvo con filtros protectores.
- Pantalla de protección para soldadura autógena y eléctrica.

5.2.2. PROTECTORES DE MANOS Y BRAZOS.

- Guantes contra las agresiones mecánicas (perforaciones, cortes, vibraciones).
- Guantes de goma finos, para operarios que trabajen con hormigón.
- Guantes dieléctricos para B.T.
- Guantes de soldador.
- Muñequeras.
- Mango aislante de protección en las herramientas.

5.2.3. PROTECTORES DE PIES Y PIERNAS.

- Calzado provisto de suela y puntera de seguridad contra las agresiones mecánicas.
- Botas dieléctricas para B.T.
- Botas de protección impermeables.
- Polainas de soldador.
- Rodilleras.

5.2.4. PROTECTORES DEL CUERPO.

- Crema de protección y pomadas.
- Chalecos, chaquetas y mandiles de cuero para protección de las agresiones mecánicas.
- Traje impermeable de trabajo.
- Cinturón de seguridad, de sujeción y caída, clase A.
- Fajas y cinturones antivibraciones.
- Pértiga de B.T.
- Banqueta aislante clase I para maniobra de B.T.
- Linterna individual de situación.
- Comprobador de tensión.

PLIEGO DE CONDICIONES

Condiciones Generales

1. AMBITO DE APLICACION.
2. NORMAS UNE.
3. PRESION INTERIOR.
4. CLASIFICACION DE LOS TUBOS.
5. DIAMETRO NOMINAL.
6. CONDICIONES GENERALES DE LOS TUBOS.
7. MARCADO.
8. PRUEBAS EN FABRICA Y CONTROL DE CALIDAD DE LOS TUBOS.
9. ENTREGA EN OBRA DE LOS TUBOS Y ELEMENTOS.
10. CONDICIONES GENERALES DE LAS JUNTAS.
11. ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS DE LA RED DE SANEAMIENTO.

Condiciones y características técnicas de los tubos y accesorios para saneamiento.

1. MATERIALES.
2. ENSAYOS DE LOS TUBOS Y JUNTAS.
3. TUBOS DE HORMIGON EN MASA Y HORMIGON ARMADO.
4. TUBOS DE AMIANTO-CEMENTO.
5. TUBOS DE GRES.
6. TUBOS DE POLICLORURO DE VINILO NO PLASTIFICADO.
7. TUBOS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD.

Instalación de tuberías

1. TRANSPORTE Y MANIPULACION.
2. ZANJAS PARA ALOJAMIENTO DE TUBERIAS.
3. ACONDICIONAMIENTO DE LA ZANJA, MONTAJE DE TUBOS Y RELLENOS.

Pruebas de la tubería instalada

1. PRUEBAS POR TRAMOS.
2. REVISION GENERAL.

PLIEGO DE CONDICIONES

Condiciones Generales.

1. AMBITO DE APLICACION.

Este Pliego de Condiciones Técnicas Generales para Tuberías de Saneamiento de Poblaciones será de aplicación en la realización de suministros, explotación de servicios o ejecución de las obras y colocación de los tubos, uniones y demás piezas especiales necesarias para formar conducciones de saneamiento.

Se entenderá que el contratista conoce las prescripciones establecidas en este Pliego, a las que queda obligado.

2. NORMAS UNE.

7.050/53. Cedazos y tamices de ensayo.

7.052/52. Ensayo de absorción de agua en las tuberías, accesorios y canales de gres.

7.058/52. Método de ensayo de la resistencia del gres al ataque por agentes químicos.

48.103. Colores normalizados.

53.020/73. Materiales plásticos. Determinación de la densidad y de la densidad relativa de los materiales plásticos no celulares. Método de ensayo.

53.039/55. Materiales plásticos. Medida de la permeabilidad a la luz, de los materiales plásticos.

53.112/81. Plásticos. Tubos y accesorios de policloruro de vinilo no plastificado para conducción de agua a presión. Características y métodos de ensayo.

53.114/80. Parte II. Plásticos. Tubos y accesorios inyectados de policloruro de vinilo no plastificado para unión con adhesivo de aguas pluviales y residuales. Características y métodos de ensayo.

53.118/78. Materiales plásticos. Determinación de la temperatura de reblandecimiento VICAT.

53.126/79. Plásticos. Determinación del coeficiente de dilatación lineal.

53.121/82. Plásticos. Tubos de polietileno para conducciones de agua a presión. Medidas y características.

53.133/82. Plásticos. Tubos de polietileno para conducción de agua a presión. Métodos de ensayo.

53.174/85. Plásticos. Adhesivos para uniones encoladas de tubos y accesorios de policloruro de vinilo no plastificado utilizados en conducciones de fluidos con o sin presión. Características.

53.200/83. Plásticos. Determinación del índice de fluidez de polímeros.

53.331/86. Criterios para la comprobación de los tubos de UPVC y HDPE sin presiones sometidos a cargas externas.

53.389/85. Plásticos. Tubos y accesorios de policloruro de vinilo no plastificado. Resistencia química a fluidos.

53.390/86. Plásticos. Tubos y accesorios de polietileno de baja densidad (LDPE). Resistencia química a fluidos.

53.390/75. Elastómeros. Juntas de estanquidad de goma maciza para conducciones de aguas residuales. Características y métodos de ensayo.

67.019/78. Cerámica. Ladrillos cerámicos para la construcción. Características y usos.

88.201/78. Tubos, juntas y piezas de amianto cemento para conducciones de saneamiento.

88.211/83. Criterios para la elección de los tubos de amianto cemento a utilizar en conducciones con o sin presión sometidos a cargas externas.

3. PRESION INTERIOR.

Como principio general la red de saneamiento debe proyectarse de modo que en régimen normal, las tuberías que la constituyen no tengan que soportar presión interior.

Sin embargo, dado que la red de saneamiento puede entrar parcialmente en carga debido a caudales excepcionales o por obstrucción de una tubería, deberá resistir una presión interior de 1 kp/cm² (0,098 Mp).

4. CLASIFICACION DE LOS TUBOS.

Los tubos para saneamiento se caracterizan por su diámetro nominal y por su resistencia a la flexión transversal, resistencia al aplastamiento.

5. DIAMETRO NOMINAL.

El diámetro nominal (DN) es un número convencional de designación, que sirve para clasificar por dimensiones los tubos, piezas y demás elementos de las conducciones, expresado en mm, de acuerdo con la siguiente convención:

- En tubos de hormigón, amianto-cemento y gres, el DN es el diámetro interior teórico.
- En tubos de policloruro de vinilo no plastificado y polietileno de alta densidad, el DN es el diámetro exterior teórico.

El diámetro nominal de los tubos de la red de saneamiento no será inferior a trescientos milímetros. Para usos complementarios (acometidas, etc) se podrán utilizar tubos de diámetros menores, siempre que estén incluidos en las tablas de clasificación correspondientes a los distintos materiales.

6. CONDICIONES GENERALES DE LOS TUBOS.

La superficie interior de cualquier elemento será lisa, no pudiendo admitirse otros defectos de regularidad que los de carácter accidental o local que queden dentro de las tolerancias prescritas y que no representen merma de la calidad ni de la capacidad de desagüe. La reparación de tales defectos no se realizará sin la previa autorización de la D.O.

La D.O. se reserva el derecho de verificar previamente, por medio de sus representantes, los modelos, moldes y encofrados que vayan a utilizarse para la fabricación de cualquier elemento.

Las características físicas y químicas de la tubería, serán inalterables a la acción de las aguas que deban transportar, debiendo la conducción resistir sin daños todos los esfuerzos que esté llamada a soportar en servicio y durante las pruebas y mantenerse la estanquidad de la conducción a pesar de la posible acción de las aguas.

Todos los elementos deberán permitir el correcto acoplamiento del sistema de juntas empleado para que éstas sean estancas; a cuyo fin los extremos de cualquier elemento estarán perfectamente acabados para que las juntas sean impermeables, sin defectos que repercutan en el ajuste y montaje de las mismas, evitando tener que forzarlas.

7. MARCADO.

Los tubos deben llevar marcado como mínimo, de forma legible e indeleble los siguientes datos:

- Marca del fabricante.
- Diámetro nominal.
- La sigla SAN que indica que se trata de un tubo de saneamiento, seguida de la indicación de la serie de clasificación a que pertenece.
- Fecha de fabricación y marcas que permita identificar los controles a que ha sido sometido el lote a que pertenece el tubo y el tipo de cemento empleado en la fabricación en su caso.

8. PRUEBAS EN FABRICA Y CONTROL DE CALIDAD DE LOS TUBOS.

La D.O. se reserva el derecho de realizar en fábrica, por medio de sus representantes, cuantas verificaciones de fabricación y ensayos de materiales estime precisos para el control de las diversas etapas de fabricación, según las prescripciones de este Pliego.

Cuando se trate de elementos fabricados expresamente para una obra, el fabricante avisará al D.O. con quince días de antelación como mínimo del comienzo de la fabricación y de la fecha en que se propone efectuar las pruebas.

El D.O. podrá exigir al contratista certificado de garantía de que se efectuaron en forma satisfactoria los ensayos y de que los materiales utilizados en la fabricación cumplieron las especificaciones correspondientes. Este certificado podrá sustituirse por un sello de calidad reconocido oficialmente.

9. ENTREGA EN OBRA DE LOS TUBOS Y ELEMENTOS.

Cada entrega irá acompañada de un albarán especificando naturaleza, número, tipo y referencia de las piezas que la componen, y deberán hacerse con el ritmo y plazo señalados en el Pliego de Prescripciones Técnicas particulares o en su caso, por el D.O.

Las piezas que hayan sufrido averías durante el transporte o que presenten defectos, serán rechazados.

El D.O., si lo estima necesario, podrá ordenar en cualquier momento la realización de ensayos sobre lotes, aunque hubiesen sido ensayados en fábrica, para lo cual el contratista, avisado previamente por escrito, facilitará los medios necesarios para realizar estos ensayos, de los que se levantará acta, y los resultados obtenidos en ellos prevalecerán sobre cualquier otro anterior.

Cuando una muestra no satisfaga un ensayo se repetirá este mismo sobre dos muestras más del lote ensayado. Si también falla uno de estos ensayos, se rechazará el lote ensayado, aceptándose si el resultado de ambos es bueno, con excepción del tubo defectuoso ensayado.

10. CONDICIONES GENERALES DE LAS JUNTAS.

En la elección del tipo de junta, el Proyectista deberá tener en cuenta las solicitudes a que ha de estar sometida la tubería, especialmente las externas, rigidez de la cama de apoyo, etc., así como la agresividad del terreno, del efluente y de la temperatura de éste y otros agentes que puedan alterar los materiales que constituyen la junta. En cualquier caso las juntas serán estancas tanto a la presión de prueba de estanquidad de los tubos, como a posibles infiltraciones exteriores; resistirán los esfuerzos mecánicos y no producirán alteraciones apreciables en el régimen hidráulico de la tubería.

El proyectista fijará las condiciones que deben cumplir las juntas, así como los elementos que las formen. El contratista está obligado a presentar planos y detalles de la junta que se va a emplear de acuerdo con las condiciones del proyecto, así como tolerancias características de los materiales, elementos que la forman y descripción del montaje, al objeto de que el D.O., caso de aceptarla, previas las pruebas y ensayos que juzgue oportunos, pueda comprobar en todo momento la correspondencia entre el suministro y montaje de las juntas y la proposición aceptada.

Las juntas que se utilizarán podrán ser, según el material con que está fabricado el tubo: manguito del mismo material y características del tubo con anillos elásticos, copa con anillo elástico, soldadura u otras que garanticen su estanquidad y perfecto funcionamiento. Los anillos serán de caucho natural o sintético y cumplirán la UNE 53.590/75, podrán ser de sección circular, sección en V o formados por piezas con rebordes, que asegure la estanquidad.

Las juntas de los tubos de polietileno de alta densidad se harán mediante soldadura a tope, que se efectuarán por operario especialista expresamente calificado por el fabricante.

Para usos complementarios podrán emplearse, en tubos de policloruro de vinilo no plastificado, uniones encoladas con adhesivos y sólo en los tubos de diámetro igual o menor de 250 mm, con la condición de que sean ejecutados por un operario especialista expresamente calificado por el fabricante, y con el adhesivo indicado por éste, que no deberá desprenderse con la acción agresiva del agua y deberá cumplir la UNE 53.174/85.

El lubricante que eventualmente se emplee en las operaciones de unión de los tubos con junta elástica no debe ser agresivo, ni para el material del tubo, ni para el anillo elastomérico, incluso a temperaturas del efluente elevadas.

11. ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS DE LA RED DE SANEAMIENTO.

11.1. GENERALIDADES.

Las obras complementarias de la red, pozos de registro, sumideros, unión de colectores, acometidas y restantes obras especiales, pueden ser prefabricadas o construidas "in situ", estarán calculadas para resistir, tanto las acciones del terreno, como las sobrecargas definidas en el proyecto y serán ejecutadas conforme al proyecto.

La solera de éstas será de hormigón en masa o armado y su espesor no será inferior a 20 cm.

Los alzados construidos "in situ" podrán ser de hormigón en masa o armado, o bien de fábrica de ladrillo macizo. Su espesor no podrá ser inferior a 10 cm. si fuesen de hormigón armado, 20 cm. si fuesen de hormigón en masa, ni a 25 cm, si fuesen de fábrica de ladrillo.

En el caso de utilización de elementos prefabricados constituidos por anillos con acoplamientos sucesivos se adoptarán las convenientes precauciones que impidan el movimiento relativo entre dichos anillos.

El hormigón utilizado para la construcción de la solera no será de inferior calidad al que se utilice en alzados cuando éstos se construyan con este material. En cualquier caso, la resistencia característica a compresión a los 28 días del hormigón que se utilice en soleras no será inferior a 200 kp/cm².

Las superficies interiores de estas obras serán lisas y estancas. Para asegurar la estanquidad de la fábrica de ladrillo estas superficies serán revestidas de un enfoscado bruñido de 2 cm de espesor.

Las obras deben estar proyectadas para permitir la conexión de los tubos con la misma estanquidad que la exigida a la unión de los tubos entre sí.

La unión de los tubos a la obra de fábrica se realizará de manera que permita la impermeabilidad y adherencia a las paredes conforme a la naturaleza de los materiales que la constituyen; en particular la unión de los tubos de material plástico exigirá el empleo de un sistema adecuado de unión.

Deberán colocarse en las tuberías rígidas juntas suficientemente elásticas y a una distancia no superior a 50 cm. de la pared de la obra de fábrica, antes y después de acometer a la misma, para evitar que como consecuencia de asientos desiguales del terreno, se produzcan daños en la tubería, o en la unión de la tubería a la obra de fábrica.

11.2. POZOS DE REGISTRO.

Se dispondrán obligatoriamente pozos de registro que permitan el acceso para inspección y limpieza.

- a) En los cambios de alineación y de pendientes de la tubería.
- b) En las uniones de los colectores o ramales.
- c) En los tramos rectos de tubería, en general a una distancia máxima de 50 m.

Los pozos de registro tendrán un diámetro interior de 0,80 m. Podrán emplearse también pozos de registro prefabricados siempre que cumplan las dimensiones interiores, estanquidad y resistencia exigidas a los no prefabricados.

11.3. SUMIDEROS.

Los sumideros tienen por finalidad la incorporación de las aguas superficiales a la red; existe el peligro de introducir en ésta elementos sólidos que puedan producir atascos. Por ello no es recomendable su colocación en calles no pavimentadas, salvo que cada sumidero vaya acompañado de una arqueta visitable para la recogida y extracción periódica de las arenas y detritos depositados (areneros).

11.4. ACOMETIDAS DE EDIFICIOS.

La acometida de edificios a la red de saneamiento tendrá su origen en arquetas que recojan las aguas de lluvias de las azoteas y patios, y las aguas negras procedentes de las viviendas, bastando una arqueta en el caso de redes unitarias. Desde la arqueta se acometerá a la red general preferentemente a través de un pozo registro.

Siempre que un ramal secundario o una acometida se inserte en otro conducto se procurará que el ángulo de encuentro sea como máximo de 60°.

11.5. CAMARAS DE DESCARGA.

Se dispondrán en los orígenes de colectores, que por su situación estime el proyectista, depósitos de agua con un dispositivo que permita descargas periódicas fuertes de agua limpia, con objeto de limpiar la red de saneamiento.

11.6. ALIVIADEROS DE CRECIDA.

Con objeto de no encarecer excesivamente la red, y cuando el terreno lo permita, se dispondrán aliviaderos de crecida que sean visitables, para desviar excesos de caudales excepcionales producidos por aguas pluviales, siempre que la red de saneamiento no sea exclusivamente de aguas negras.

Condiciones y características técnicas de los tubos y accesorios para saneamiento

1. MATERIALES.

Todos los elementos que formen parte de los suministros para la realización de las obras procederán de fábricas que propuestas previamente por el contratista sean aceptadas por el D.O. No obstante el contratista es el único responsable ante la Administración.

Todas las características de los materiales que no se determinen en este Pliego o en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto, estarán de acuerdo con lo determinado en las especificaciones técnicas de carácter obligatorio por disposición oficial.

En la elección de los materiales se tendrán en cuenta la agresividad del efluente y las características del medio ambiente.

Los materiales empleados en la fabricación de tubos serán: hormigón en masa o armado, amianto cemento, gres, policloruro de vinilo no plastificado y polietileno de alta densidad.

El D.O. exigirá la realización de los ensayos adecuados de los materiales a su recepción en obra, que garanticen la calidad de los mismos de acuerdo con las especificaciones del proyecto.

El cemento cumplirá el vigente Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para la recepción de Cementos para el tipo fijado en el Proyecto. En la elección del tipo de cemento se tendrá especialmente en cuenta la agresividad del efluente y del terreno.

El agua, áridos, acero y hormigones cumplirá las condiciones exigidas en la vigente Instrucción para el Proyecto y la Ejecución de Obras de Hormigón en masa o armado, además de las particulares que se fijen en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto.

La fundición deberá ser gris, con grafito laminar (conocida como fundición gris normal) o con grafito esferoidal (conocida también como nodular o dúctil).

La fundición presentará en su fractura grano fino, regular, homogéneo y compacto. Deberá ser dulce, tenaz y dura; pudiendo, sin embargo, trabajarse a la lima y al buril, y susceptible de ser cortada y taladrada fácilmente. En su moldeo no presentará poros, sopladuras, bolsas de aire o huecos, gotas frías, grietas, manchas, pelos ni otros defectos debidos a impurezas que perjudiquen a la resistencia o a la continuidad del material y al buen aspecto de la superficie del producto obtenido. Las paredes interiores y exteriores de las piezas deben estar cuidadosamente acabadas, limpiadas y desbarbadas.

Los ladrillos empleados en todas las obras de la red de saneamiento, serán del tipo M de la UNE 67.019/78 y cumplirán las especificaciones que para ellos se dan en esta norma.

2. ENSAYO DE LOS TUBOS Y JUNTAS.

2.1. GENERALIDADES.

Los ensayos se efectuarán previamente a la aplicación de pintura o cualquier tratamiento de terminación del tubo que haya de realizarse en dicho lugar.

Serán obligatorias las siguientes verificaciones y ensayos para cualquier clase de tubos, además de las especiales que figuran en cada capítulo correspondiente:

- Examen visual del aspecto general de los tubos y piezas para juntas y comprobación de dimensiones y espesores.
- Ensayo de estanquidad según se define en el capítulo de cada tipo de tubo.
- Ensayo de aplastamiento según se define en el capítulo de cada tipo de tubo.

Estos ensayos de recepción, en el caso de que el D.O. lo considere oportuno, podrán sustituirse por un certificado en el que se expresen los resultados satisfactorios de los ensayos de estanquidad, aplastamiento, y en su caso flexión longitudinal del lote a que pertenezcan los tubos o los ensayos de autocontrol sistemáticos de fabricación, que garantice la estanquidad, aplastamiento y en su caso la flexión longitudinal.

2.2. LOTES Y EJECUCION DE LAS PRUEBAS.

En obra se clasificarán los tubos en lotes de 500 unidades según la naturaleza, categoría y diámetro nominal, antes de los ensayos.

El D.O. escogerá los tubos que deberán probarse.

Por cada lote de 500 unidades o fracción, si no se llegase en el pedido al número citado, se tomarán el menor número de elementos que permitan realizar la totalidad de los ensayos.

2.3. EXAMEN VISUAL DEL ASPECTO GENERAL DE LOS TUBOS Y COMPROBACION DE LAS DIMENSIONES.

La verificación se referirá al aspecto de los tubos y comprobación de las cotas especificadas especialmente: longitud útil y diámetro de los tubos, longitud y diámetro de las embocaduras, o manguito en su caso, espesores y perpendicularidad de las secciones extremas con el eje.

Cada tubo que se ensaye se hará rodar por dos carriles horizontales y paralelos, con una separación entre ejes igual a los dos tercios de la longitud nominal de los tubos. Se examinará por el interior y el exterior del tubo y se tomarán las medidas de sus dimensiones, el espesor en diferentes puntos y la flecha en su caso para determinar la posible curvatura que pueda presentar.

2.4. ENSAYO DE ESTANQUIDAD DEL TIPO DE JUNTAS.

Antes de aceptar el tipo de juntas propuesto, el D.O. podrá ordenar ensayos de estanquidad de tipos de juntas; en este caso el ensayo se hará en forma análoga al de los tubos, disponiéndose dos trozos de tubos, uno a continuación del otro, unidos por su junta, cerrando los extremos libres con dispositivos apropiados y siguiendo el mismo procedimiento indicado para los tubos. Se comprobará que no existe pérdida alguna.

3. TUBOS DE HORMIGON EN MASA Y HORMIGON ARMADO.

3.1. CARACTERISTICAS DEL MATERIAL.

Tanto para los tubos centrifugados como para los vibrados, la resistencia característica a la compresión del hormigón no será inferior a 275 kp/cm² a los veintiocho días, en probeta cilíndrica.

Los hormigones que se empleen en los tubos se ensayarán con una serie de seis probetas como mínimo diariamente, cuyas características serán representativas del hormigón producido en la jornada. Estas probetas se curarán por los mismos procedimientos que se empleen para curar los tubos.

Los tubos de hormigón armado se armarán en toda su longitud, llegando las armaduras hasta 25 mm del borde del mismo. En los extremos del tubo la separación de los cercos o el paso de las espiras deberá reducirse. El recubrimiento de las armaduras por el hormigón deberá ser, al menos, de 2 cm.

3.2. ENSAYO DE ESTANQUIDAD.

Los tubos que se van a ensayar se colocan en un máquina hidráulica, asegurando la estanquidad en sus extremos mediante dispositivos adecuados.

Los tubos se mantendrán llenos de agua durante las 24 horas anteriores al ensayo. Durante el tiempo del ensayo no se presentarán fisuras ni pérdida de agua, aunque puedan aparecer exudaciones.

Al comenzar el ensayo se mantendrá abierta la llave de purga, iniciándose la inyección de agua y

comprobando que ha sido expulsado la totalidad del aire y que, por consiguiente, el tubo está lleno de agua. Una vez conseguida la expulsión del aire se cierra la llave de purga y se eleva regular y lentamente la presión hasta que el manómetro indique que se ha alcanzado la presión máxima de ensayo, que será de 1 kp/cm². Esta presión se mantendrá durante 2 horas.

3.3. ENSAYO DE APLASTAMIENTO.

La carga de ensayo se aplicará uniformemente a lo largo de la generatriz opuesta al apoyo por medio de una viga de carga.

La carga deberá crecer progresivamente desde cero a razón de mil kilopondios por segundo.

Se llama carga de fisuración a aquella que haga aparecer la primera fisura de por lo menos 2 décimas de milímetro de abertura y treinta centímetros de longitud.

La carga lineal equivalente P, expresada en kp/m, se obtiene dividiendo la carga de fisuración Q por la longitud útil del tubo.

$$P = Q / Lu \text{ (kp/m)}$$

3.4. ENSAYO DE FLEXION LONGITUDINAL.

La carga aplicada se aumentará progresivamente, de modo que la tensión calculada para el tubo vaya creciendo a razón de ocho a doce kp por cm² y s hasta el valor P que provoque la rotura.

La tensión de rotura del material por flexión longitudinal S_f se expresará en kp/cm².

$$S_f = (8 / p) \cdot (P \cdot L (D+2e) / (D+2e)^4 - D^4)$$

Siendo:

P = Carga de rotura en kp.

L = Distancia entre los ejes de los apoyos, en cm.

D = Diámetro interior del tubo en la sección de rotura, en cm.

e = Espesor del tubo en la sección de rotura, en cm.

4. TUBOS DE AMIANTO CEMENTO.

4.1. CARACTERISTICAS DEL MATERIAL.

Los tubos de amianto-cemento estarán constituidos por una mezcla de agua, cemento y fibras de amianto sin adición de otras fibras que puedan perjudicar su calidad.

Las características mecánicas deberán ser como mínimo las siguientes:

- Tensión de rotura por presión hidráulica interior = 200 kp/cm².
- Tensión de rotura por flexión transversal (aplastamiento) = 330 kp/cm².

4.2. ENSAYOS.

El ensayo de estanquidad se realizará de acuerdo con el apartado 2.6.2. de la UNE 88.201/78.

El ensayo de aplastamiento se realizará de acuerdo con el apartado 2.6.1. de la UNE 88.201/78.

El ensayo de flexión longitudinal se realizará de acuerdo con el apartado 2.6.3. de la UNE 88.201/78.

5. TUBOS DE GRES.

5.1. CARACTERISTICAS DEL MATERIAL.

El empleo de tubos de gres está especialmente indicado en zonas en las que existan vertidos de

aguas agresivas industriales, debiendo extremarse en este caso las medidas de protección de los pozos de registro contra dichas aguas.

El gres procederá de arcillas plásticas parcialmente vitrificadas. Los tubos estarán vidriados en interior y exteriormente y tendrán estructura homogénea.

La máxima absorción de agua admisible será del 8 % del peso del tubo.

5.2. ENSAYOS.

El ensayo de estanquidad se realizará de acuerdo con el apartado 2.6.2. de la UNE 88.201/78.

El ensayo de aplastamiento se realizará de acuerdo con el apartado 2.6.1. de la UNE 88.201/78.

El ensayo de flexión longitudinal se realizará de igual manera que la descrita para los tubos de hormigón. El ensayo de resistencia del gres al ataque con el ácido sulfúrico y con hidróxido sódico se realizará de acuerdo con el capítulo 5 de la UNE 7.058/52.

6. TUBOS DE POLICLORURO DE VINILO NO PLASTIFICADO (UPVC).

6.1. CARACTERISTICAS DEL MATERIAL.

Estos tubos no se utilizarán cuando la temperatura permanente del agua sea superior a 40°C.

Estarán exentos de rebabas, fisuras, granos y presentarán una distribución uniforme de color. Se recomienda que estos tubos sean de color naranja rojizo vivo.

El comportamiento de estas tuberías frente a la acción de aguas residuales con carácter ácido o básico es bueno en general, sin embargo, la acción continuada de disolventes orgánicos puede provocar fenómenos de microfisuración. En el caso de que se prevean vertidos frecuentes a la red, de fluidos que presenten agresividad, podrá analizarse su comportamiento teniendo en cuenta lo indicado en la UNE 53.389/85.

El material empleado en la fabricación de tubos de UPVC será resina de policloruro de vinilo técnicamente pura (menos del 1 % de impurezas) en una proporción no inferior al 96 %, no contendrá plastificantes. Podrá contener otros ingredientes como estabilizadores, lubricantes, modificadores de las propiedades finales y colorantes.

Las características físicas, del material que constituye la pared de los tubos en el momento de su recepción en obra, serán las siguientes:

- Densidad = de 1,35 a 1,46 kg/dm³.
- Coeficiente de dilatación = de 60 a 80 millonésimas por grado centígrado.
- Temperatura de reblandecimiento = mayor o igual de 79°C.
- Resistencia a tracción simple = mayor o igual de 500 kp/cm².
- Alargamiento a la rotura = mayor o igual del 80 %.
- Absorción de agua = menor o igual de 40 % g/m².
- Opacidad = menor o igual de 0,2 %.

6.1.1. Comportamiento al calor.

La contracción longitudinal de los tubos, después de haber estado sometidos a la acción del calor, será inferior al cinco por ciento, determinada con el método de ensayo que figura en la UNE 53.389/85.

6.1.2. Resistencia al impacto.

El "verdadero grado de impacto" será inferior al cinco por ciento cuando se ensaya a temperatura de 0° y del diez por ciento cuando la temperatura de ensayo sea de 20°, determinado con el método de ensayo que figura en la UNE 53.112/81.

6.1.3. Resistencia a presión hidráulica interior en función del tiempo.

Los tubos no deberán romperse al someterlos a la presión hidráulica interior que produzca la tensión de tracción circunferencial que figura a continuación:

<u>Temperatura del ensayo °C</u> <u>circunferencial kp/cm²</u>	<u>Duración del ensayo en horas</u>	<u>Tensión de tracción</u>
20	1 100	420 350
60	100 1000	120 100

6.1.4. Ensayo de flexión transversal.

El ensayo de flexión transversal se realiza en un tubo de longitud L sometido, entre dos placas rígidas, a una fuerza de aplastamiento P aplicada a lo largo de la generatriz inferior, que produce una flecha o deformación vertical del tubo, cuyo valor deberá ser menor o igual a 0,478 P/L, según UNE 53.323/84.

6.2. ENSAYOS.

El ensayo de comportamiento al calor se realizará en la forma descrita en la UNE 53.112/81. El ensayo de resistencia al impacto se realizará en la forma descrita en la UNE 53.112/81. El ensayo de resistencia a presión hidráulica interior en función del tiempo se realizará en la forma descrita en la UNE 53.112/81, y a las temperaturas, duración de ensayo y presiones que figuran en 6.1.3. El ensayo de flexión transversal se realizará según el apartado 5.2. de la UNE 53.323/84. El ensayo de estanquidad se realizará en la forma descrita en el apartado 3.4.2. de la UNE 53.114/80 parte II, elevando la presión hasta 1 kp/cm².

6.3. CONDICIONES DE COLOCACION DE LAS TUBERIAS ENTERRADAS DE UPVC.

La tubería enterrada puede ser instalada en alguna de las siguientes formas:

- a) En zanja estrecha o ancha.
- b) En zanja terraplenada.
- c) En terraplén.

El ancho del fondo de la zanja o caja hasta el nivel de coronación de los tubos será el menor compatible con una buena compactación del relleno. Como mínimo será igual al diámetro exterior del tubo más cincuenta centímetros.

La tubería se apoyará sobre una cama nivelada, con un espesor mínimo de diez cm, formada por material de tamaño máximo no superior a 20 mm.

Una vez colocada la tubería y ejecutadas las juntas se procederá al relleno a ambos lados del tubo con el mismo material que el empleado en la cama. El relleno se hará por capas apisonadas de espesor no superior a 15 cm, manteniendo constantemente la misma altura, a ambos lados del tubo hasta alcanzar la coronación de éste, la cual debe quedar vista. El grado de compactación a obtener será el mismo que el de la cama. Se cuidará especialmente que no queden espacios sin rellenar bajo el tubo.

En una tercera fase, se procederá al relleno de la zanja o caja, hasta una altura de 30 cm por encima de la coronación del tubo, con el mismo tipo de material empleado en las fases anteriores. Se apisonará con pisón ligero a ambos lados del tubo y se dejará sin compactar la zona central, en todo el ancho de la proyección horizontal de la tubería.

A partir del nivel alcanzado en la fase anterior se proseguirá al relleno por capas sucesivas de altura no superior a 20 cm.

6.4. CONDICIONES DE UTILIZACION.

Los tubos de UPVC podrán utilizarse sin necesidad de cálculo mecánico justificativo cuando se

cumplan todas las siguientes condiciones:

- Altura máxima de relleno sobre la generatriz superior.
 - a) En zanja estrecha: 6,00 m.
 - b) En zanja ancha, zanja terraplenada y bajo terraplén: 4,00 m.
- Altura mínima de relleno sobre la generatriz superior.
 - a) Con sobrecargas móviles no superiores a 12 t, o sin sobrecargas móviles: 1,00 m.
 - b) Con sobrecargas móviles comprendidas entre 12 y 30 t: 1,50 m.
- Terreno natural de apoyo, y de la zanja hasta una altura sobre la generatriz superior del tubo no inferior a 2 veces el diámetro: rocas y suelos estables.
- Máxima presión exterior uniforme debida al agua intersticial o a otro fluido en contacto con el tubo: 0,6 kp/cm².

La tensión máxima admisible en la hipótesis de cargas combinadas más desfavorables será de 100 kp/cm² hasta una temperatura de servicio de 20 °C.

La flecha máxima admisible del tubo, debido a cargas ovalizantes será el cinco por ciento del DN, y el coeficiente de seguridad al pandeo, o colapso, del tubo será como mínimo 2.

7. TUBOS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (HDPE).

7.1. CARACTERISTICAS DEL MATERIAL.

Estos tubos no se utilizarán cuando la temperatura permanente del agua sea superior a 40°C.

Estarán exentos de burbujas y grietas, presentando una superficie exterior e interior lisa y con una distribución uniforme de color. La protección contra los rayos ultravioletas se realizará normalmente con negro de carbono incorporado a la masa. Las características, el contenido y la dispersión del negro de carbono cumplirán las especificaciones de la UNE 53.131/82. Los tubos se fabricarán por extrusión y el sistema de unión se realizará normalmente por soldadura a tope.

El comportamiento de estas tuberías frente a la acción de aguas residuales con carácter ácido o básico es bueno en general, sin embargo, la acción continuada de disolventes orgánicos puede provocar fenómenos de microfisuración. En el caso de que se prevean vertidos frecuentes a la red, de fluidos que presenten agresividad, podrá analizarse su comportamiento teniendo en cuenta lo indicado en la UNE 53.390/86.

Los materiales empleados en la fabricación de los tubos de polietileno de alta densidad estarán formados según se define en la UNE 53.131/82 por:

- a) Polietileno de alta densidad.
- b) Negro de carbono.
- c) Antioxidantes.

No se empleará el polietileno de recuperación.

Las características físicas, del material que constituye la pared de los tubos en el momento de su recepción en obra, serán las siguientes:

- Densidad = mayor de 0,940 kg/dm³.
- Coeficiente de dilatación = de 200 a 230 millonésimas por grado centígrado.
- Temperatura de reblandecimiento = mayor o igual de 100°C.
- Índice de fluidez = menor o igual de 0,3 g/10 min.
- Resistencia a tracción simple = mayor o igual de 190 kp/cm².
- Alargamiento a la rotura = mayor o igual del 350 %.

7.1.1. Comportamiento al calor.

La contracción longitudinal remanente del tubo, después de haber estado sometidos a la acción del calor, será inferior al tres por ciento, determinada con el método de ensayo que figura en la UNE 53.133/82.

7.1.2. Resistencia a presión hidráulica interior en función del tiempo.

Los tubos no deberán romperse al someterlos a la presión hidráulica interior que produzca la tensión de tracción circunferencial que figura a continuación:

<u>Temperatura del ensayo °C</u> <u>circunferencial kp/cm²</u>	<u>Duración del ensayo en horas</u>	<u>Tensión de tracción</u>
20	1	147
80	170	29

7.1.3. Ensayo de flexión transversal.

El ensayo de flexión transversal se realiza en un tubo de longitud L sometido, entre dos placas rígidas, a una fuerza de aplastamiento P aplicada a lo largo de la generatriz inferior, que produce una flecha o deformación vertical del tubo, cuyo valor deberá ser menor o igual a 0,388 P/L para la serie A y menor o igual a 0,102 P/L para la serie B, según UNE 53.323/84.

7.2. ENSAYOS.

El ensayo de comportamiento al calor se realizará en la forma descrita en el apartado 2.8 de la UNE 53.133/81. El ensayo de resistencia a presión hidráulica interior en función del tiempo se realizará en la forma descrita en la UNE 53.133/82, y a las temperaturas, duración de ensayo y presiones que figuran en 7.1.2. El ensayo de flexión transversal se realizará según el apartado 5.2. de la UNE 53.323/84. El ensayo de estanquidad se realizará en la forma descrita en el apartado 3.4.2. de la UNE 53.114/80 parte II, elevando la presión hasta 1 kp/cm².

7.3. CONDICIONES DE COLOCACION DE LAS TUBERIAS ENTERRADAS DE HDPE.

La tubería enterrada puede ser instalada en alguna de las siguientes formas:

- En zanja estrecha o ancha.
- En zanja terraplenada.
- En terraplén.

El ancho del fondo de la zanja o caja hasta el nivel de coronación de los tubos será el menor compatible con una buena compactación del relleno. Como mínimo será igual al diámetro exterior del tubo más cincuenta centímetros.

La tubería se apoyará sobre una cama nivelada, con un espesor mínimo de diez cm, formada por material de tamaño máximo no superior a 20 mm.

Una vez colocada la tubería y ejecutadas las juntas se procederá al relleno a ambos lados del tubo con el mismo material que el empleado en la cama. El relleno se hará por capas apisonadas de espesor no superior a 15 cm, manteniendo constantemente la misma altura, a ambos lados del tubo hasta alcanzar la coronación de éste, la cual debe quedar vista. El grado de compactación a obtener será el mismo que el de la cama. Se cuidará especialmente que no queden espacios sin rellenar bajo el tubo.

En una tercera fase, se procederá al relleno de la zanja o caja, hasta una altura de 30 cm por encima de la coronación del tubo, con el mismo tipo de material empleado en las fases anteriores. Se apisonará con pisón ligero a ambos lados del tubo y se dejará sin compactar la zona central, en todo el ancho de la proyección horizontal de la tubería.

A partir del nivel alcanzado en la fase anterior se proseguirá al relleno por capas sucesivas de altura no superior a 20 cm.

7.4. CONDICIONES DE UTILIZACION.

Los tubos de HDPE de la Serie A Normalizada podrán utilizarse sin necesidad de cálculo mecánico justificativo cuando se cumplan todas las siguientes condiciones:

- Altura máxima de relleno sobre la generatriz superior.
 - a) En zanja estrecha: 6,00 m.
 - b) En zanja ancha, zanja terraplenada y bajo terraplén: 4,00 m.
- Altura mínima de relleno sobre la generatriz superior.
 - a) Con sobrecargas móviles no superiores a 12 t, o sin sobrecargas móviles: 1,00 m.
 - b) Con sobrecargas móviles comprendidas entre 12 y 30 t: 1,50 m.
- Terreno natural de apoyo, y de la zanja hasta una altura sobre la generatriz superior del tubo no inferior a 2 veces el diámetro: rocas y suelos estables.
- Máxima presión exterior uniforme debida al agua intersticial o a otro fluido en contacto con el tubo: 0,6 kp/cm².

La tensión máxima admisible en la hipótesis de cargas combinadas más desfavorables será de 50 kp/cm² hasta una temperatura de servicio de 20 °C.

La flecha máxima admisible del tubo, debido a cargas ovalizantes será el cinco por ciento del DN, y el coeficiente de seguridad al pandeo, o colapso, del tubo será como mínimo 2.

Instalación de tuberías

1. TRANSPORTE Y MANIPULACION.

En las operaciones de carga, transporte y descarga de los tubos se evitarán los choques, siempre perjudiciales; se depositarán sin brusquedades en el suelo, no dejándolos caer; se evitará rodarlos sobre piedras, y en general, se tomarán las precauciones necesarias para su manejo de tal manera que no sufran golpes de importancia.

Tanto en el transporte como en el apilado se tendrá presente el número de capa de ellos que puedan apilarse de forma que las cargas de aplastamiento no superen el cincuenta por ciento (50 %) de las de prueba.

En el caso de que la zanja no estuviera abierta todavía se colocará la tubería, siempre que sea posible, en el lado opuesto a aquel en que se piensen depositar los productos de la excavación, y de tal forma que quede protegida del tránsito de los explosivos, etc.

Los tubos de hormigón recién fabricados no deben almacenarse en el tajo por un período largo de tiempo en condiciones que puedan sufrir secados excesivos o fríos intensos. Si fuera necesario hacerlo se tomarán las precauciones oportunas para evitar efectos perjudiciales en los tubos.

Los tubos acopiados en el borde de las zanjas y dispuestos ya para el montaje deben ser examinados por un representante de la Administración, debiendo rechazarse aquellos que presenten algún defecto perjudicial.

2. ZANJAS PARA ALOJAMIENTO DE TUBERIAS.

La profundidad mínima de las zanjas se determinará de forma que las tuberías resulten protegidas de los efectos del tráfico y cargas exteriores, así como preservadas de las variaciones de temperatura del medio ambiente. Para ello, el Proyectista deberá tener en cuenta la situación de la tubería (según sea bajo calzada o lugar de tráfico más o menos intenso, o bajo aceras o lugar sin tráfico), el tipo de relleno, la pavimentación si existe, la forma y calidad del lecho de apoyo, la naturaleza de las tierras, etc. Como norma general bajo calzadas o en terreno de tráfico rodado posible, la profundidad mínima será tal que la generatriz superior de la tubería quede por lo menos a un metro de la superficie; en aceras o lugar sin tráfico rodado puede disminuirse este recubrimiento a sesenta (60) centímetros. Si el recubrimiento indicado como mínimo no pudiera respetarse por razones topográficas, por otras canalizaciones, etc., se tomarán las medidas de protección necesarias.

Las conducciones de saneamiento se situarán en plano inferior a las de abastecimiento, con distancias vertical y horizontal entre una y otra no menor a un metro, medido entre planos tangentes, horizontales y verticales a cada tuberías más próximos entre sí. Si estas distancias no pudieran mantenerse o fuera preciso cruces con otras canalizaciones, deberán adoptarse precauciones especiales.

La anchura de las zanjas debe ser la suficiente para que los operarios trabajen en buenas condiciones, dejando, según el tipo de tubería, un espacio suficiente para que el operario instalador pueda efectuar su trabajo con toda garantía. El ancho de la zanja depende del tamaño de la tubería, profundidad de la zanja, taludes de las paredes laterales, naturaleza del terreno y consiguiente necesidad o no de entibación, etc.; como norma general, la anchura mínima no debe ser inferior a setenta (70) centímetros y se debe dejar un espacio de veinte (20) centímetros a cada lado del tubo, según el tipo de juntas. Al proyectar la anchura de la zanja se tendrá en cuenta si su profundidad o la pendiente de su solera exigen el montaje de los tubos con medios auxiliares especiales (pórticos, carretones, etc). Se recomienda que no transcurran más de ocho días entre la excavación de la zanja y la colocación de la tubería.

En el caso de terrenos arcillosos o margosos de fácil meteorización, si fuese absolutamente imprescindible efectuar con más plazo la apertura de las zanjas, se deberá dejar sin excavar unos veinte (20) centímetros sobre la rasante de la solera para realizar su acabado en plazo inferior al citado.

Las zanjas pueden abrirse a mano o mecánicamente, pero en cualquier caso su trazado deberá ser correcto, perfectamente alineadas en planta y con la rasante uniforme, salvo que el tipo de junta a emplear precise que se abran nichos. Estos nichos del fondo y de las paredes no deben efectuarse hasta el momento de montar los tubos y a medida que se verifique esta operación, para asegurar su posición y conservación.

Se excavará hasta la línea de la rasante siempre que el terreno sea uniforme; si quedan al descubierto piedras, cimentaciones, rocas, etc, será necesario excavar por debajo de la rasante para efectuar un relleno posterior. Normalmente esta excavación complementaria tendrá de quince a treinta (15 a 30) centímetros de espesor. De ser preciso efectuar voladuras para las excavaciones, en especial en poblaciones, se adoptarán precauciones para la protección de personas o propiedades, siempre de acuerdo con la legislación vigente y las ordenanzas municipales, en su caso.

El material procedente de la excavación se apilará lo suficiente alejado del borde de las zanjas para evitar el desmoronamiento de éstas o que el desprendimiento del mismo pueda poner en peligro a los trabajadores. En el caso de que las excavaciones afecten a pavimentos, los materiales que puedan ser usados en la restauración de los mismos deberán ser separados del material general de la excavación.

El relleno de las excavaciones complementarias realizadas por debajo de la rasante se regularizará dejando una rasante uniforme. El relleno se efectuará preferentemente con arena suelta, grava o piedra machacada, siempre que el tamaño superior de ésta no exceda de dos (2) centímetros. Se evitará el empleo de tierras inadecuadas. Estos rellenos se apisonarán cuidadosamente por tongadas y se regularizará la superficie. En el caso de que el fondo de la zanja se rellene con arena o grava los nichos para las juntas se efectuarán en el relleno. Estos rellenos son distintos de las camas de soporte de los tubos y su único fin es dejar una rasante uniforme.

Cuando por su naturaleza el terreno no asegure la suficiente estabilidad de los tubos o piezas especiales, se compactará o consolidará por los procedimientos que se ordenen y con tiempo suficiente. En el caso de que se descubra terreno excepcionalmente malo se decidirá la posibilidad de construir una cimentación especial (apoyos discontinuos en bloques, pilotajes, etc).

3. ACONDICIONAMIENTO DE LA ZANJA, MONTAJE DE TUBOS Y RELLENOS.

A los efectos del presente Pliego los terrenos de las zanjas se clasifican en las tres calidades siguientes:

- Estables: Terrenos consolidados, con garantía de estabilidad. En este tipo de terrenos se incluyen los rocosos, los de tránsito, los compactos y análogos.
- Inestables: Terrenos con posibilidad de expansiones o de asentamientos localizados, los cuales,

mediante un tratamiento adecuado, pueden corregirse hasta alcanzar unas características similares a las de los terrenos estables. En este tipo de terreno se incluyen las arcillas, los rellenos y otros análogos.

- Excepcionalmente inestables: Terrenos con gran posibilidad de asentamientos, de deslizamientos o fenómenos perturbadores. En esta categoría se incluyen los fangos, arcillas expansivas, los terrenos movedizos y análogos.

De acuerdo con la clasificación anterior se acondicionarán las zanjas de la siguiente manera:

a) Terrenos estables. En este tipo de terrenos se dispondrá una capa de gravilla o de piedra machacada, con un tamaño máximo de veinticinco (25) milímetros y mínimo de cinco (5) milímetros a todo lo ancho de la zanja con espesor de un sexto (1/6) del diámetro exterior del tubo y mínimo de diez (10) centímetros.

b) Terrenos inestables. Si el terreno es inestable se dispondrá sobre todo el fondo de la zanja una capa de hormigón pobre, con un espesor de quince (15) centímetros. Sobre esta capa se situarán los tubos, y hormigonado posteriormente con hormigón de doscientos (200) kilogramos de cemento por metro cúbico, de forma que el espesor entre la generatriz inferior del tubo y la solera de hormigón pobre tenga quince (15) centímetros de espesor. El hormigón se extenderá hasta que la capa de apoyo corresponda a un ángulo de ciento veinte grados sexagesimales (120 °) en el centro del tubo. Para tubos de diámetro inferior a 60 cm la cama de hormigón podrá sustituirse por una cama de arena dispuesta sobre la capa de hormigón.

c) Terrenos excepcionalmente inestables. Los terrenos excepcionalmente inestables se tratarán con disposiciones adecuadas en cada caso, siendo criterio general procurar evitarlos, aún con aumento del presupuesto.

Antes de bajar los tubos a la zanja se examinarán éstos y se apartarán los que presenten deterioros perjudiciales. Se bajarán al fondo de la zanja con precaución, empleando los elementos adecuados según su peso y longitud.

Una vez los tubos en el fondo de la zanja, se examinarán para cerciorarse de que su interior está libre de tierra, piedras, útiles de trabajo, etc, y se realizará su centrado y perfecta alineación, conseguido lo cual se procederá a calzarlos y acodalarlos con un poco de material de relleno para impedir su movimiento. Cada tubo deberá centrarse perfectamente con los adyacentes. Si se precisase reajustar algún tubo, deberá levantarse el relleno y prepararlo como para su primera colocación.

Cuando se interrumpa la colocación de tuberías se taponarán los extremos libres para impedir la entrada de agua o cuerpos extraños, procediendo, no obstante esta precaución a examinar con todo cuidado el interior de la tubería al reanudar el trabajo por si pudiera haberse introducido algún cuerpo extraño en la misma.

Las tuberías y zanjas se mantendrán libres de agua, agotando con bomba o dejando desagües en la excavación. Para proceder al relleno de las zanjas se precisará autorización expresa de la D.O.

Generalmente no se colocarán más de cien (100) metros de tubería sin proceder al relleno, al menos parcial, para evitar la posible flotación de los tubos en caso de inundación de la zanja y también para protegerlos, en lo posible de los golpes.

Una vez colocada la tubería, el relleno de las zanjas se compactará por tongadas sucesivas. Las primeras tongadas hasta unos treinta (30) centímetros por encima de la generatriz superior del tubo se harán evitando colocar piedras o gravas con diámetros superiores a dos (2) centímetros y con un grado de compactación no menor del 95 por 100 del Proctor Normal. Las restantes podrán contener material más grueso, recomendándose, sin embargo, no emplear elementos de dimensiones superiores a los veinte (20) centímetros, y con un grado de compactación del 100 por 100 del Proctor Normal. Cuando los asientos previsibles de las tierras de relleno no tengan consecuencias de consideración, se podrá admitir el relleno total con una compactación al 95 por 100 del Proctor Normal. Se tendrá especial cuidado en el procedimiento empleado para terraplenar zanjas y consolidar rellenos, de forma que no produzcan movimientos en las tuberías. No se rellenarán las zanjas, normalmente, en tiempo de grandes heladas o con material helado.

Pruebas de la tubería instalada

1. PRUEBAS POR TRAMOS.

Se deberá probar al menos el 10 % de la longitud total de la red. El D.O. determinará los tramos que deberán probarse.

Una vez colocada la tubería de cada tramo, construidos los pozos y antes del relleno de la zanja, el contratista comunicará al D.O. que dicho tramo está en condiciones de ser probado. El D.O. en el caso de que decida probar ese tramo fijará la fecha, en caso contrario autorizará el relleno de la zanja.

La prueba se realizará obturando la entrada de la tubería en el pozo de aguas abajo y cualquier otro punto por el que pudiera salirse el agua; se llenará completamente de agua la tubería y el pozo de aguas arriba del tramo a probar.

Transcurridos 30 minutos del llenado se inspeccionarán los tubos, las juntas y los pozos, comprobándose que no ha habido pérdida de agua.

Todo el personal, elementos y materiales necesarios para la realización de las pruebas será de cuenta del contratista.

Excepcionalmente, el D.O. podrá sustituir este sistema de prueba por otro suficientemente constatado que permita la detección de fugas.

Si se aprecian fugas durante la prueba, el contratista las corregirá procediéndose a continuación a una nueva prueba.

2. REVISION GENERAL.

Una vez finalizada la obra y antes de la recepción provisional, se comprobará el buen funcionamiento de la red vertiendo agua en los pozos de registro de cabecera o, mediante las cámaras de descarga si existiesen, verificando el paso correcto de agua en los pozos registro aguas abajo.

El contratista suministrará el personal y los materiales necesarios para esta prueba.

Apéndice 4: Planos

Se van a incluir con la memoria del proyecto los siguientes planos:

ÍNDICE DE PLANOS	
Nº	Plano:
1	Situación
2	Emplazamiento
3	Parcelario
4	Porción de parcelario
5	Abastecimiento DMelect Planta
6	Abastecimiento DMelect Longitudinal
7	Abastecimiento CYPE Planta
8	Abastecimiento Procuno Planta
9	Alcantarillado DMelect Planta
10	Alcantarillado DMelect Longitudinal
11	Alcantarillado CYPE Planta
12	Alcantarillado CYPE Longitudinal
13	Alcantarillado Procuno Planta
14	Electricidad DMelect Planta
15	Electricidad CYPE Planta
16	Esquema unifilar CYPE
17	Electricidad Procuno Planta

Los cuatro primeros planos, los he incluido yo, para que se vea claramente la situación y el emplazamiento del polígono industrial elegido, así como el plano parcelario del mismo y la porción de parcela utilizada para los cálculos de las distintas instalaciones.

De los planos generados por los programas destacar lo siguiente:

- El único de los programas que genera los planos incluyendo una leyenda de cada uno de los elementos incluidos en nuestra instalación, bien sea eléctrica, de abastecimiento o de alcantarillado es DMelect. En su línea, incluso a la hora de sacar planos DMelect sigue siendo el programa más intuitivo de todos. A los planos que generan CYPE y Procuno, para saber que es cada cosa tendríamos que añadirle nosotros una leyenda con Autocad. No he hecho esto porque la idea era sacar los planos que genera cada programa sin modificar nada de manera que se vean claramente las diferencias entre los planos generados por cada uno de los programas. Destacar también que los planos que genera CYPE van con un cajetín distinto al habitual. Esto es debido a que he aprovechado la opción del programa de CYPE de añadir un cajetín a los planos que saca el programa. De esta forma se confirma lo que ya comenté y es que CYPE saca los planos de forma que se pueden usar directamente en obra.

- Dentro de los planos de abastecimiento, el único que saca un plano del longitudinal de la instalación, independientemente del plano de planta es DMelect. Eso no quiere decir que CYPE y Procuno no aporten esta información, lo que pasa es que no lo hacen en planos independientes, por eso no incluyo estos planos. Por otro lado, en el plano del longitudinal de DMelect, el plano del longitudinal incluido es el del tramo que va desde el nudo 1 hasta el 14.

- Dentro de los planos de alcantarillado, tanto DMelect como CYPE sacan planos del longitudinal de la instalación, independientemente del plano de planta. Eso no quiere decir que Procuno no aporte esta información, lo que pasa es que no lo hace en planos independientes, por eso no incluyo este plano. Por otro lado, en el plano del longitudinal de DMelect, el plano del longitudinal incluido es el del vertedero hasta los nudos 40 y 45 respectivamente, mientras que el plano del longitudinal de CYPE es el que va desde el nudo 9 hasta el nudo 21.

- Dentro de los planos de electricidad, sólo CYPE y Procuno generan un esquema unifilar de nuestra instalación eléctrica. DMelect por su parte no genera este tipo de esquemas. Sólo incluyo el esquema unifilar generado por CYPE, ya que el esquema unifilar generado por Procuno no es independiente del plano de planta de la instalación eléctrica. También destacar que en el plano de planta generado por Procuno no se distinguen bien la numeración de los nudos, y esto es debido a lo que ya he comentado: Este programa está más pensado para el cálculo de instalaciones receptoras interiores, de ahí que para una instalación tan grande como la que tenemos la rotulación del plano queda muy pequeña. Lógicamente la numeración se la podemos poner nosotros mismo con

Autocad, al igual que su correspondiente leyenda como ya comenté, lo que pasa es que la idea es ver exactamente el plano que genera cada programa sin modificar nada para ver las diferencias entre ellos.

