

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA
DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD
GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

Trabajo Fin de Grado

Diseño de una línea de Alta Tensión para
suministro de Energía Eléctrica a una
Subestación Transformadora

YOLANDA ROS MARTÍNEZ
Octubre, 2015

Tutores:
Francisco Javier Cánovas Rodríguez
Juan José Portero Rodríguez

ÍNDICE:

MEMORIA	0
1. PREÁMBULO.....	1
2. OBJETO DEL PROYECTO.....	1
3. NORMATIVA APLICABLE	1
4. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LÍNEA	3
5. EMPLAZAMIENTO	3
6. TRAZADO DE LA LÍNEA	3
7. CRUZAMIENTOS.....	4
8. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS ELEMENTOS DE LA LÍNEA AÉREA.....	5
8.1 CONDUCTORES.....	5
8.2 CABLE DE TIERRA/COMUNICACIONES	6
8.3 AISLAMIENTO Y HERRAJES	6
8.4 APOYOS	7
8.5 CIMENTACIONES	8
8.6 PUESTAS A TIERRA	8
8.7 DISTANCIAS DE SEGURIDAD	8
CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	0
1. CÁLCULO ELÉCTRICO DE LA LÍNEA	0
1.1 INTENSIDAD DE CORRIENTE.....	0
1.2 ELECCIÓN DEL CONDUCTOR	0
1.3 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LÍNEA	0
1.4 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DEL CONDUCTOR	1
1.5 INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE	1
1.6 RESISTENCIA ELÉCTRICA	1
1.7 REACTANCIA INDUCTIVA	2
1.8 CAÍDA DE TENSIÓN	3
1.9 POTENCIA A TRANSPORTAR.....	4
1.10 PÉRDIDAS DE POTENCIA	5
1.11 EFECTO CORONA	5
2. CÁLCULO MECÁNICO DE LA LÍNEA	7
2.1 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL CONDUCTOR Y CABLE DE TIERRA/COMUNICACIONES	8
2.2 CONSIDERACIONES DE CARGAS Y SOBRECARGAS	9

2.2.1	Cargas permanentes.....	9
2.2.2	Sobrecarga por la acción del viento	9
2.2.3	Peso aparente por sobrecarga por la acción del viento.....	10
2.2.4	Resumen de resultados de cargas y sobrecarga.....	10
2.3	FENÓMENOS VIBRATORIOS	11
2.4	HIPÓTESIS DE CÁLCULO	11
2.5	CÁLCULO DE TENSIONES Y FLECHAS	12
2.5.1	Tensiones.....	12
2.5.2	Flecha	13
2.5.3	Vano ideal de regulación	15
2.5.4	Tabla de tendido	16
2.6	AISLAMIENTO Y HERRAJES	18
2.6.1	Nivel de aislamiento.....	19
2.6.2	Herrajes	19
2.7	DISTANCIAS REGLAMENTARIAS	23
2.7.1	Distancias entre conductores	24
2.7.2	Vanos máximos por separación entre conductores.....	26
2.7.3	Distancias entre conductores y partes puestas a tierra.....	27
2.7.4	Distancias al terreno, caminos, sendas y a cursos de agua no navegables.....	31
2.7.5	Distancias a otras a líneas eléctricas aéreas o líneas aéreas de telecomunicaciones (cruzamientos).....	31
2.7.6	Distancias a carreteras (cruzamientos).....	32
2.7.7	Otras distancias reglamentarias a considerar.....	32
2.8	APOYOS	32
2.8.1	Principios básicos del cálculo mecánico en apoyos.....	32
2.8.2	Definición de hipótesis normales y anormales.....	33
2.8.3	Definición de las hipótesis para los distintos tipos de apoyos.....	34
2.8.3.1	Fin de línea.....	37
2.8.3.2	Amarre de alineación.....	39
2.8.3.3	Anclaje de ángulo.....	42
2.8.3.4	Amarre de ángulo.....	44
2.8.3.5	Suspensión de alineación.....	47
2.9	CIMENTACIONES	49
2.10	PUESTAS A TIERRA	52
2.11	CONCLUSIÓN.....	54
PRESUPUESTO		0

PLANOS.....	0
PLIEGO DE CONDICIONES	0
1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES Y TÉCNICAS PARA LÍNEAS DE A.T.	1
1.1 OBJETO	1
1.2 CAMPO DE APLICACIÓN	1
1.2.1 Organización del trabajo	1
1.2.1.1 Datos de la obra.....	1
1.2.1.2 Replanteo de la obra.....	1
1.2.1.3 Recepción del material	2
1.2.1.4 Organización	2
1.2.1.5 Ejecución de las obras	2
1.2.1.6 Subcontratación de las obras	2
1.2.1.7 Plazo de ejecución.....	2
1.2.1.8 Recepción provisional	3
1.2.1.9 Periodo de garantía	3
1.2.1.10 Recepción definitiva	3
1.2.1.11 Pago de obras	3
1.2.1.12 Abono de los materiales acopiados	3
1.2.1.13 Disposición final.....	4
1.3. PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES	4
1.3.1. Características de los materiales.....	4
1.3.2. Ejecución de las instalaciones proyectadas	4
1.3.2.1. Apertura de hoyos	5
1.3.2.2. Transporte y acopio a pie de hoyo	5
1.3.2.3. Cimentaciones.....	6
1.3.2.4. Armado de apoyos metálicos.....	8
1.3.2.5. Protección de las superficies metálicas	8
1.3.2.6. Izados de apoyos.....	8
1.3.2.7. Reposición del terreno	9
1.3.2.8. Numeración de apoyos y avisos de peligro eléctrico	9
1.3.2.9. Puesta a tierra	9
1.4. RECEPCIÓN DE LA OBRA	9
1.4.1. Calidad de las cimentaciones	10
1.4.2. Tolerancias de ejecución	10
ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	0

1. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD	1
2. OBJETO DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	1
3. ANÁLISIS DEL RIESGO	2
3.1. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS _____	2
3.2. ESTIMACIÓN DEL RIESGO _____	2
3.3. SEVERIDAD DEL DAÑO _____	2
3.3.1. Valoración del riesgo _____	3
RIESGO.....	3
ACCIÓN Y TEMPORIZACIÓN	3
3.4. SERVICIOS SANITARIOS Y COMUNES _____	4
3.5. PROTECCIONES _____	5
3.5.1. Protección de la cabeza _____	6
3.5.2. Protección del oído _____	6
3.5.3. Protección ojos y cara _____	6
3.5.4. Protección de las vías respiratorias _____	7
3.5.5. Protección de los pies _____	8
3.5.6. Protección de brazos y manos _____	8
3.5.7. Protección del cuerpo entero _____	9
3.6. CAÍDAS EN ALTURA _____	9
3.6.1. Objeto _____	9
3.6.2. Principales riesgos derivados _____	9
3.6.3. Procedimientos _____	10
3.6.4. Protecciones individuales a utilizar _____	11
3.7. INSTRUCCIONES DE OPERATIVIDAD PARA LÍNEAS DE ALTA TENSIÓN NO SUBTERRÁNEAS _____	11
3.7.1. Trabajos en instalaciones de alta tensión sin tensión _____	12

MEMORIA

1. PREÁMBULO

Se realiza el presente Trabajo Fin de Grado con el principal objetivo de culminar mis estudios de Grado en Ingeniería Eléctrica en la Universidad Politécnica de Cartagena. La supervisión del proyecto queda bajo la tutoría de los profesores Francisco Javier Cánovas Rodríguez y Juan José Portero Rodríguez.

El proyecto consiste en el diseño de una línea aérea de Alta Tensión de 66kV para suministro de Energía Eléctrica a una Subestación Transformadora con una potencia de 10MW y una longitud aproximada de 1,65 km.

2. OBJETO DEL PROYECTO

El objeto del presente Proyecto es solicitar a las autoridades competentes la autorización y la puesta en servicio de una Línea aérea (1650 m) de Alta Tensión de 66kV. Todo ello para suministro de Energía Eléctrica a una Subestación Transformadora entre el término municipal de Librilla y Mula (Región de Murcia).

De este modo este proyecto tiene por objeto el describir y justificar las obras e instalaciones necesarias para la construcción de las líneas aéreas de A.T. y con ello servir de base para la licitación y posterior contratación de las mismas.

3. NORMATIVA APLICABLE

Para la redacción del presente proyecto se han tenido en cuenta las siguientes normas y reglamentos.

- Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria (BOE núm. 176, de 23 de julio de 1992).
- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico (BOE núm. 285, de 28 de noviembre de 1997). 8
- Real Decreto 2819/1998, de 23 de diciembre, por el que se regula las actividades de transporte y distribución de energía eléctrica (BOE núm. 321, de 30 de diciembre de 1998).
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre de 2000, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica (BOE núm. 310, de 27 de diciembre de 2000; con corrección de errores en BOE núm. 62, de 13 de marzo de 2001).
- Real Decreto 2351/2004, de 23 de diciembre, por el que se modifica el procedimiento de resolución de restricciones técnicas y otras normas reglamentarias del mercado eléctrico

(BOE núm. 309, de 24 de diciembre de 2004; con corrección de errores en BOE núm. 314, 30 de diciembre de 2004).

- Normas Particulares de la Empresa Eléctrica Distribuidora. Normas NI y Manuales Técnicos (MT).

- Real Decreto 222/2008, de 15 de Febrero, por el que se establece el régimen retributivo de la actividad de distribución de energía eléctrica.

- Real Decreto 263/2008, de 22 de Febrero, por el que se establecen medidas de carácter técnico en líneas eléctricas de alta tensión, con objeto de proteger la avifauna.

- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

- Ley 31/1995 de 0 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales. Y las modificaciones que sobre ésta ha producido las leyes 50/1998, 39/1999, 54/2003 y el Real Decreto Legislativo 5/2000.

- Normalización Nacional de obligado cumplimiento (Normas UNE).

- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados.

- Decreto 3151/1968, de 28 de noviembre (industria), por el que se aprueba el Reglamento de líneas eléctricas aéreas de alta tensión (BOE nº 311, de 27/12/1968).

- Ley 2/1989, de 3 de marzo, de Impacto Ambiental (DOGV nº 1.021, de 08/03/1989).

- Decreto 162/1990, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución de la Ley 2/1989, de 3 de marzo, de Impacto Ambiental (DOGV nº 1.412, de 30/10/1990).

-Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, aprobado por el Real Decreto de 12-11-82 y publicado en el B.O.E. núm. 288 del 1-12-82 y las Instrucciones Técnicas Complementarias aprobadas por Orden de 6-7-84, y publicado en el B.O.E. núm. 183 del 1-8-84, así como las actualizaciones posteriores

-Normas Particulares de la Empresa Iberdrola, S.A. para las instalaciones de líneas de Alta Tensión hasta 66 kV.

-Recomendaciones UNESA.

-Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados y Ordenanzas Municipales.

4. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LÍNEA

Sistema	Corriente alterna trifásica
Tensión nominal (kV)	66
Tensión más elevada (kV)	72,5
Frecuencia (Hz)	50
Categoría de la línea	Segunda
Origen de la línea	Librilla
Final de la línea	Mula
Número de conductores por fase	1
Máxima potencia a transportar(MVA)	11,11
Longitud de la línea (m)	1650
Zona reglamentaria de aplicación	A
Naturaleza del conductor	Aluminio-Acero
Denominación del conductor	LA-175
Cable de tierra/comunicaciones	OPGW 48F
Aislamiento	Composite
Tipo de apoyo	Metálicos de celosía
Número de apoyos	10
Cimentaciones	Monobloque/Tetrabloque
Puesta a tierra	Anillo/Picas

Tabla 1. Características generales de la línea.

5. EMPLAZAMIENTO

La línea aérea de alta tensión 66kV que se proyecta se sitúa entre el término municipal de Librilla y Mula (Región de Murcia) tal como se especifica en los planos de situación adjuntos.

6. TRAZADO DE LA LÍNEA

El trazado de la línea nace de una subestación transformadora en el término municipal de Librilla y termina en otra subestación transformadora en el término municipal de Mula. La longitud total de la línea es de 1650 metros y está compuesta por 9 vanos.

El trazado de la línea es de fácil acceso en todo su recorrido a excepción de dos barrancos que se sitúan en el término municipal de Librilla, uno al comienzo de la línea y otro justo después de la zona de mayor altitud.

La línea eléctrica objeto del presente estudio está dimensionada para la tensión nominal de 66 kV, por lo que queda clasificada en el grupo de segunda categoría, de acuerdo con el artículo 3 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión.

Por estar ubicada en terrenos comprendidos entre 0- 500 metros de altitud la zona de emplazamiento de la misma se clasifica como "ZONA A", según apartado 3.1.3. de la ITC-LAT-07, consideración a tener en cuenta en el desarrollo de los cálculos justificativos. La línea transportará una potencia activa de 10MW.

A continuación se muestran las alineaciones separadas por términos municipales que unen ambas subestaciones:

<i>Termino municipal</i>			<i>Longitud 1325m</i>
Nº alineación	Apoyo inicial	Apoyo final	Longitud (m)
1	1	2	240
2	2	3	150
3	3	4	150
4	4	5	150
5	5	6	230
6	6	7	150
7	7	8	180
8	8	-	75

Tabla 2.a. Trazado de la línea: Librilla.

<i>Termino municipal</i>			<i>Longitud 325 m</i>
Nº alineación	Apoyo inicial	Apoyo final	Longitud (m)
9	-	9	75
10	9	10	250

Tabla 2.b. Trazado de la línea: Mula.

7. CRUZAMIENTOS

Nº Cruce	Vano entre apoyos	Cruzamiento	Organismo
1	3-4	Camino	Ayto. Librilla
2	4-5	Camino	Ayto. Librilla
3	6-7	Línea de teléfono	Telefónica
4	6-7	Carretera C-2	Iberdrola
5	8-9	Camino	Ayto. Mula

Tabla 3. Cruzamientos.

Todos estos cruzamientos cumplen con el reglamento. No existen paralelismos.

8. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS ELEMENTOS DE LA LÍNEA AÉREA

La línea proyectada queda definida por la tensión de servicio y por la máxima potencia transportable. El aislamiento de los materiales de la instalación estará dimensionado como mínimo, salvo indicación, para una tensión más elevada de 72,5 kV.

En cuanto a la tensión de servicio, se proyecta la de 66 kV por esta la tensión de la línea en la que se prevé transportar la energía a la subestación correspondiente.

Se describen en los siguientes apartados los diferentes elementos que constituyen la línea objeto del presente documento.

8.1 CONDUCTORES

La línea tendrá un conductor de aluminio-acero galvanizado LA-180, cuyas características principales se muestran a continuación:

Denominación	LA-180
Sección de aluminio (mm ²)	147,3
Sección de acero (mm ²)	34,3
Sección total (mm ²)	181,6
Número de alambres aluminio/acero	30/7
Diámetro hilos de aluminio (mm)	2,50
Diámetros hilos de acero (mm)	2,50
Diámetro núcleo de acero (mm)	7,50
Diámetro total del cable (mm)	17,50
Carga de rotura (daN)	6390
Resistencia eléctrica a 20°C (Ω/km)	0,1962
Peso propio del cable (daN/m)	0,663
Módulo de elasticidad teórico (daN/mm ²)	8000
Coeficiente de dilatación lineal(°C ⁻¹ x10 ⁻⁶)	17,8
Intensidad de corriente (A)	431

Tabla 4. Características del conductor LA-180.

8.2 CABLE DE TIERRA/COMUNICACIONES

El cable de tierra que servirá también de comunicaciones será el OPGW 48F, cuyas características principales se muestran a continuación:

Denominación	OPGW 48F
Sección resistente (mm ²)	176,7
Diámetro exterior (mm)	15,00
Carga de rotura (daN)	9000
Tensión máxima permitida (sin alargamiento de la fibra óptica) (daN)	5500
Tensión mínima de tendido en las condiciones más desfavorables (daN)	≥3300
Peso (daN/m)	0,67
Módulo de elasticidad teórico (daN/mm ²)	11000
Coefficiente de dilatación lineal (°C ⁻¹ x10 ⁻⁶)	15,00
Margen de temperatura	-30 a 70°C
Intensidad de cortocircuito nominal (0,3s) (kA)	16

Tabla 5. Características del cable de tierra/comunicaciones.

8.3 AISLAMIENTO Y HERRAJES

Las cadenas de aisladores tanto en suspensión como en anclaje estarán formadas por aisladores de composite. Estas cadenas están constituidas, básicamente, por un núcleo resistente dieléctrico, protegido por un revestimiento polimérico; alrededor de éste núcleo se moldearán una serie de aletas o platos que asegurarán la línea de fuga especificada.

Los herrajes, medio de unión del cable conductor con la cadena de aisladores y de ésta al apoyo, están dimensionados mecánicamente con la seguridad reglamentaria, siendo su material acero estampado y galvanizado.

Todas las características métricas, constructivas, de ensayo, etc., serán las indicadas en las Normas UNE 21006, 21009, 21021, 21126, 21128 y 21159.

Clase de material	Composite
Denominación	U70AB66
Carga de rotura mínima del aislador (sin grapa)	7000 daN
Línea de fuga	1450 mm
Tensión de contorneo bajo lluvia a 50 Hz durante un minuto	165 kV eficaces
Tensión a impulso tipo rayo, valor de cresta	380 kV
Peso neto aproximado	3 kg

Tabla 6. Características de aislamiento.

8.4 APOYOS

Los apoyos proyectados se corresponden con los de tipo metálico de celosía de acero laminado galvanizado, formado por perfiles angulares de lados iguales y chapas unidas por medio de tornillos, de sección cuadrada con disposición hexagonal para circuito simple y cable de tierra/comunicaciones, para diferentes alturas y dos diferentes configuraciones de acuerdo con el MT 2.23.50.

La ITC-LAT-07, en su apartado 2.4.7., recomienda la colocación de indicaciones de existencia de riesgo eléctrico en todos los apoyos. Esta indicación será preceptiva para las líneas de tensión nominal superior a 66 kV y en general para todos los apoyos situados en zonas frecuentadas.

Llevarán dos placas de señalización de peligro eléctrico, situadas a una altura visible y legible desde el suelo, pero sin acceso directo desde el mismo, con una distancia mínima al suelo de 2,5 m.

Se numerarán los apoyos con pintura negra, ajustándose dicha numeración a la dada en proyecto. Las cifras serán legibles desde el suelo.

Se ajustarán a lo determinado en planos y estarán contruidos en talleres específicos de garantía reconocida.

Atendiendo al tipo de cadena de aislamiento y a su función en la línea, los apoyos se clasifican en:

-Apoyo de suspensión: Apoyo con cadenas de aislamiento de suspensión.

-Apoyo de amarre: Apoyo con cadenas de aislamiento de amarre.

-Apoyo de anclaje: Apoyo con cadenas de aislamiento de amarre destinado a proporcionar un punto firme en la línea. Limitará, en ese punto, la propagación de esfuerzos longitudinales de carácter excepcional. Todos los apoyos de la línea cuya función sea de anclaje tendrán identificación propia en el plano de detalle del proyecto de la línea.

-Apoyo de principio o fin de línea: Son los apoyos primero y último de la línea, con cadenas de aislamiento de amarre, destinados a soportar, en sentido longitudinal, las solicitaciones del haz completo de conductores en un solo sentido.

-Apoyos especiales: Son aquellos que tienen una función diferente a las definidas en la clasificación anterior.

Atendiendo a su posición relativa respecto al trazado de la línea, los apoyos se clasifican en:

-Apoyo de alineación: Apoyo de suspensión, amarre o anclaje usado en un tramo rectilíneo de la línea.

-Apoyo de ángulo: Apoyo de suspensión, amarre o anclaje colocado en un ángulo del trazado de una línea.

Se usarán apoyos de la Serie GRACO y ACECO del catálogo ACESISA-FAMMSA, los cuales pueden estudiar y fabricar cualquier variante de armado.

8.5 CIMENTACIONES

Las cimentaciones de los apoyos del proyecto serán de dos tipos:

Monobloque para la serie GRACO (hasta 66kV), teniendo forma troncopiramidal cuadrada, siendo sus cuatro caras iguales en toda la longitud del Fuste. Se componen de la cabeza, unida al fuste, formado por tramos de diferentes longitudes para formar las distintas alturas nominales. Los tramos que componen el Fuste son totalmente atornillados y están formados por cuatro montantes de angular de 2-4-6 m de longitud según su altura. Estos están unidos por una celosía sencilla de angular y abrochados por uno o dos tornillos según el tipo de GRACO.

Tetrabloque para la serie ACECO (hasta 132kV), estas cimentaciones son de patas separadas, teniendo forma troncopiramidal de sección cuadrada en el fuste, siendo igual en las cuatro caras de la cabeza, y de forma contrapeada en el fuste.

8.6 PUESTAS A TIERRA

Se instalará una puesta a tierra en cada apoyo como medida de protección ante posibles descargas de origen atmosférico.

El objetivo de la puesta a tierra es conseguir que su resistencia de difusión sea inferior a 20Ω en los apoyos situados en zonas frecuentadas. En las zonas de pública concurrencia también será obligatorio el empleo de electrodos de difusión en anillo cerrado enterrado alrededor del apoyo.

La puesta a tierra se efectuará con picas bimetálicas de acero-cobre y cable de cobre de 50 mm² de sección.

8.7 DISTANCIAS DE SEGURIDAD

Según el artículo 5.5 del ITC-LAT 07, la altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical, queden situados por encima de cualquier punto del terreno a una distancia mínima de 6 metros.

En las líneas aéreas es necesario distinguir entre distancias internas y externas.

- Las distancias internas son dadas únicamente para diseñar una línea con una aceptable capacidad de resistir las sobretensiones.
- Las distancias externas son utilizadas para determinar las distancias de seguridad entre los conductores en tensión y los objetos debajo o en las proximidades de la línea.

El objeto de las distancias externas es evitar el daño de las descargas eléctricas al público en general, a las personas que trabajan en las cercanías de la línea eléctrica y a las personas que trabajan en su mantenimiento.

CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

1. CÁLCULO ELÉCTRICO DE LA LÍNEA

El objetivo de esta memoria es la descripción y valoración de la línea aérea de Alta Tensión que se proyecta, de manera que queden suficientemente explicadas todas las partes de la obra que se va a realizar, y los elementos y materiales empleados en la misma. Si existiesen partes del proyecto que en esta memoria no quedarán suficientemente claras se aportarían en anexos complementarios.

Este proyecto ha sido redactado de acuerdo a la vigente reglamentación.

1.1 INTENSIDAD DE CORRIENTE

$$P=10\text{MW}$$

$$\Delta P=1\%P=100\text{kW}$$

$$P=S*\cos\varphi \rightarrow S=10*10^6/0.9 = 11.11\text{MVA}$$

$$S = (3)^{0.5} * I * U \rightarrow I = 11.11 * 10^6 / ((3)^{0.5} * 66 * 10^3) = 97.19 \text{ A}$$

1.2 ELECCIÓN DEL CONDUCTOR

$$I=97.19 \text{ A}$$

$$R=P/3*I^2 = 100*10^3 / (3*97.19^2) = 5.29\Omega / 1.650 \text{ km} = 3.2 \Omega/\text{km}$$

Por lo tanto esta es la resistencia máxima, y podemos elegir un conductor que su resistencia se sitúe por debajo de esa.

He elegido el conductor LA-180, pues cumple con lo anteriormente mencionado.

1.3 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LÍNEA

Las características generales de la línea eléctrica se muestran en la siguiente tabla:

Categoría de la línea	Segunda
Corriente	Alterna trifásica
Frecuencia	50 Hz
Tensión nominal de servicio (kV)	66
Tensión más elevada (kV)	72,5
Frecuencia (Hz)	50
Nº de conductores por fase	1
Potencia máxima de transporte (MVA)	11,11 MVA / circuito

Tabla 7. Características eléctricas de la línea.

1.4 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DEL CONDUCTOR

El conductor proyectado en cada circuito de esta línea corresponde al de aluminio-acero galvanizado denominado LA-180 cuyas características se muestran en la siguiente tabla:

Tipo de conductor	LA-180
Sección equivalente de Al (mm ²)	147,3
Sección total de Al-Ac (mm ²)	181,6
Resistencia eléctrica a 20° C R (Ω/Km)	0,1962
Radio del conductor 'r' (mm)	8,75
Densidad de corriente (A/ mm ²)	2,37
Intensidad de corriente (A)	431

Tabla 8. Características eléctricas del conductor.

1.5 INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE

La densidad máxima admisible de corriente en régimen permanente para corriente alterna y frecuencia de 50 Hz. se deduce de la tabla 11 recogida en el artículo 4.2.1 de la ITC-LAT-07.

En la línea en proyecto se instalará conductor tipo 147-AL1/34-ST1A (LA-180), por lo que tendremos:

$$\sigma = 2,37 \text{ A/mm}^2$$

$$I_{\text{máx}} = \sigma \cdot S = 2,37 \cdot 181,6 = 430,392 = 431 \text{ A}$$

1.6 RESISTENCIA ELÉCTRICA

La resistencia eléctrica total de una línea se calcula mediante la siguiente expresión:

Dónde:

- R_T : es la resistencia total de la línea (Ω).
- R_{Km} : es la resistencia por kilómetro de conductor (Ω /km).
- L_T : longitud total de la línea (km).

Sabemos que a 20 °C, la resistencia del conductor es de 0,19 Ω/km y que la longitud total de la línea es de 1,65 km, con lo que se obtiene:

$$R_T = 0,1962 \cdot 1,65 = 0,3237 \text{ Ω}$$

1.7 REACTANCIA INDUCTIVA

Depende de la configuración del armado a utilizar y la disposición de los conductores en el mismo y su disposición de en el mismo.

La reactancia inductiva se calcula de la siguiente forma:

$$X = 2 * \pi * f * L \text{ (\Omega/Km)}$$

Donde L, es el coeficiente de autoinducción, que viene dado por la siguiente expresión:

$$L = \left(\frac{\mu}{2n} + 4,6lg \frac{D}{r} \right) * 10^{-4} \text{ (H/Km)}$$

Donde:

μ = permeabilidad magnética del conductor

$\mu = 1$ para el cobre, aluminio, aleaciones de aluminio y cables de aluminio-acero.

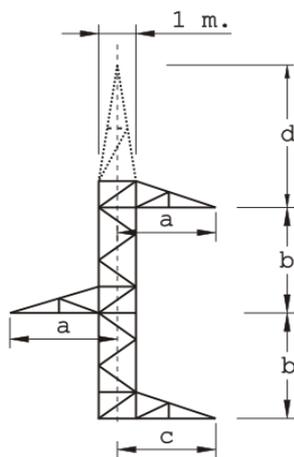
n = número de conductores por fase

n=1 para fases simples

D = distancia media geométrica equivalente entre conductores, generalmente en milímetros.

$D_{eq} = \sqrt[3]{a_1 * a_2 * a_3}$, siendo a_1, a_2 y a_3 las distancias entre los conductores dispuestos en el armado.

r = radio del conductor en milímetros para fases simples. Para fases compuestas será el radio medio geométrico equivalente.



SERIE GRACO A2				
Dimensiones	d (m)	a (m)	b (m)	c (m)
	3,9	2,5	1,32	3

Distancias entre conductores en el armado:

D12	D23	D31
5,171	5,656	2,686

$$D_{eq} = \sqrt[3]{5.171 * 5.656 * 2.686} = 4.2828 \text{ m}$$

SERIE ACECO A2				
Dimensiones	d (m)	a (m)	b (m)	c (m)
	4,6	3	2	2,5

Distancias entre conductores en el armado:

D12	D23	D31
5,761	6,044	4,031

$$Deq = \sqrt[3]{5.761 * 6.044 * 4.031} = 5.1969 \text{ m}$$

Los valores correspondientes para el conductor y disposición proyectada con los apoyos serie GRACO normalizados de Iberdrola son:

Parámetro	LA-180
Deq (mm)	4282.8
L (H/km)	0,001287
X (Ω /Km)	0,4044

Tabla 9. Reactancia inductiva y parámetros.

Los valores correspondientes para el conductor y disposición proyectada con los apoyos serie ACECO normalizados de Iberdrola son:

Parámetro	LA-180
Deq (mm)	5196.9
L (H/km)	0,0013259
X (Ω /Km)	0,4165

Tabla 10. Reactancia inductiva y parámetros.

1.8 CAÍDA DE TENSIÓN

En las líneas de tensión nominal igual o inferior a 66 kV el cálculo de la caída de tensión se realiza sin tener en cuenta el valor de la capacidad de la línea. El valor máximo de la caída de tensión a considerar, establecida por la compañía suministradora será generalmente del 5%.

La caída de tensión por resistencia y reactancia de una línea (despreciando la influencia de la capacidad) viene dada por las fórmulas:

$$\Delta U = \sqrt{3} * I * L * (R \cos \varphi + X \sin \varphi) \text{ (V)}$$

Teniendo en cuenta que:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos \varphi} \text{ (A)}$$

ó

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * U} (A)$$

Siendo:

- ΔU : Caída de tensión compuesta expresada en voltios.
- I: Intensidad de la línea en amperios.
- X: Reactancia por fase en Ω/km .
- R: Resistencia por fase en Ω/km .
- φ : Ángulo de desfase (0,9).
- L: Longitud de la línea en kilómetros.
- P: Potencia transportada en kW.
- U: Tensión compuesta de la línea en kV.

$$\Delta U = \sqrt{3} * 97.19 * 1.65 * (0.1962 * 0.9 + 0.4044 * 0.4358) = 97.99 V$$

La caída de tensión en tanto por cierto de la tensión compuesta es:

$$\Delta U\% = \frac{PL * (R + X \operatorname{tg} \varphi)}{10 * U^2}$$

$$\Delta U\% = \frac{10^3 * 1.65 * (0.1962 + 0.4044 * \operatorname{tg} 25.84)}{10 * 66^2} = 0.0148$$

$$1.48 \% < 5 \%$$

1.9 POTENCIA A TRANSPORTAR

La potencia que puede transportar la línea está limitada por la intensidad máxima y por la caída de tensión, la cual no deberá exceder del 5%.

La potencia máxima a transportar limitada por la intensidad máxima admisible viene dada por:

$$P_{m\acute{a}x} = \sqrt{3} U I_{m\acute{a}x} \cos \varphi (kW)$$

Dónde:

$$U = 66kV$$

$$I_{m\acute{a}x} = 431 A$$

$$\cos \varphi = 0,9$$

$$P_{m\acute{a}x} = \sqrt{3} * 66 * 431 * 0,9 = 44,343 MW$$

Po otro lado la potencia máxima a transportar limitada por la longitud y caída de tensión viene dada por:

$$P = \frac{10 * U^2 * \Delta U\%}{L * (R + X * tg\varphi)}$$

$$P = \frac{10 * 66^2 * 5\%}{1.65 * (0,1962 + 0,4044 * tg25,84)} = 3366.977MW$$

1.10 PÉRDIDAS DE POTENCIA

Las pérdidas de potencia por efecto Joule en una línea vienen dadas por la fórmula:

$$\Delta P = 3RLI^2$$

Dónde:

- ΔP : Perdida de potencia en vatios.
- R: Resistencia del conductor en Ω/Km .
- L: Longitud de la línea en Km.
- I: Intensidad de la línea en amperios.

Teniendo en cuenta que:

- P: Potencia en kW.
- U: Tensión compuesta en kV.
- $\cos\varphi$: Factor de potencia.

Se llega a la conclusión de que la pérdida de potencia en tanto por ciento, es de:

$$\Delta P\% = \frac{PLR}{10U^2 \cos^2\varphi} = \frac{10^3 * 1.65 * 0,1962}{10 * 66^2 * 0,9^2} = 9.175 * 10^{-3}$$

Valor inferior al máximo admisible (2÷3%).

1.11 EFECTO CORONA

Aunque en las líneas de tensión nominal igual o inferior a 66 kV no se produce normalmente el efecto corona, sus efectos comienzan a percibirse a partir de tensiones superiores a 66 kV. A continuación justificaremos su no existencia.

La tensión crítica disruptiva:

$$U_c = 21.1 * m_c * m_t * \delta * r * \ln(D/r)$$

Donde las consideraciones que se han tenido en cuenta son las siguientes:

- m_c : Coeficiente de rugosidad del conductor (0,85 para cables).
- U_c : Tensión simple en kV.
- $21.1 = \frac{29.8}{\sqrt{2}}$
- r : Radio del conductor en centímetros.
- m_t : Coeficiente del estado del tiempo (0,8 para tiempo húmedo).
- D : Separación media geométrica entre fases, en centímetros.
- δ : factor de corrección de la densidad del aire, en función de la altura en metros sobre el nivel del mar.

Fórmula de Halley:

$$\lg h = \lg 76 - \frac{y}{18336}$$

- y : altitud sobre el nivel del mar (356 m).

Factor de corrección de densidad del aire δ :

$$\delta = \frac{3.926 * h}{273 + \theta}$$

- θ : Temperatura media de la zona (19°C).
- h : Cota máxima del terreno en metros.

$$\lg h = \lg 76 - \frac{356}{18336}$$

$$h = 72.677 \text{ m}$$

$$\delta = \frac{3.926 * 72.677}{273 + 19}$$

$$\delta = 0.977$$

- Tensión crítica disruptiva para el apoyo serie GRACO:

$$U_c = 21.1 * 0.85 * 0.8 * 0.977 * 0.875 * \ln(428.28/0.875) = 75.965 \text{ kV}$$

$$\frac{66 * 10^3}{\sqrt{3}} = 38.105 \text{ kV}$$

$$U_f < U_c$$

$$38.105 \text{ kV} < 75.965 \text{ kV}$$

No hay efecto corona.

- Tensión crítica disruptiva para el apoyo serie ACECO:

$$U_c = 21.1 * 0.85 * 0.8 * 0.977 * 0.875 * \ln(519.69/0.875) = 78.338 \text{ kV}$$

$$\frac{66 * 10^3}{\sqrt{3}} = 38.105 \text{ kV}$$

$$U_f < U_c$$

$$38.105 \text{ kV} < 78.338 \text{ kV}$$

No hay efecto corona.

2. CÁLCULO MECÁNICO DE LA LÍNEA

El cálculo mecánico de los conductores se realiza teniendo en cuenta las condiciones siguientes:

- Que el coeficiente de seguridad a la rotura, sea como mínimo igual a 3 en las condiciones atmosféricas que provoquen la máxima tensión de los conductores.
- Que la tensión de trabajo de los conductores a 15 °C sin sobrecarga, no exceda del valor recomendado del 15% de la carga de rotura EDS (tensión de cada día, Every Day Stress).
- Cumpliendo las condiciones anteriores se contempla una tercera, que consiste en ajustar los tenses máximos a valores inferiores y próximos a los esfuerzos nominales de apoyos normalizados.

Al establecer la condición a) se puede prescindir de la consideración de la 4ª hipótesis en el cálculo de los apoyos de alineación y de ángulo, ya que en ningún caso las líneas que se proyecten deberán tener apoyos de anclaje distanciados a más de 3 km.

Al establecer la condición b) se tiene en cuenta el tense límite dinámico del conductor bajo el punto de vista del fenómeno vibratorio eólico del mismo.

Las hipótesis de sobrecarga para el cálculo de la tensión máxima que debe considerarse, son las definidas por el R.L.A.T. en su art.27, apartado 1. Asimismo se calculan las flechas máximas en las hipótesis indicadas en el apartado 3 del mismo artículo.

2.1 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL CONDUCTOR Y CABLE DE TIERRA/COMUNICACIONES

Denominación	LA-180
Sección de aluminio (mm ²)	147,3
Sección de acero (mm ²)	34,3
Sección total (mm ²)	181,6
Número de alambres aluminio/acero	30/7
Diámetro hilos de aluminio (mm)	2,50
Diámetros hilos de acero (mm)	2,50
Diámetro núcleo de acero (mm)	7,50
Diámetro total del cable (mm)	17,50
Carga de rotura (daN)	6390
Resistencia eléctrica a 20°C (Ω/km)	0,1962
Peso propio del cable (daN/m)	0,663
Módulo de elasticidad teórico (daN/mm ²)	8000
Coefficiente de dilatación lineal (°C ⁻¹ x10 ⁻⁶)	17,8
Intensidad de corriente (A)	431

Tabla 11. Características mecánicas del conductor LA-180.

Denominación	OPGW 48F
Sección resistente (mm ²)	176,7
Diámetro exterior (mm)	15,00
Carga de rotura (daN)	9000
Tensión máxima permitida (sin alargamiento de la fibra óptica) (daN)	5500
Tensión mínima de tendido en las condiciones más desfavorables (daN)	≥3300
Peso (daN/m)	0,67
Módulo de elasticidad teórico (daN/mm ²)	11000
Coefficiente de dilatación lineal (°C ⁻¹ x10 ⁻⁶)	15,00
Margen de temperatura	-30 a 70°C
Intensidad de cortocircuito nominal (0,3s) (kA)	16

Tabla 12. Características mecánicas del cable de tierra/comunicaciones.

2.2 CONSIDERACIONES DE CARGAS Y SOBRECARGAS

Según el artículo 3.1 de la ITC-LAT-07 el cálculo mecánico de los elementos constituyentes de la línea se efectuará bajo la acción de las cargas y sobrecargas que a continuación se indican:

2.2.1 Cargas permanentes

Se considera la carga vertical debida al peso del conductor y del cable de tierra, es decir:

LA-180	$P_p = 0.663 \text{ daN/m}$
OPGW 48F	$P_p = 0.67 \text{ daN/m}$

Tabla 13. Cargas permanentes.

2.2.2 Sobrecarga por la acción del viento

Se considerará un viento mínimo de 120 km/h y se supondrá horizontal, actuando perpendicularmente a las superficies sobre las que incide (artículo 3.1.2.1 del reglamento) La presión del viento en los conductores causa fuerzas transversales a la dirección de la línea y aumenta las tensiones sobre los conductores. La expresión general es:

$$F_c = q * d * \frac{a_1 + a_2}{2} \text{ (daN)}$$

Siendo:

- 'd': diámetro del conductor, en metros.
- 'a1', 'a2': longitudes de los vanos adyacentes, metros. La semisuma de a1, a2 (el tercer factor de la expresión) es el eolovano.
- 'q': presión del viento.

La anterior fórmula expresada en daN/m y con el diámetro expresado en mm es:

$$P_v = q * d * 10^{-3} \text{ (daN/m)}$$

Siendo 'q':

- $q = 60 * (V/120) \text{ daN/m}^2$ para conductores de $d \leq 16 \text{ mm}$.
- $q = 50 * (V/120) \text{ daN/m}^2$ para conductores de $d > 16 \text{ mm}$.

Por lo tanto:

- Para el conductor:

$$P_v = 50 * 17,5 * 10^{-3} = 0.875 \text{ (daN/m)}$$

- Para el cable:

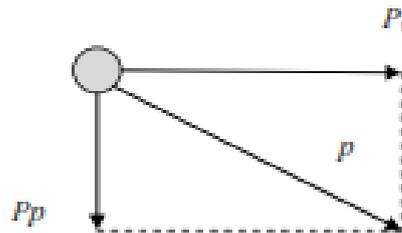
$$P_v = 60 * 15 * 10^{-3} = 0.9 \text{ (daN/m)}$$

LA-180	$P_p = 0.875 \text{ daN/m}$
OPGW 48F	$P_p = 0.9 \text{ daN/m}$

Tabla 14. Sobrecarga por viento.

2.2.3 Peso aparente por sobrecarga por la acción del viento

La carga total teniendo en cuenta peso propio del conductor y la acción del viento se obtendría mediante una suma vectorial tal y como se muestra en la siguiente figura:



Peso aparente del conductor con sobrecarga de viento

$$P_a = \sqrt{P_p^2 + P_v^2}$$

Por lo tanto:

- Para el conductor:

$$P_a = \sqrt{0,663^2 + 0.875^2} = 1.09 \text{ (daN/m)}$$

- Para el cable:

$$P_a = \sqrt{0,67^2 + 0.9^2} = 1.12 \text{ (daN/m)}$$

LA-180	$P_a = 1.09 \text{ daN/m}$
OPGW 48F	$P_a = 1.12 \text{ daN/m}$

Tabla 15. Peso aparente por sobrecarga de viento.

2.2.4 Resumen de resultados de cargas y sobrecarga

Hipótesis	LA-180 (daN/m)	OPGW 48F (daN/m)
Peso	0.663	0.670
Viento	0.875	0.900
$\sqrt{\text{Peso}^2 + \text{viento}^2}$	1.09	1.12

Tabla 16. Resumen.

2.3 FENÓMENOS VIBRATORIOS

Según el artículo 3.2.2 del reglamento ITC-LAT07, cuando deseamos determinar las tracciones mecánicas de los conductores y cables de tierra deberá tenerse en cuenta la incidencia de posibles fenómenos vibratorios que pueden acortar la vida útil de los mismos y dar lugar a desgaste y fallos en herrajes, aisladores y accesorios, e incluso en elementos de los apoyos. Estos fenómenos son producidos por la vibración eólica y, en el caso de conductores en haz, también por la vibración del subvano (entre separadores).

En general, se recomienda que la tracción a temperatura de 15 °C no supere el 22% de la carga de rotura, si se realiza el estudio de amortiguamiento y se instalan dichos dispositivos, o que bien no supere el 15% de la carga de rotura si no se instalan.

Los fenómenos vibratorios se tendrán en cuenta en la siguiente hipótesis de carga: Hipótesis EDS (Every Day Stress o Tensión de Cada Día): la hipótesis de carga EDS tiene en cuenta el fenómeno de vibración eólica del cable en condiciones de temperatura normal (15 °C) sin sobrecarga, de modo que la tensión del cable nunca supere un determinado porcentaje de la carga de rotura en esas condiciones.

2.4 HIPÓTESIS DE CÁLCULO

Para determinar los valores máximos y mínimos de las tensiones y las flechas se considerarán las siguientes hipótesis definidas en el apartado 3.2.3 del ITC-LAT-07:

- Hipótesis de temperatura: se determinarán las tensiones y las flechas en los conductores sometidos únicamente a la acción de su propio peso, a las temperaturas de (-15 °C) y de, (+50 °C) en el caso del OPGW, y (+75°C) en el caso del conductor (normativa Iberdrola).
- Hipótesis de viento: se determinarán las tensiones y las flechas en los conductores sometidos a la acción de su propio peso más una sobrecarga de viento de 120 km/h de velocidad a las temperaturas de (-5 °C) y (+15 °C).
- Hipótesis de hielo: se determinarán las tensiones y las flechas en los conductores sometidos a la acción de su propio peso con una sobrecarga de un manguito de hielo sobre el conductor a las temperaturas de (-15 °C) y 0 °C. (Esta hipótesis no se tendrá en cuenta al situarnos en zona A).

2.5 CÁLCULO DE TENSIONES Y FLECHAS

2.5.1 Tensiones

Los conductores e hilos de tierra están sujetos a los siguientes factores:

- Variaciones de temperatura.
- La acción del viento.
- La formación de hielo (no es válida estamos en zona A).

Estos tres factores afectan a: la tensión mecánica, la longitud del conductor y a la flecha. Todas estas variables se relacionan a través de la 'ecuación de cambio de condiciones' que permite relacionar las tensiones mecánicas en dos condiciones distintas, definidas por la temperatura y peso aparente.

Por lo tanto, partiendo de la tracción, temperatura y carga total correspondiente a la hipótesis de partida, se calcula, con la ayuda de dicha ecuación, las tracciones respectivas a las hipótesis de cálculo indicadas en el apartado anterior.

La ecuación de cambio de condiciones relaciona dos estados o situaciones de una línea eléctrica como bien sabemos. Por lo que si se conocen todos los parámetros de un estado o condición inicial (1) se puede hallar por medio de la ecuación los parámetros de otro estado arbitrario o condición final (2).

La ecuación de cambio de condiciones para vanos desnivelados viene dada por la siguiente expresión:

$$T_m^2 * [T_m + A] = B$$

Donde los factores A y B corresponden a la siguiente expresión:

$$A = \delta * E * S * (t_2^a - t_1^a) - T_0 + \frac{a^2 * P_0^2 * S * E}{24 * T_0^2}$$

$$B = \frac{a^2 * P^2 * S * E}{24}$$

Siendo las constantes:

- a: Longitud proyectada del vano (m).
- t_1^a : Temperatura en las condiciones iniciales (°C).
- t_2^a : Temperatura en las condiciones finales (°C).
- S: Sección del conductor (mm²).
- E: Módulo de elasticidad del conductor (kg/mm²).
- δ : Coeficiente de dilatación lineal, °C⁻¹.

- T_0 : Tensión en el vértice (V) de la curva (punto más bajo) en las condiciones iniciales (Kg).

- P_0 : Peso unitario total del cable en las condiciones iniciales (kg/m).

- P : Peso unitario total del cable en las condiciones finales (kg/m).

El factor T_m corresponde a la siguiente expresión:

$$T_m = \frac{\left(T_A - \frac{P * h}{2}\right) + \sqrt{\left(T_A - \frac{P * h}{2}\right)^2 - \frac{P^2 * b^2}{2}}}{2}$$

Siendo las constantes:

- T_m : Tensión en el punto medio del vano
- T_A : Tensión en el punto de amare del conductor en el apoyo más alto (kg).
- P : Peso aparente del cable en la hipótesis considerada (kg).
- h : Desnivel entre los puntos de amarre (m).
- b : Longitud medida sobre una línea recta que uniese los puntos de fijación del conductor en los dos apoyos del vano, también conocida como longitud real (m).

2.5.2 Flecha

Aproximación a la parábola.

- La ecuación de la flecha máxima que se alcanza en cada vano mediante la aproximación de la parábola para vanos inclinados, se realiza mediante la aproximación de Truxá.

Esta ecuación es válida para vanos que no tengan un desnivel superior al 15-20% y que no superen los 200 m.

$$f = \frac{P * a * b}{8 * T}$$

- a : Longitud proyectada del vano (m).

- b : Longitud real del vano (m) $\rightarrow b = \sqrt{a^2 + h^2}$

- T : Componente horizontal de la tensión (kg).

- P : Peso aparente del cable en la hipótesis considerada (kg/m).

- La ecuación de la flecha máxima que se alcanza en cada vano mediante la aproximación de la parábola para vanos muy largos y/o inclinados, se realiza mediante la aproximación de Truxá.

Esta ecuación es válida para longitudes de 300 m.

$$f = \frac{P * a * b}{8 * T} * \left(1 + \frac{a^2 * P^2}{48 * T^2} \right)$$

- a: Longitud proyectada del vano (m).
- h: Desnivel entre los puntos de amarre (m).
- b: Longitud real del vano (m) $\rightarrow b = \sqrt{a^2 + h^2}$
- T: Componente horizontal de la tensión (kg).
- P: Peso aparente del cable en la hipótesis considerada (kg/m).

- Determinación de la abcisa del punto medio mediante aproximación a parábola.

La abcisa del punto medio se determina mediante la expresión:

$$X_m = c * \frac{h}{a}$$

c = Parámetro de la catenaria que viene definido por:

$$c = \frac{T}{P}$$

T = Tensión en el punto más bajo.

P = Peso aparente.

Aproximación a la catenaria.

- La determinación del valor de la flecha por catenaria en los vanos desnivelados

$$f = c \left[\cosh * \frac{X_m}{c} \right] * \left[\left(\cosh \frac{a}{2c} \right) - 1 \right]$$

c = Parámetro de la catenaria.

a = Longitud del vano horizontal.

X_m = Abcisa del punto medio del vano donde se define el parámetro c .

- Determinación de la abcisa del punto medio mediante la catenaria.

$$X_m = c * \operatorname{senh}^{-1} * \left[\frac{h}{2 * c * \operatorname{senh} * \frac{a}{2 * c}} \right]$$

2.5.3 Vano ideal de regulación

Se presenta a continuación el cálculo de los vanos de regulación utilizados, obtenidos según la fórmula siguiente:

$$a_r = \sqrt{\frac{\sum a^3}{\sum a}}$$

Siendo:

a_r = Vano de regulación

a = Vano real entre apoyos

VANO	1	2	3	4	5	6	7	8	9
(m)	240	150	150	150	230	150	180	150	250

$$\sum a^3 = 64323000$$

$$\sum a = 1650$$

$$a_r = \sqrt{\frac{\sum a^3}{\sum a}} = 197.44 \text{ m} \approx 198 \text{ m}$$

Una vez determinado el vano ideal de regulación deberemos hallar su condición reglamentaria más desfavorable y la tabla de tendido correspondiente. De esta manera tendremos el punto de partida para determinar las características de los vanos que integran la serie.

Según la tabla de tendido, para cada temperatura le corresponde una tensión y una flecha, por lo tanto al vano de regulación a_r le corresponde una flecha de regulación f_r , cuyo valor resultante deberá ser:

$$f_r = \frac{a_r^2 * P}{8 * T}$$

Como la tensión en la serie de vanos que integran la alineación es igual en todos ellos, tendremos que la flecha “incógnita” para cada uno de los siguientes vanos será:

$$f_i = \frac{a_i^2 * P}{8 * T}$$

Dividiendo estas dos igualdades, resulta:

$$f_i = \left(\frac{a_1}{a_2}\right)^2 * f_r$$

Ecuación que nos proporciona los valores de la flecha y sus correspondientes vanos, para una condición determinada de temperatura, tensión y peso del conductor.

De esta manera, ya tenemos nuestra tabla de tendido en la que para distintas temperaturas obtenemos la tensión y la flecha correspondiente, según la longitud de los diferentes vanos.

2.5.4 Tabla de tendido

Las tablas de regulación o tendido indican las flechas con las que se debe ser instalado el cable en función de la temperatura, sin actuar sobrecarga alguna y teniendo en cuenta el desnivel existente entre los puntos de sujeción del cable en los extremos del vano que se trate, dentro del cantón considerado.

En ellas en función del vano o de la temperatura, podemos obtener la Tensión máxima, flecha máxima y mínima, parámetro de la catenaria, oscilación en las cadenas y la tensión de cada día (%EDS).

Donde la tensión de cada día se calcula mediante la formula

$$\%EDS = \frac{T_{EDS}}{Q} * 100$$

2.6 AISLAMIENTO Y HERRAJES

El diseño y formación de las cadenas de aislamiento, así como los elementos que integran las cadenas de aisladores en el presente proyecto será tal que cumplan los requisitos establecidos en el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-07 Apartado 2.3 y 4.4. Asimismo dicho aislamiento será elegido de acuerdo al MT 2.23.49.

Las características eléctricas que han de cumplir se muestran en la siguiente tabla:

Tensión nominal (kV)	66
Tensión más elevada (kV)	72.5
Tensión soportada a frecuencia industrial (kV)	140
Tensión de ensayo a impulso tipo rayo (kV)	325

Tabla 17. Características eléctricas del aislador.

Las características del aislador seleccionado se muestran en la siguiente tabla:

Denominación	U70AB66
Tensión nominal (kV)	66
Nivel de polución	Medio
Carga de rotura mecánica (daN)	7000
Línea de fuga (mm)	1450
Longitud total (L)±10mm	800
Longitud aislante (La) mínima mm	590
Masa aproximada (kg)	3
Código	4803031
Momento de torsión (daN*m)	6
Tensión soportada a frecuencia industrial bajo lluvia (kV)	165
Tensión soportada con onda de impulso tipo rayo (kV)	380

Tabla 18. Características del aislador.

2.6.1 Nivel de aislamiento

Se llama nivel de aislamiento a la relación entre la longitud de la línea de fuga de un aislador y la tensión entre fases de la línea eléctrica.

La longitud de la línea de fuga de un aislador se mide sobre la superficie del mismo.

Cuando el aislador está en un ambiente contaminado, la respuesta del aislamiento externo a tensiones a frecuencia industrial puede variar de forma importante. Los aisladores deberán resistir la tensión más elevada de la red con unas condiciones de polución permanentes con un riesgo aceptable de descargas. Por tanto, la selección del tipo de aislador y la longitud del aislador debe realizarse teniendo en cuenta el nivel de contaminación de la zona que atraviesa la línea.

El nivel de contaminación de la zona se divide en cuatro niveles. El de este proyecto es el nivel Medio (II) cuyo valor es 20 mm/kV.

$$\text{nivel aislamiento} = \frac{\text{línea de fuga} * \text{n}^{\circ} \text{ aisladores}}{\text{Tensión más elevada}}$$

Dónde:

Nivel aislamiento: 20 mm/kV.

Nº aisladores: 1 (composite).

Tensión más elevada: 72.5 kV.

Línea de fuga = 1450 mm

2.6.2 Herrajes

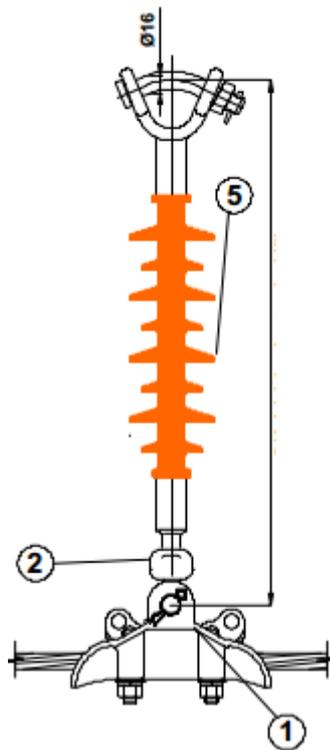
Se consideran bajo esta denominación todos los elementos utilizados para la fijación de los aisladores al apoyo y al conductor.

Los herrajes serán de diseño adecuado a su función mecánica y eléctrica y deberán ser prácticamente inalterables a la acción corrosiva de la atmósfera.

Según el MT 2.21.56, los herrajes de cadena tanto para el conductor como para el cable de tierra, están fabricados por estampación en caliente de aceros de alta resistencia, que posteriormente reciben un tratamiento para eliminar las tensiones internas y obtener una estructura homogénea. Su acabado es galvanizado por inmersión en caliente. La tornillería es de acero de alta resistencia galvanizado en caliente.

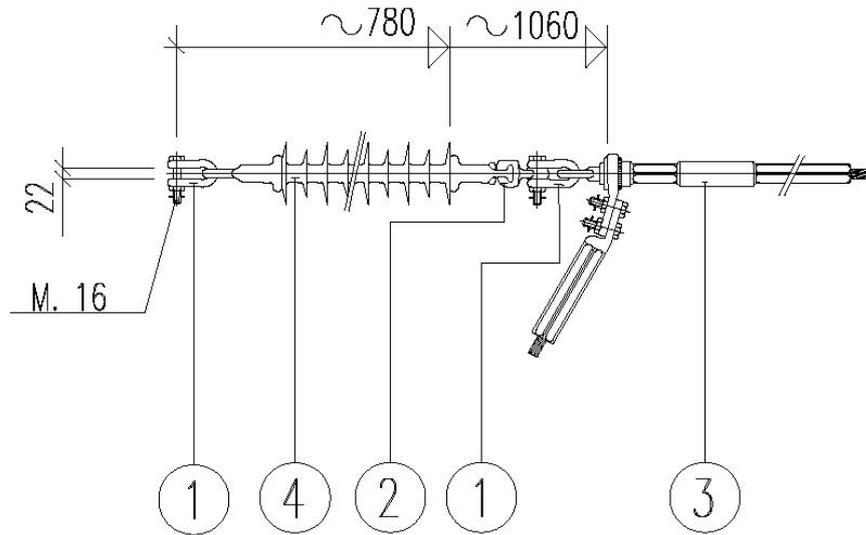
- Cadena de suspensión para LA-180 simplex.

Posición	Cantidad	Denominación
1	1	Grapa de suspensión GS3
2	1	Rotula corta R16/20
5	1	Aislador de composite U70AB66



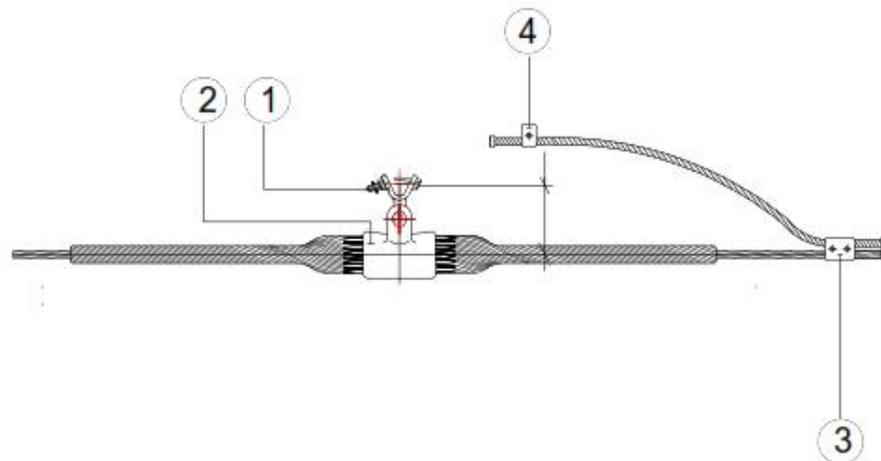
- Cadena de amarre para LA-180 simplex.

Posición	Cantidad	Denominación
1	1	Grillete normal GN16
2	1	Rotula corta R16/20
3	1	Grapa de amarre a compresión GAC
4	1	Aislador de composite U70AB66



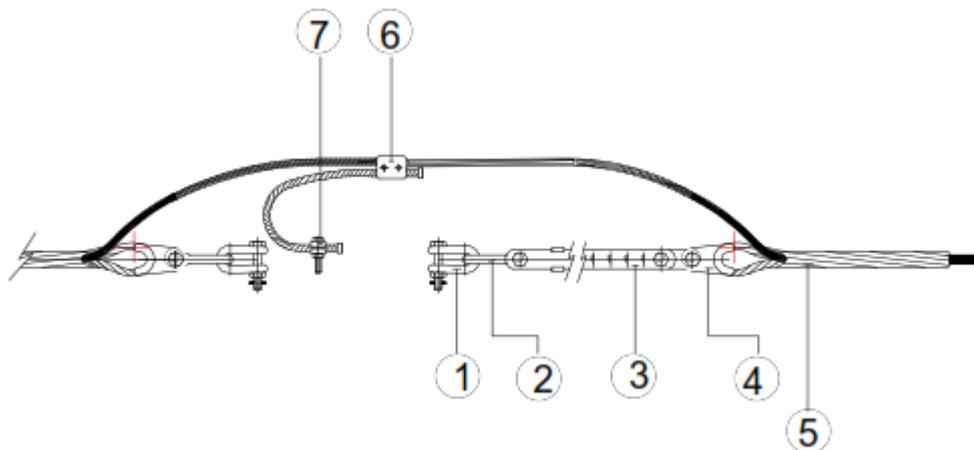
- Cadena de suspensión para el cable de tierra/comunicaciones.

Posición	Cantidad	Denominación
1	1	Horquilla revirada en "V" HVR16
2	1	Grapa suspensión armada GSA
3	1	Grapa conexión paralela GCPD/A16
4	1	Grapa conexión sencilla GCS/S16



- Cadena de amarre para el cable de tierra/comunicaciones.

Posición	Cantidad	Denominación
1	2	Grillete normal GN16
2	2	Eslabón revirado ESR16
3	1	Tensor corredera TC16
5	2	Juego de retención preformada RA-SG
4	2	Horquilla guardacabos HGR16
5	2	Juego de retención preformada RA-SG
6	1	Grapa conexión paralela GCPD/A16
7	1	Grapa conexión sencilla GCS/S16



Unidades	Denominación	Cr (daN)	Cr(Kg)	Peso(kg)	Longitud(mm)
1	Grillete recto GN16	10000	10193,67992	0,48	68
1	Aislador comp.U70AB66	70000	71355,75943	3	800
1	Rótula R16	12500	12742,0999	0,55	50
1	Grapa suspensión GS3	7500	7645,259939	1,1	190
1	Grapa de amarre G3	8500	8664,627931	1,8	340

Peso amarre	Peso suspensión
5,83	5,13

longitud amarre	longitud suspensión
0	1108

2.7 DISTANCIAS REGLAMENTARIAS

Se consideran tres tipos de distancias eléctricas:

- D_{el} : Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido.
- D_{pp} : Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido.
- a_{som} : Valor mínimo de la distancia de descarga de la cadena de aisladores, definida como la distancia más corta en línea recta entre las partes en tensión y las partes puestas a tierra.

Estas distancias se usarán en los siguientes apartados para calcular las diferentes distancias mínimas. Según el artículo 5 del reglamento para nuestro caso estas son:

Tensión más elevada (kV)	D_{el}	D_{pp}	$a_{som} = (D_{pp} + D_{el}) * 1.1$
72.5	0.7	0.8	1.65

Tabla 19. Distancias eléctricas.

Tensión más elevada de la red U_s (kV)	D_d (m)	D_{pp} (m)
3,6	0,08	0,10
7,2	0,09	0,10
12	0,12	0,15
17,5	0,16	0,20
24	0,22	0,25
30	0,27	0,33
36	0,35	0,40
52	0,60	0,70
72,5	0,70	0,80
123	1,00	1,15
145	1,20	1,40
170	1,30	1,50
245	1,70	2,00
420	2,80	3,20

2.7.1 Distancias entre conductores

Según el artículo 5.4.1 del ITC-LAT 07 la distancia entre los conductores de fase del mismo circuito o circuitos distintos debe ser tal que no haya riesgo alguno de cortocircuito entre fases, teniendo presente los efectos de las oscilaciones de los conductores debidas al viento y al desprendimiento de la nieve acumulada sobre ellos.

La separación mínima entre conductores de fase se determinará por la fórmula siguiente:

$$D = K * \sqrt{F + L} + K' * D_{pp}$$

Dónde:

- D: Separación entre conductores de fase del mismo circuito o circuitos distintos en metro.
- K: Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento.
- K': Coeficiente que depende de la tensión nominal de la línea $K'=0,85$ para líneas de categoría especial y $K'=0,75$ para el resto de líneas.

- F: Flecha máxima en metros, para las hipótesis según el apartado 3.2.3 de la ITC-LAT 07.
- L: longitud en metros de la cadena de suspensión. En el caso de conductores fijados al apoyo por cadenas de amarre o aisladores rígidos L=0.
- D_{pp}: Distancia mínima aérea especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido

Determinación del valor del coeficiente k:

Los valores de las tangentes del ángulo de oscilación de los conductores de los conductores vienen dados, para cada caso de carga, por el cociente de la sobrecarga de viento dividida por el peso propio (más la sobrecarga de hielo si procede según la zona), por metro lineal de conductor, estando la primera determinada para una velocidad de viento de 120 km/h. En función de estos y de la tensión nominal de la línea se establecen unos coeficientes K que se dan en la siguiente tabla (ITC-LA 07).

$$\alpha = \arctg \frac{Sbv}{Pp}$$

Angulo de oscilación	Valores de K	
	Líneas de tensión nominal superior a 30 kV	Líneas de tensión nominal igual o inferior a 30 kV
Superior a 65°	0,7	0,65
Comprendido entre 40° y 65°	0,65	0,6
Inferior a 40°	0,6	0,55

Dónde:

- Al ser el diámetro mayor a los 16 mm que se establecen en el reglamento, obtenemos:
Sbv= 0.05*17.5=0.875 Kg/m²
- Pp: 0.663 daN/m = 0.675 Kg/m

$$\alpha = \arctg \frac{0.875}{0.675} = 52.31^\circ$$

Seleccionando un valor de K = 0.65, al situarse el ángulo alfa entre 40° y 65°.

Apoyo	K'	Dpp	L (m)	K	F	D (m)	Dreal
1	0.75	0.80	0	0.65	8.85	2.533	2.7
2	0.75	0.80	0	0.65	6,295	2.231	2.5
3	0.75	0.80	0	0.65	4.2	1.932	2.5
4	0.75	0.80	0	0.65	4.2	1.932	2.5
5	0.75	0.80	0	0.65	6.04	2.197	2.5
6	0.75	0.80	0	0.65	6.04	2.197	2.5
7	0.75	0.80	0	0.65	4.855	2.032	2.5
8	0.75	0.80	1.108	0.65	4.855	2.187	2.5
9	0.75	0.80	0	0.65	6.55	2.263	2.5
10	0.75	0.80	0	0.65	9.49	2.602	2.7

Tabla 20. Distancias.

2.7.2 Vanos máximos por separación entre conductores.

La separación mínima entre conductores viene dada por la fórmula:

$$D = K * \sqrt{F + L} + K' * D_{pp}$$

La expresión de la flecha máxima, despejada de la fórmula anterior, es:

$$F_{m\acute{a}x} = \left(\frac{D_{real} - K' D_{pp}}{K} \right)^2 - L$$

D_{real} : Distancia mínima.

A partir de la flecha máxima admisible por el armado podremos determinar el vano máximo admisible tal y como se indica a continuación:

$$a_{m\acute{a}x} = \sqrt{\frac{8 * T * F_{m\acute{a}x}}{P}}$$

T: Tense correspondiente al vano de regulación en la condición de flecha máxima (daN).

P: Peso del conductor con la sobrecarga correspondiente a la condición seleccionada para T (daN).

Apoyo	F _{máx}	a _{máx}	a _e
1	13.633	298.321	240
2	8.544	277.386	195
3	8.544	214.194	150
4	8.544	214.194	150
5	8.544	226.135	190
6	8.544	226.135	190
7	8.544	219.190	165
8	7.436	204.485	165
9	8.544	228.629	200
10	13.633	300.108	250

Tabla 21. Vano máximo.

2.7.3 Distancias entre conductores y partes puestas a tierra.

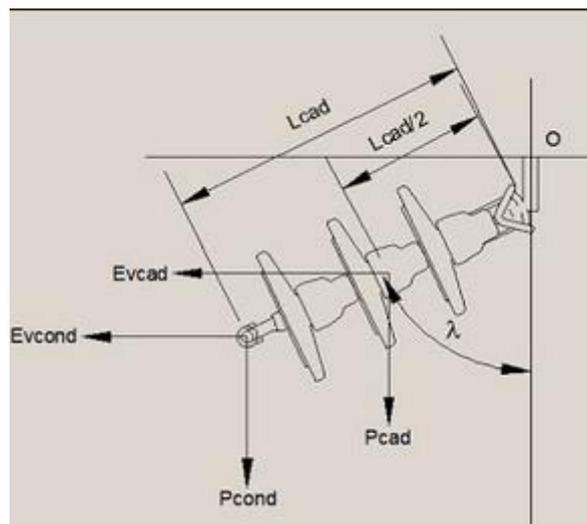
La separación mínima entre los conductores y sus accesorios en tensión y los apoyos no será inferior a D_{el} , con un mínimo de 0,2 m. Por lo tanto, en nuestro caso la distancia mínima será D_{el}=0.70 m.

En el caso de las cadenas de suspensión, se considerarán los conductores y la cadena de aisladores desviados bajo la acción de la mitad de la presión del viento. A estos efectos se considerará la tensión mecánica del conductor sometido a la acción de la mitad de la presión de viento correspondiente a una velocidad de 120 Km/h y a la temperatura de -5°C para la zona A.

$$\operatorname{tg}\theta = \frac{V_c + \frac{Q_v}{2}}{P + \frac{q}{2} + C}$$

Si el ángulo θ hiciese que la distancia al apoyo fuese menor que la reglamentaria, sería necesario añadir una fuerza vertical descendente capaz de hacer que θ no exceda del valor admisible, lo que se conseguiría instalando contrapesos que lastren a la cadena de aisladores, de modo que la desviación transversal de ésta sea la adecuada. Normalmente no se admiten valores de $\theta > 65^\circ$.

Donde C sería el valor del contrapeso, en kilogramos, necesario para que la cadena no se desvíe más allá del valor reglamentario.



$$Q_v \cos\theta \frac{l}{2} + V_c \cos\theta l = q \operatorname{sen}\theta \frac{l}{2} + p \operatorname{sen}\theta l$$

$$l \cos\theta \left(\frac{Q_v}{2} + V_c \right) = l \operatorname{sen}\theta \left(\frac{q}{2} + p \right)$$

$$\operatorname{tg}\theta = \frac{V_c + \frac{Q_v}{2}}{P + \frac{q}{2} + C}$$

Dónde:

$$Q_v = \frac{70}{2} * \emptyset * l_{cadena}$$

$$V_c = n^{\circ} \text{conductores por fase} * \frac{S_{bv}}{2} * a_e$$

$$q = \text{Peso aislador}$$

$$p = n^{\circ} \text{conductores por fase} * P_p * a_g$$

$$a_g = a_{g1} + a_{g2} = \left(\frac{a_1}{2} \pm X_{m1} \right) + \left(\frac{a_2}{2} \pm X_{m2} \right) = \left(\frac{a_1}{2} \pm \left(c * \frac{h}{a_1} \right) \right) + \left(\frac{a_2}{2} \pm \left(c * \frac{h}{a_2} \right) \right) =$$

$$\left(\frac{a_1}{2} \pm \left(\frac{T_{\text{máx}}}{P} * \frac{h}{a_1} \right) \right) + \left(\frac{a_2}{2} \pm \left(\frac{T_{\text{máx}}}{P} * \frac{h}{a_2} \right) \right)$$

Cálculos:

$$Q_v = \frac{70}{2} * 0.255 * 1.108 = 9.888 \text{ kg}$$

$$V_c = 1 * \frac{0.875}{2} * 165 = 72.1875 \text{ kg}$$

$$q = 6.93 \text{ kg}$$

$$p = 1 * 0.675 * 208.32 = 140.616 \text{ kg}$$

$$C = \frac{T_{\text{máx}}}{P} = 1121.3 / 0.675 = 1659.12$$

$$X_{m1} = c * \left(\frac{h}{a_1} \right) = 1659.12 * \left(\frac{-2.5}{180} \right) = -23.04 \text{ m}$$

$$X_{m2} = c * \left(\frac{h}{a_2} \right) = 1659.12 * \left(\frac{-6}{150} \right) = -66.36 \text{ m}$$

$$a_{g1} = \left(\frac{a_1}{2} \right) + X_{m1} = \left(\frac{180}{2} \right) + (-23.04) = 66.956 \text{ m}$$

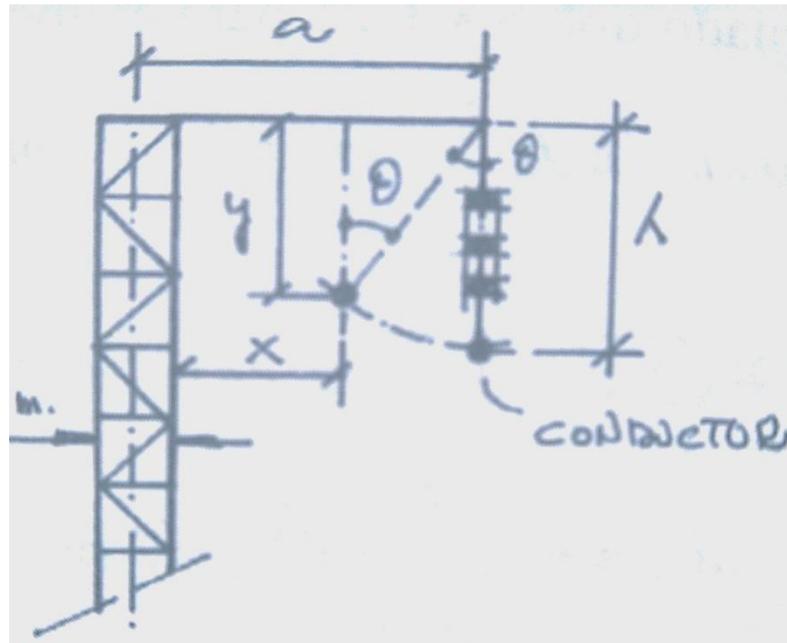
$$a_{g2} = \left(\frac{a_2}{2} \right) - X_{m2} = \left(\frac{150}{2} \right) + (-66.36) = 141.365 \text{ m}$$

$$a_g = a_{g1} + a_{g2} = 208.321 \text{ m}$$

$$\operatorname{tg}\theta = \frac{V_c + \frac{Q_v}{2}}{P + \frac{q}{2}} = 0.535$$

$$\theta = \operatorname{arctg}0.535 = 28.16^\circ < 65^\circ$$

No es necesario contrapeso.



$$d = \operatorname{sen}28.16 * 1.108 = 0.523 \text{ m.}$$

$$y = \operatorname{cos}28.16 * 1.108 = 0.976 \text{ m.}$$

$$2.5 = 0.5 + X + 0.523 \rightarrow Y = 1.477 \text{ m.}$$

$$X > D_{el} \rightarrow 1.477 > 0.7$$

$$Y > D_{el} \rightarrow 0.976 > 0.7$$

Sí se cumple. No es necesario contrapeso.

2.7.4 Distancias al terreno, caminos, sendas y a cursos de agua no navegables.

La altura de los apoyos será necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical según las hipótesis de viento, temperatura y de hielo, queden situados por encima de cualquier punto del terreno, senda, vereda o superficies de agua no navegables, a una altura mínima de:

$$D_{add} + D_{el} = 5.3 + D_{el}(m)$$

Con un mínimo de 6 m.

Los valores de D_{el} , se indican en el apartado 5.2 ITC-LAT 07.

2.7.5 Distancias a otras líneas eléctricas aéreas o líneas aéreas de telecomunicaciones (cruzamientos).

En los cruces de líneas eléctricas aéreas se situará a mayor altura la de tensión más elevada y, en el caso de igual tensión; la que se instale con posterioridad.

Se procurará que el cruce se efectúe en la proximidad de uno de los apoyos de la línea más elevada, pero la distancia entre los conductores de la línea inferior y las partes más próximas de los apoyos de la línea superior no deberá ser inferior a:

$$D_{add} + D_{el} = 1.5 + D_{el}(m)$$

Con un mínimo de 3 metros para líneas de 66 kV.

La mínima distancia vertical entre los conductores de fase de ambas líneas en las condiciones más desfavorables, no deberá ser inferior a:

$$D_{add} + D_{pp} (m)$$

Donde $D_{add} = 2.5 m$.

La distancia mínima vertical entre los conductores de fase de la línea eléctrica superior y los cables de tierra convencionales o cables compuestos tierra-óptico (OPGW) de la línea eléctrica inferior en el caso de que existan, no deberá ser inferior a:

$$D_{add} + D_{el} = 1.5 + D_{el}(m)$$

Con un mínimo de 2 metros.

2.7.6 Distancias a carreteras (cruzamientos).

La distancia mínima de los conductores sobre la rasante de la carretera será:

$$D_{add} + D_{el} (m)$$

$$D_{add} = 6.3 m$$

Con una distancia mínima de 7 metros.

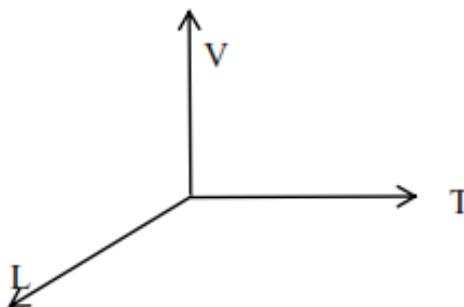
2.7.7 Otras distancias reglamentarias a considerar.

En el apd. 5 del Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión, (ITC-LAT-07), se indican todas las distancias a tener en cuenta en el diseño de líneas aéreas, entre las que se encuentran, distancias a ferrocarriles sin electrificar, a ferrocarriles electrificados, tranvías y trolebuses, a teleférico y cables transportadores, a ríos y canales, paso por zonas de bosques, proximidad a edificios, construcciones y zonas urbanas, proximidad a aeropuertos, proximidad a parques eólicos y proximidades a obras.

2.8 APOYOS

2.8.1 Principios básicos del cálculo mecánico en apoyos.

Los cálculos mecánicos de apoyos se realizan de forma individual y para cada una de las distintas hipótesis de carga que establece el reglamento. Estos cálculos incluyen para cada hipótesis los esfuerzos individuales que cada conductor transmite a la cruceta y el esfuerzo equivalente de todos ellos sobre el apoyo. Los esfuerzos se referencian en un sistema de coordenadas cartesiano ortogonal a derechas (longitudinal (L), transversal (T), vertical (V)).



Las distintas hipótesis de carga a considerar en el cálculo mecánico de apoyos y los correspondientes coeficientes de seguridad a tener en cuenta serán las establecidas en RLAT.

2.8.2 Definición de hipótesis normales y anormales.

Los cálculos mecánicos de apoyos se realizan de forma individual y para cada una de las distintas hipótesis de carga que establece el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad Líneas Eléctricas de Alta Tensión ITC-07 Apartado 3.

Las distintas hipótesis de carga a considerar en el cálculo mecánico de apoyos serán las siguientes:

- Hipótesis normales

El coeficiente de seguridad no será inferior a 1,5 en el caso de en apoyos y crucetas metálicas, respecto al límite de fluencia. Estos coeficientes de seguridad se aumentan un 25 % en aquellos apoyos que intervienen en cruzamientos según se describe en el apartado 5.3 de la ITC-07 del citado reglamento.

- Hipótesis anormales

El coeficiente de seguridad no será inferior a 1,2 para apoyos y crucetas metálicas, respecto al límite de fluencia. En las líneas de tensión nominal hasta 66 kV, en los apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de aislamiento de suspensión y amarre con conductores de carga mínima de rotura inferior a 6600 daN, se puede prescindir de la consideración de la cuarta hipótesis, cuando en la línea se verifiquen simultáneamente las siguientes condiciones:

- a. Que los conductores y cables de tierra tengan un coeficiente de seguridad de 3 como mínimo.
- b. Que el coeficiente de seguridad de los apoyos y cimentaciones en la hipótesis tercera sea el correspondiente a las hipótesis normales.

- c. Que se instalen apoyos de anclaje cada 3 kilómetros como máximo.

Estas tres condiciones se cumplen en nuestro proyecto por lo que prescindiremos de comprobar la cuarta hipótesis cuando nos lo permita el reglamento.

2.8.3 Definición de las hipótesis para los distintos tipos de apoyos.

Las hipótesis a considerar con las correspondientes sobrecargas a aplicar en cada una de ellas según la zona de aplicación son las indicadas en las tablas adjuntas y serán la guía para los siguientes apartados donde se calcularán los distintos tipos de esfuerzos que deben soportar los apoyos:

HIPOTESIS DE VIENTO	
H máx. daN	Ecuación Resistente
1.000	$V + 5.H = 5.600$
2.000	$V + 5.H = 10.600$
3.000	$V + 5.H = 15.800$
4.500	$V + 5.H = 23.300$
7.000	$V + 5.H = 36.200$
9.000	$V + 5.H = 46.200$

Ecuación resistente:

$$V + 5H$$

$$H = \sqrt{F_l^2 + F_t^2}$$

$$V = P + P_{\text{Herrajes+Aislador}} + P_{\text{Armado}}$$

Tabla 6. Apoyos de líneas situadas en zona A (II)

TIPO DE APOYO	TIPO DE ESFUERZO	1.ª HIPÓTESIS (Viento)	3.ª HIPÓTESIS (Desequilibrio de tracciones)	4.ª HIPÓTESIS (Rotura de conductores)
Anclaje de Alineación o Anclaje de Ángulo	V	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.		
	T	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	
	L	No aplica	Desequilibrio de tracciones (apartado 3.1.4.3)	Rotura de conductores y cables de tierra (apdo. 3.1.5.3.)
Fin de línea	V	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.		Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.
	T	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo.	No aplica	No aplica
	L	Desequilibrio de tracciones (apdo. 3.1.4.4).		Rotura de conductores y cables de tierra (apdo. 3.1.5.4)

Para la determinación de las tensiones de los conductores y cables de tierra se considerarán sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea y a la temperatura de -5 °C.

V = Esfuerzo vertical

L = Esfuerzo longitudinal

T = Esfuerzo transversal

2.8.3.1 Fin de línea.

1ª Hipótesis: Viento

Esfuerzo vertical:

$$V = P + P_{Herrajes+Aislador} + P_{Armado}$$

$$P = n * P_p * (a_e + C_v(tg\alpha_1 + tg\alpha_2))$$

$$tg\alpha_1 = \frac{h_0 - h_1}{a_1}$$

$$tg\alpha_2 = \frac{h_0 - h_2}{a_2}$$

$$C_v = \frac{T_v}{\sqrt{P_p^2 + Sbv^2}}$$

Donde:

P: Peso vertical debido al conductor sobre el apoyo (kg ó daN).

n: Número total de conductores.

P_p: Peso propio del conductor (kg/m).

a₁: Longitud horizontal proyectada del vano de la izquierda del apoyo estudiado (m).

a₂: Longitud horizontal proyectada del vano de la derecha del apoyo estudiado (m).

C_v: Constante o parámetro de la catenaria en las condiciones de sobrecarga de viento para la zona (m).

α₁: Ángulo de la izquierda del apoyo estudiado, en grados.

α₂: Ángulo de la derecha del apoyo estudiado, en grados.

a_e: Longitud del vano en metros que representa el esfuerzo transversal de los conductores (m).

Esfuerzo transversal:

$$F_t = n * sbv * a_e$$

n: Número de conductores

Sbv: Sobrecarga de viento.

- Sí el diámetro es mayor de 16 mm Sbv = 0.05*Diámetro conductor.
- Sí el diámetro es menor o igual de 16 mm Sbv = 0.06*Diámetro conductor.

Esfuerzo longitudinal:

$$F_l = n * T_{máx}$$

T_{máx}: Tracción máxima del conductor, según la zona (Kg).

n: Número total de conductores.

$$R = (Ft^2 + Fl^2)^{0,5}$$

3ª Hipótesis: Desequilibrio de tracciones

Esfuerzo vertical:

No aplica.

Esfuerzo transversal:

No aplica.

Esfuerzo longitudinal:

No aplica.

4ª Hipótesis: Rotura de conductores

Esfuerzo vertical:

$$V = P + P_{Herrajes+Aislador} + P_{Armado}$$

$$P = n * P_p * (a_e + C_v(tg\alpha_1 + tg\alpha_2))$$

Esfuerzo transversal:

No aplica.

Esfuerzo longitudinal:

$$Mt = T_{max} * l$$

T_{máx}: Tracción máxima del conductor, según la zona (Kg).

l: Distancia a la que se encuentra el conductor más alejado del apoyo (m).

Nº APOYO	FIN DE LINEA									
	1ª HIPÓTESIS				3ª HIPÓTESIS			4ª HIPÓTESIS		
	Esfuerzo Vertical	Esfuerzo Transversal	Esf. Long	R	Esfuerzo Vertical	Esfuerzo Transversal	Esfuerzo Longitudinal	Esfuerzo Vertical	Esfuerzo Transversal	Esfuerzo Longitudinal
1	1387.3 (Kg)	367.5 (Kg)	3363.91 (Kg)	3383.9 (Kg)	--	--	--	1387.3 (Kg)	--	3363.91 (Kg·m)
10	1290.48 (Kg)	406.8 (Kg)	3363.91 (Kg)	3388.4 (Kg)	--	--	--	1290.48 (Kg)	--	3363.91 (Kg·m)

Ecuación resistente:

Nº APOYO	V + 5H (daN)	
1	17947.9851	17947.9851 ≤ 23300
10	17875.1358	17875.1358 ≤ 23300

Apoyos válidos.

2.8.3.2 Amarre de alineación.

1ª Hipótesis: Viento

Esfuerzo vertical:

$$V = P + P_{Herrajes+Aislador} + P_{Armado}$$

$$P = n * P_p * (a_e + C_v(tg\alpha_1 + tg\alpha_2))$$

$$tg\alpha_1 = \frac{h_0 - h_1}{a_1}$$

$$tg\alpha_2 = \frac{h_0 - h_2}{a_2}$$

$$C_v = \frac{T_v}{\sqrt{P_p^2 + Sbv^2}}$$

Donde:

P: Peso vertical debido al conductor sobre el apoyo (kg ó daN).

n: Número total de conductores.

P_p: Peso propio del conductor (kg/m).

a₁: Longitud horizontal proyectada del vano de la izquierda del apoyo estudiado (m).

a₂: Longitud horizontal proyectada del vano de la derecha del apoyo estudiado (m).

C_v: Constante o parámetro de la catenaria en las condiciones de sobrecarga de viento para la zona (m).

α₁: Ángulo de la izquierda del apoyo estudiado, en grados.

α₂: Ángulo de la derecha del apoyo estudiado, en grados.

a_e: Longitud del vano en metros que representa el esfuerzo transversal de los conductores (m).

Esfuerzo transversal:

$$F_t = n * s_{bv} * a_e$$

n: Número de conductores

S_{bv}: Sobrecarga de viento.

- Sí el diámetro es mayor de 16 mm S_{bv} = 0.05*Diámetro conductor.
- Sí el diámetro es menor o igual de 16 mm S_{bv} = 0.06*Diámetro conductor.

Esfuerzo longitudinal:

No aplica.

3ª Hipótesis: Desequilibrio de tracciones

Esfuerzo vertical:

$$V = P + P_{Herrajes+Aislador} + P_{Armado}$$

Esfuerzo transversal:

No aplica.

Esfuerzo longitudinal:

$$F_l = n * T_m * \left(\frac{15}{100} \right)$$

Para líneas de Un ≤ 66kV con cadenas de amarre.

$T_{m\acute{a}x}$: Tracción máxima del conductor, según la zona (Kg).

n: Número total de conductores.

4ª Hipótesis: Rotura de conductores

Esfuerzo vertical:

$$V = P + P_{Herrajes+Aislador} + P_{Armado}$$

Esfuerzo transversal:

No aplica.

Esfuerzo longitudinal:

$$M_t = T_{m\acute{a}x} * l$$

$T_{m\acute{a}x}$: Tracción máxima del conductor, según la zona (Kg).

l: Distancia a la que se encuentra el conductor más alejado del apoyo (m).

Nº APOYO	AMARRE DE ALINEACIÓN								
	1ª HIPÓTESIS			3ª HIPÓTESIS			4ª HIPÓTESIS		
	Esfuerzo Vertical	Esfuerzo Transversal	Esfuerzo Longitudinal	Esfuerzo Vertical	Esfuerzo Transversal	Esfuerzo Longitudinal	Esfuerzo Vertical	Esfuerzo Transversal	Esfuerzo Longitudinal
2	972 (Kg)	511.875 (Kg)	--	972 (Kg)	--	504.587 (Kg)	972 (Kg)	--	3363.91 (Kg·m)
3	587.3 (Kg)	393.75 (Kg)	--	587.3 (Kg)	--	504.587 (Kg)	587.3 (Kg)	--	3363.91 (Kg·m)
5	1186.95 (Kg)	498.75 (Kg)	--	1186.95 (Kg)	--	504.587 (Kg)	1186.95 (Kg)	--	3363.91 (Kg·m)
7	735.76 (Kg)	433.126 (Kg)	--	735.76 (Kg)	--	504.587 (Kg)	735.76 (Kg)	--	3363.91 (Kg·m)
9	930.14 (Kg)	525 (Kg)	--	930.14 (Kg)	--	504.587 (Kg)	930.14 (Kg)	--	3363.91 (Kg·m)

Ecuación resistente:

Nº APOYO	$V + 5H$ (daN)	
2	4476.305	$9571.193 \leq 5600$

3	3713.223	$3713.223 \leq 5600$
5	4641.518	$4641.518 \leq 5600$
7	3981.066	$3981.066 \leq 5600$
9	4481.368	$4481.368 \leq 5600$

Apoyos válidos.

2.8.3.3 Anclaje de ángulo.

1ª Hipótesis: Viento

Esfuerzo vertical:

$$V = P + P_{\text{Herrajes+Aislador}} + P_{\text{Armado}}$$

$$P = n * P_p * (a_e + C_v(tg\alpha_1 + tg\alpha_2))$$

$$tg\alpha_1 = \frac{h_0 - h_1}{a_1}$$

$$tg\alpha_2 = \frac{h_0 - h_2}{a_2}$$

$$C_v = \frac{T_v}{\sqrt{P_p^2 + Sbv^2}}$$

Donde:

P: Peso vertical debido al conductor sobre el apoyo (kg ó daN).

n: Número total de conductores.

P_p: Peso propio del conductor (kg/m).

a₁: Longitud horizontal proyectada del vano de la izquierda del apoyo estudiado (m).

a₂: Longitud horizontal proyectada del vano de la derecha del apoyo estudiado (m).

C_v: Constante o parámetro de la catenaria en las condiciones de sobrecarga de viento para la zona (m).

α₁: Ángulo de la izquierda del apoyo estudiado, en grados.

α₂: Ángulo de la derecha del apoyo estudiado, en grados.

a_e: Longitud del vano en metros que representa el esfuerzo transversal de los conductores (m).

Esfuerzo transversal:

$$F_t = n * \left(Sbv * a_e * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) + 2 * T_v * \sen\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)$$

α : Ángulo de desvío de la taza.

T_v : Tracción con sobrecarga de viento según reglamento, art. 30.

Esfuerzo longitudinal:

No aplica.

3ª Hipótesis: Desequilibrio de tracciones

Esfuerzo vertical:

$$V = P + P_{\text{Herrajes+Aislador}} + P_{\text{Armado}}$$

Esfuerzo transversal:

$$F_t = n * \left(S_{bv} * a_e * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) + 2 * T_v * \text{sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)$$

Esfuerzo longitudinal:

$$F_l = n * T_m * \left(\frac{50}{100} \right)$$

$T_{\text{máx}}$: Tracción máxima del conductor, según la zona (Kg).

n: Número total de conductores.

4ª Hipótesis: Rotura de conductores

Esfuerzo vertical:

$$V = P + P_{\text{Herrajes+Aislador}} + P_{\text{Armado}}$$

Esfuerzo transversal:

$$F_t = n * \left(S_{bv} * a_e * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) + 2 * T_v * \text{sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)$$

Esfuerzo longitudinal:

$$M_t = T_{\text{máx}} * l$$

$T_{m\acute{a}x}$: Tracción máxima del conductor, según la zona (Kg).

l: Distancia a la que se encuentra el conductor más alejado del apoyo (m).

Nº APOYO	ANCLAJE DE ÁNGULO								
	1ª HIPÓTESIS			3ª HIPÓTESIS			4ª HIPÓTESIS		
	Esfuerzo Vertical	Esfuerzo Transversal	Esfuerzo Longitudinal	Esfuerzo Vertical	Esfuerzo Transversal	Esfuerzo Longitudinal	Esfuerzo Vertical	Esfuerzo Transversal	Esfuerzo Longitudinal
4	1234.038 (Kg)	-5577.338 (Kg)	--	1234.038 (Kg)	-5577.338 (Kg)	1681.957 (Kg)	1234.038 (Kg)	-5577.338 (Kg)	3363.914 (Kg·m)

Ecuación resistente:

Nº APOYO	V + 5H (daN)	
4	29765.894	29765.894 ≤ 36200

Apoyo válido.

2.8.3.4. Amarre de ángulo.

1ª Hipótesis: Viento

Esfuerzo vertical:

$$V = P + P_{Herrajes+Aislador} + P_{Armado}$$

$$P = n * P_p * (a_e + C_v(tg\alpha_1 + tg\alpha_2))$$

$$tg\alpha_1 = \frac{h_0 - h_1}{a_1}$$

$$tg\alpha_2 = \frac{h_0 - h_2}{a_2}$$

$$C_v = \frac{T_v}{\sqrt{P_p^2 + Sbv^2}}$$

Donde:

P: Peso vertical debido al conductor sobre el apoyo (kg ó daN).

n: Número total de conductores.

P_p: Peso propio del conductor (kg/m).

a₁: Longitud horizontal proyectada del vano de la izquierda del apoyo estudiado (m).

a₂: Longitud horizontal proyectada del vano de la derecha del apoyo estudiado (m).

C_v: Constante o parámetro de la catenaria en las condiciones de sobrecarga de viento para la zona (m).

α₁: Ángulo de la izquierda del apoyo estudiado, en grados.

α₂: Ángulo de la derecha del apoyo estudiado, en grados.

a_e: Longitud del vano en metros que representa el esfuerzo transversal de los conductores (m).

Esfuerzo transversal:

$$F_t = n * \left(S_{bv} * a_e * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) + 2 * T_v * \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)$$

α: Ángulo de desvío de la taza.

T_v: Tracción con sobrecarga de viento según reglamento, art. 30.

Esfuerzo longitudinal:

No aplica.

3ª Hipótesis: Desequilibrio de tracciones

Esfuerzo vertical:

$$V = P + P_{\text{Herrajes+Aislador}} + P_{\text{Armado}}$$

Esfuerzo transversal:

$$F_t = n * \left(S_{bv} * a_e * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) + 2 * T_v * \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)$$

Esfuerzo longitudinal:

$$F_l = n * T_m * \left(\frac{15}{100} \right)$$

T_{máx}: Tracción máxima del conductor, según la zona (Kg).

n: Número total de conductores.

4ª Hipótesis: Rotura de conductores

Esfuerzo vertical:

$$V = P + P_{Herrajes+Aislador} + P_{Armado}$$

Esfuerzo transversal:

$$F_t = n * \left(Sbv * ae * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) + 2 * Tv * \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)$$

Esfuerzo longitudinal:

$$M_t = T_{m\acute{a}x} * l$$

T_{máx}: Tracción máxima del conductor, según la zona (Kg).

l: Distancia a la que se encuentra el conductor más alejado del apoyo (m).

Nº APOYO	AMARRE DE ÁNGULO								
	1ª HIPÓTESIS			3ª HIPÓTESIS			4ª HIPÓTESIS		
	Esfuerzo Vertical	Esfuerzo Transversal	Esfuerzo Longitudinal	Esfuerzo Vertical	Esfuerzo Transversal	Esfuerzo Longitudinal	Esfuerzo Vertical	Esfuerzo Transversal	Esfuerzo Longitudinal
6	1379.111 (Kg)	-5758.693 (Kg)	--	1379.111 (Kg)	-5758.693 (Kg)	504.587 (Kg)	1379.111 (Kg)	-5758.693 (Kg)	3363.917 (Kg·m)

Ecuación resistente:

Nº APOYO	V + 5H (daN)	
6	29689.1184	29689.1184 ≤ 36200

Apoyo válido.

2.8.3.5. Suspensión de alineación.

1ª Hipótesis: Viento

Esfuerzo vertical:

$$V = P + P_{Herrajes+Aislador} + P_{Armado}$$

$$P = n * P_p * (a_e + C_v(tg\alpha_1 + tg\alpha_2))$$

$$tg\alpha_1 = \frac{h_0 - h_1}{a_1}$$

$$tg\alpha_2 = \frac{h_0 - h_2}{a_2}$$

$$C_v = \frac{T_v}{\sqrt{P_p^2 + Sbv^2}}$$

Donde:

P: Peso vertical debido al conductor sobre el apoyo (kg ó daN).

n: Número total de conductores.

P_p: Peso propio del conductor (kg/m).

a₁: Longitud horizontal proyectada del vano de la izquierda del apoyo estudiado (m).

a₂: Longitud horizontal proyectada del vano de la derecha del apoyo estudiado (m).

C_v: Constante o parámetro de la catenaria en las condiciones de sobrecarga de viento para la zona (m).

α₁: Ángulo de la izquierda del apoyo estudiado, en grados.

α₂: Ángulo de la derecha del apoyo estudiado, en grados.

a_e: Longitud del vano en metros que representa el esfuerzo transversal de los conductores (m).

Esfuerzo transversal:

$$F_t = n * sbv * a_e$$

n: Número de conductores.

Sbv: Sobrecarga de viento.

- Sí el diámetro es mayor de 16 mm Sbv = 0.05*Diámetro conductor.
- Sí el diámetro es menor o igual de 16 mm Sbv = 0.06*Diámetro conductor.

Esfuerzo longitudinal:

No aplica.

3ª Hipótesis: Desequilibrio de tracciones

Esfuerzo vertical:

$$V = P + P_{Herrajes+Aislador} + P_{Armado}$$

Esfuerzo transversal:

No aplica.

Esfuerzo longitudinal:

$$Fl = n * Tm * \left(\frac{8}{100}\right)$$

Para líneas de Un ≤ 66kV con cadenas de suspensión.

4ª Hipótesis: Rotura de conductores

Esfuerzo vertical:

$$V = P + P_{Herrajes+Aislador} + P_{Armado}$$

Esfuerzo transversal:

No aplica.

Esfuerzo longitudinal:

$$Mt = Tmáx * \frac{50}{100} * l$$

Nº APOYO	SUSPENSIÓN DE ALINEACIÓN								
	1ª HIPÓTESIS			3ª HIPÓTESIS			4ª HIPÓTESIS		
	Esfuerzo Vertical	Esfuerzo Transversal	Esfuerzo Longitudinal	Esfuerzo Vertical	Esfuerzo Transversal	Esfuerzo Longitudinal	Esfuerzo Vertical	Esfuerzo Transversal	Esfuerzo Longitudinal
8	932.268 (Kg)	433.125 (Kg)	--	932.268 (Kg)	--	269.11 (Kg)	932.268 (Kg)	--	1681.957 (Kg·m)

Ecuación resistente:

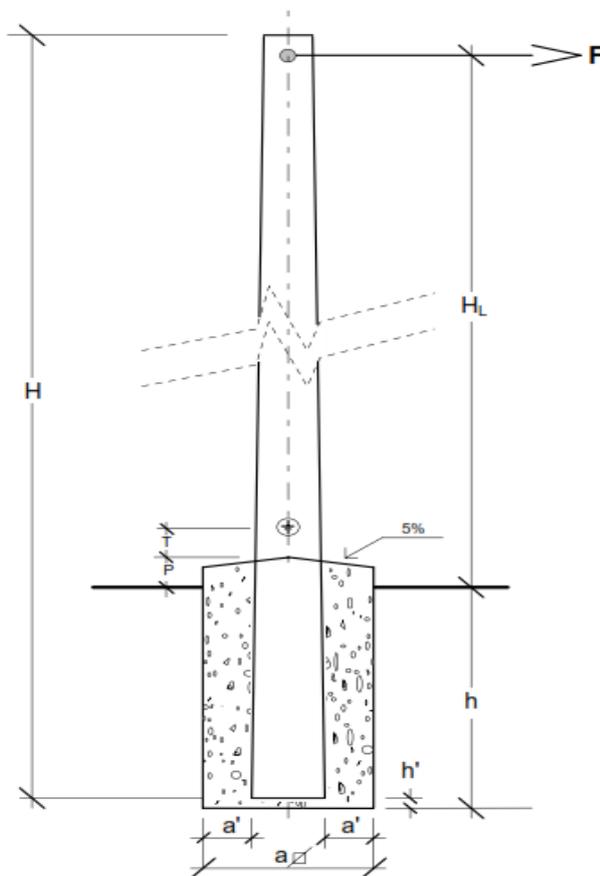
Nº APOYO	$V + 5H$ (daN)	
8	3413.59	$3413.59 \leq 5600$

Apoyo válido.

2.9. CIMENTACIONES

El cálculo de las cimentaciones de los apoyos se realizará teniendo en cuenta todo lo que al respecto se especifica en el apartado 3.6 del RLAT.

La figura representa la cimentación de un apoyo tipo monobloque, en la que se representan los datos para aplicar el método de Sulzberger y del cual se obtienen una serie de tablas en función del terreno.



Método Sulzberger:

$$M_v = F * \left(H_l + \frac{2}{3} h \right) = F * \left(H - \frac{1}{3} \right)$$

M_v : Momento del vuelco del poste (daN·m).

F: Esfuerzo nominal (daN).

H_l : Altura libre del poste (m).

H: Altura del poste (m).

H: Profundidad del macizo (m).

El momento estabilizador se puede calcular aproximadamente con la expresión:

$$M_e = 139 * k * a * h^4 + 2200 * a^3 * h * 0.4$$

Debiendo cumplirse

$$C_s = \frac{M_e}{M_v} \geq 1.5$$

M_e : Momento estabilizador

h: Profundidad del macizo (m).

C_s : Coeficiente de seguridad reglamentario.

a: Anchura del macizo (m).

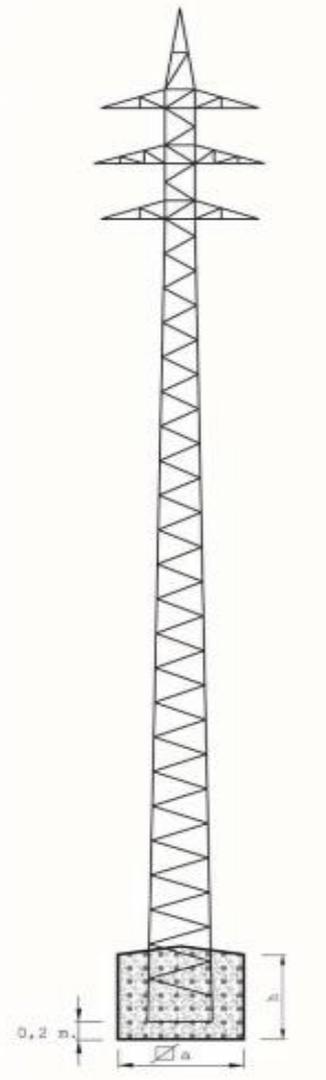
k: Coeficiente de compresibilidad del terreno a la profundidad de 2 m (kg/cm.cm²).

El coeficiente de seguridad resultante del cociente entre el momento estabilizador y el momento de fallo al vuelco, no será inferior a 1.5 en hipótesis normales ó 1.2 en hipótesis anormales.

Para el apoyo GRACO, monobloque:

Compresibilidad terreno $K=10$ (kg/cm²).

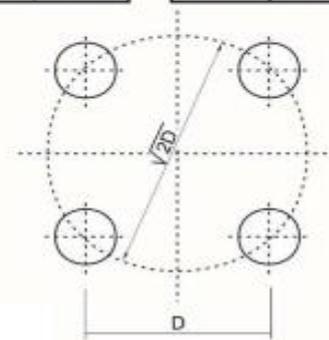
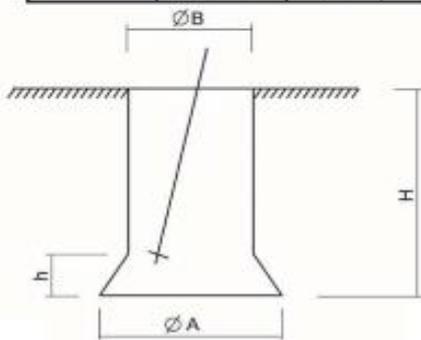
Altura (Hauteur) (Height) (m.)	Dimensiones (Dimensions) (Dimensions)	GRACO						
		1.500	2.500	3.500	4.500	6.000	8.000	9.000
10	h	1,55	1,80	2,00	2,15	2,45	2,70	2,85
	a	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64
	V (m ³)	4,17	4,84	5,38	5,78	6,59	7,26	7,67
12	h	1,60	1,85	2,05	2,25	2,55	2,85	2,95
	a	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71
	V (m ³)	4,30	5,41	5,99	6,58	7,46	8,33	8,63
14	h	1,60	1,90	2,10	2,35	2,60	2,95	3,10
	a	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78
	V (m ³)	5,07	6,02	6,65	7,45	8,24	9,35	9,82
16	h	1,65	1,95	2,15	2,40	2,70	3,00	3,15
	a	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85
	V (m ³)	5,65	6,67	7,36	8,21	9,24	10,27	10,78
18	h	1,65	1,95	2,20	2,45	2,75	3,10	3,25
	a	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92
	V (m ³)	6,08	7,19	8,11	9,03	10,14	11,43	11,98
20	h	1,70	2,00	2,25	2,50	2,80	3,15	3,30
	a	1,99	1,99	1,99	1,99	1,99	1,99	1,99
	V (m ³)	6,73	7,92	8,91	9,90	11,09	12,47	13,07
22	h	1,70	2,00	2,30	2,55	2,85	3,20	3,35
	a	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06
	V (m ³)	7,21	8,49	9,79	10,82	12,09	13,58	14,22
24	h	1,70	2,00	2,30	2,60	2,90	3,25	3,40
	a	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13
	V (m ³)	7,71	9,07	10,43	11,80	13,16	14,74	15,43
26	h	1,75	2,05	2,35	2,60	2,95	3,30	3,45
	a	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
	V (m ³)	8,47	9,92	11,37	12,58	14,28	15,97	16,70
28	h	1,75	2,05	2,40	2,65	3,00	3,35	3,50
	a	2,27	2,27	2,27	2,27	2,27	2,27	2,27
	V (m ³)	9,02	10,56	12,37	13,66	15,46	17,26	18,04
30	h	1,75	2,05	2,40	2,65	3,00	3,40	3,55
	a	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35
	V (m ³)	9,66	11,32	13,25	14,63	16,57	18,78	19,60
32	h	1,80	2,10	2,40	2,70	3,05	3,40	3,60
	a	2,41	2,41	2,41	2,41	2,41	2,41	2,41
	V (m ³)	10,45	12,20	13,94	15,68	17,71	19,75	20,91



Para el apoyo ACECO, tetrabloque:

Para cimentaciones denominadas de patas separadas y de sección circular, para un terreno de características medidas y calculadas considerando un ángulo de arranque $\alpha = 30^\circ$.

Altura (Hauteur) [Height] (m.)	Dimensiones (Dimensions) [Dimensions]	ACECO						Altura (Hauteur) [Height] (m.)	Ancho base "D" (Larger base "D") (Base width "D") m.
		3.000	4.500	6.000	9.000	14.000	18.000		
9,45 11,70	∅ A (m.)	1,30	1,30	1,40	1,60	1,90	2,00	9,45	2,45
	∅ B (m.)	0,90	0,90	1,00	1,10	1,30	1,40		
	h (m.)	0,40	0,40	0,40	0,50	0,60	0,60		
	H (m.)	1,80	2,10	2,30	2,55	2,95	3,30		
	V (m ³)	1,27	1,46	1,95	2,67	4,34	5,53		
13,95 16,20	∅ A (m.)	1,30	1,30	1,40	1,60	1,90	2,00	13,95	3,05
	∅ B (m.)	0,90	0,90	1,00	1,10	1,30	1,40		
	h (m.)	0,40	0,40	0,40	0,50	0,60	0,60		
	H (m.)	1,90	2,25	2,40	2,65	3,05	3,40		
	V (m ³)	1,34	1,56	2,03	2,77	4,47	5,69		
18,45 20,70	∅ A (m.)	1,30	1,30	1,40	1,60	1,90	2,00	18,45	3,65
	∅ B (m.)	0,90	0,90	1,00	1,10	1,30	1,40		
	h (m.)	0,40	0,40	0,40	0,50	0,60	0,60		
	H (m.)	2,00	2,35	2,50	2,75	3,15	3,40		
	V (m ³)	1,40	1,62	2,11	2,86	4,61	5,86		
23,00 27,50	∅ A (m.)	1,30	1,30	1,40	1,60	1,90	2,00	23,00	4,25
	∅ B (m.)	0,90	0,90	1,00	1,10	1,30	1,40		
	h (m.)	0,40	0,40	0,40	0,50	0,60	0,60		
	H (m.)	2,10	2,45	2,60	2,85	3,25	3,45		
	V (m ³)	1,46	1,68	2,18	2,96	4,74	5,94		
27,50								27,50	4,85



2.10. PUESTAS A TIERRA

Iberdrola en el MT 2.23.31 define que el principio básico de la puesta a tierra (PT), es conseguir que su resistencia de difusión sea inferior a 20 Ω en los apoyos situados en zonas frecuentadas (F); en las zonas de pública concurrencia (PC), además de lo anterior, es obligatorio el empleo de electrodos de difusión en anillo cerrado enterrado alrededor

del apoyo. El mismo tratamiento que para las de PC, debe tenerse para los apoyos que soporten aparatos de maniobra (AM). En el caso de zonas no frecuentadas, consideraremos una resistencia de difusión de 60Ω .

Los criterios adoptados por Iberdrola consisten en:

- Materiales de los electrodos: picas bimetálicas de acero-cobre y cable de cobre de 50 mm^2 de sección.
- Tipos de electrodos:
 - Pica hincada en el fondo del hoyo conectada al apoyo con cable de Cu (PH).
 - Pica en antena conectada al apoyo con cable de Cu 50, enterrado en zanja de 0,70 m de profundidad (PA).
 - Anillo cerrado de cable de Cu conectado al apoyo, enterrado en zanja de 0,70 m de profundidad (AN1), (AN2).
 - Zonas definidas: (PC) publica concurrencia, (F) frecuentadas y de apoyos de maniobra (AM), implementamos las zonas no frecuentadas agrícolas (A) y las no frecuentadas (N).
 - Toma de tierra: se compone de la puesta a tierra (PT) que se realiza a la vez que la cimentación y de la mejora de tierra (MT) que se realiza con posterioridad a la toma de lectura de la resistencia de la PT cuando los valores alcanzados no sean los estipulados.

Los electrodos a instalar en función de la zona y resistencia de difusión del terreno:

Zona	Toma de tierra	Monobloque	Macizos independientes	Resistencia TT (final)
N	PT	PH	2 - PH	$\leq 60 \Omega$
	MT	2 - PA	2 - PA	-
A	PT	PH + AN1	2PH + AN1	$\leq 20 \Omega$
	MT	2 - PA	2 - PA	-
F - PC - AM	PT	PH + AN1	2PH + AN1	$\leq 20 \Omega$
	MT	AN2	2 - PA	-

2.11. CONCLUSIÓN

En los diferentes apartados incluidos en esta Memoria se han expuesto los cálculos necesarios y los fundamentos técnicos que han servido de base para la realización de este Proyecto, cumpliendo con las normas vigentes que sobre líneas aéreas de alta tensión han sido establecidas por los Organismos competentes.

A continuación acompañan a esta Memoria: Planos del perfil de la línea, detalles de los apoyos, aislamiento, etc. así como el Presupuesto de las obras a realizar, el Pliego de condiciones y el Estudio Básico de Seguridad y Salud.

Con todo ellos se cree haber aportado suficientes datos y justificaciones, por lo cual se solicita la Aprobación y Autorización del proyecto para su construcción y posterior puesta en funcionamiento. En cualquier caso queda a disposición de aquellos para ampliar o aclarar cuanto estimen oportuno.

Cartagena, Octubre de 2015
La Ingeniera Eléctrica.

Fdo.: Yolanda Ros Martínez.

PRESUPUESTO

MONTAJE Y MATERIAL ELÉCTRICO

<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDADES</i>	<i>€/UNIDAD</i>	<i>TOTAL €</i>
APOYOS			
(AL)Apoyo GRACO 3500 18m	3	6755.77	20267.31
(AL)Apoyo GRACO 2500 16m	2	5608.58	11217.16
(AL)Apoyo GRACO 3500 18m	1	6321.62	6321.62
(AG)Apoyo GRACO 4500 18m	1	7212.85	7212.85
(AG)Apoyo GRACO 3500 16m	1	6190.49	6190.49
(FL)Apoyo ACECO 14000 20.7m	2	13624.73	27249.46
CONDUCTORES			
Conductor LA-180 D/C simplex + OPGW 48F	1.8 km	27361.72	49251.096
AISLADORES			
Cadena aislador suspensión N-II simplex (Composite)	3	258.03	774.09
Cadena aislador amarre N-II simplex (Composite)	48	545.68	26192.64
Cadena de amarre para cable OPGW 48F	18	174.54	3141.72
PUESTAS A TIERRA			
Puesta a tierra monobloque (AH+2PT)	8	75.11	600.88
Puesta a tierra macizos independientes (2AH+2PT)	2	123.08	246.16
Medición de puesta a tierra de apoyos	10	21.04	210.4
INDICADORES			
Indicadores de numeración de apoyo	10	7.93	79.3
Indicadores de riesgo eléctrico	10	7.93	79.3
Total relación valorada			159034.48

Total relación valorada.....

159.034,48 €

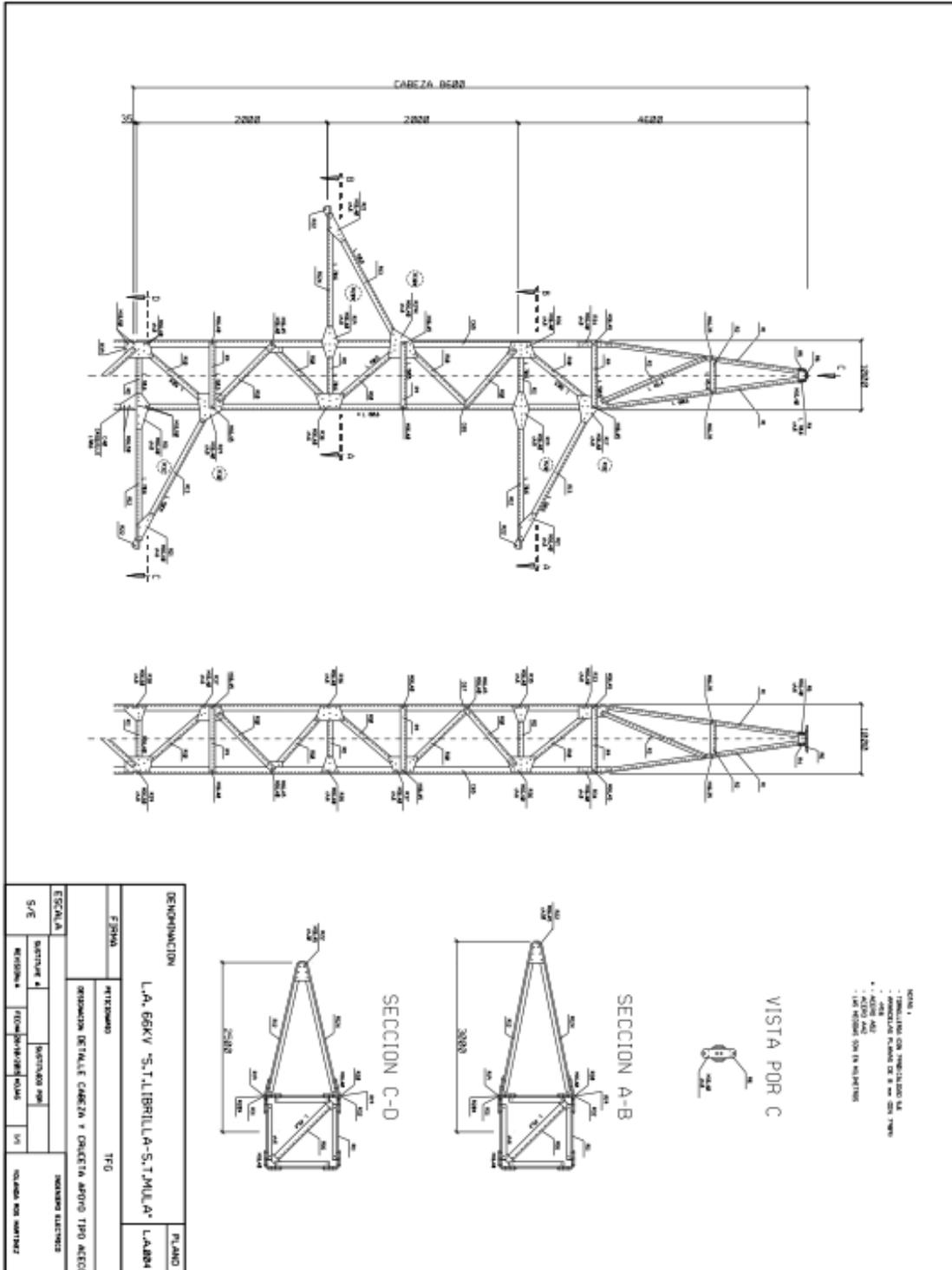
El presente presupuesto es:

CIENTO CINCUENTA Y NUEVE MIL TREINTA Y CUATRO EUROS CON CUARENTA Y OCHO CÉNTIMOS.

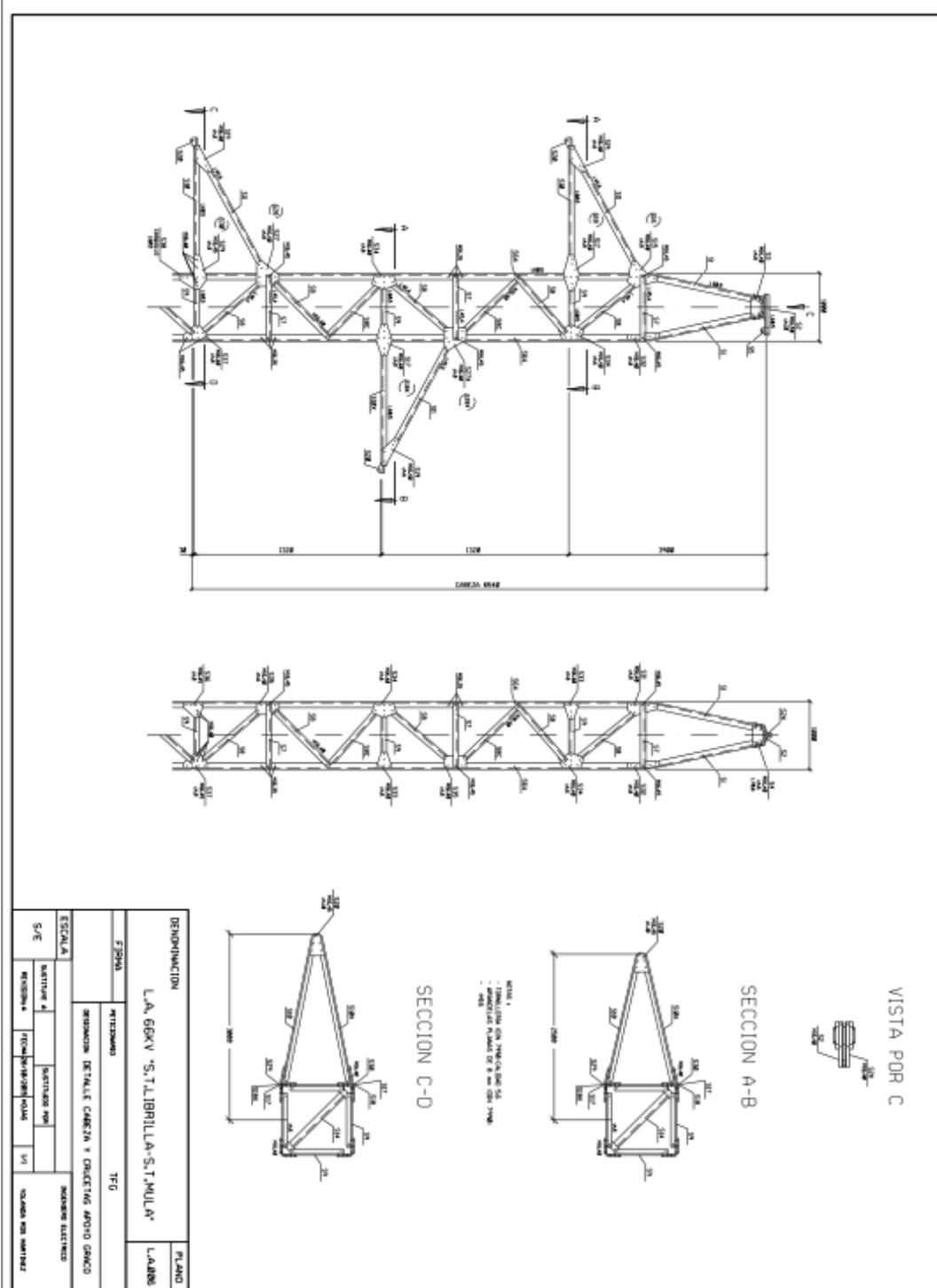
El precio unitario incluye tanto el material como el transporte, acopio y montaje del conjunto (incluyendo excavaciones, izado, hormigonado y cualquier otro tipo de maniobra necesario para llevar a cabo la instalación).

PLANOS

Armado tipo ACECO:

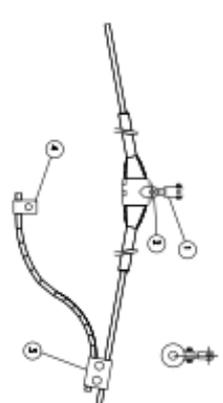


Armado tipo GRACO

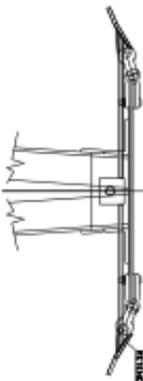


Cadena de suspensión de amarre y suspensión OPGW

CADENA DE SUSPENSION PARA CABLE DE TIERRA OPGW



CADENA DE AMARRE PARA CABLE DE TIERRA OPGW



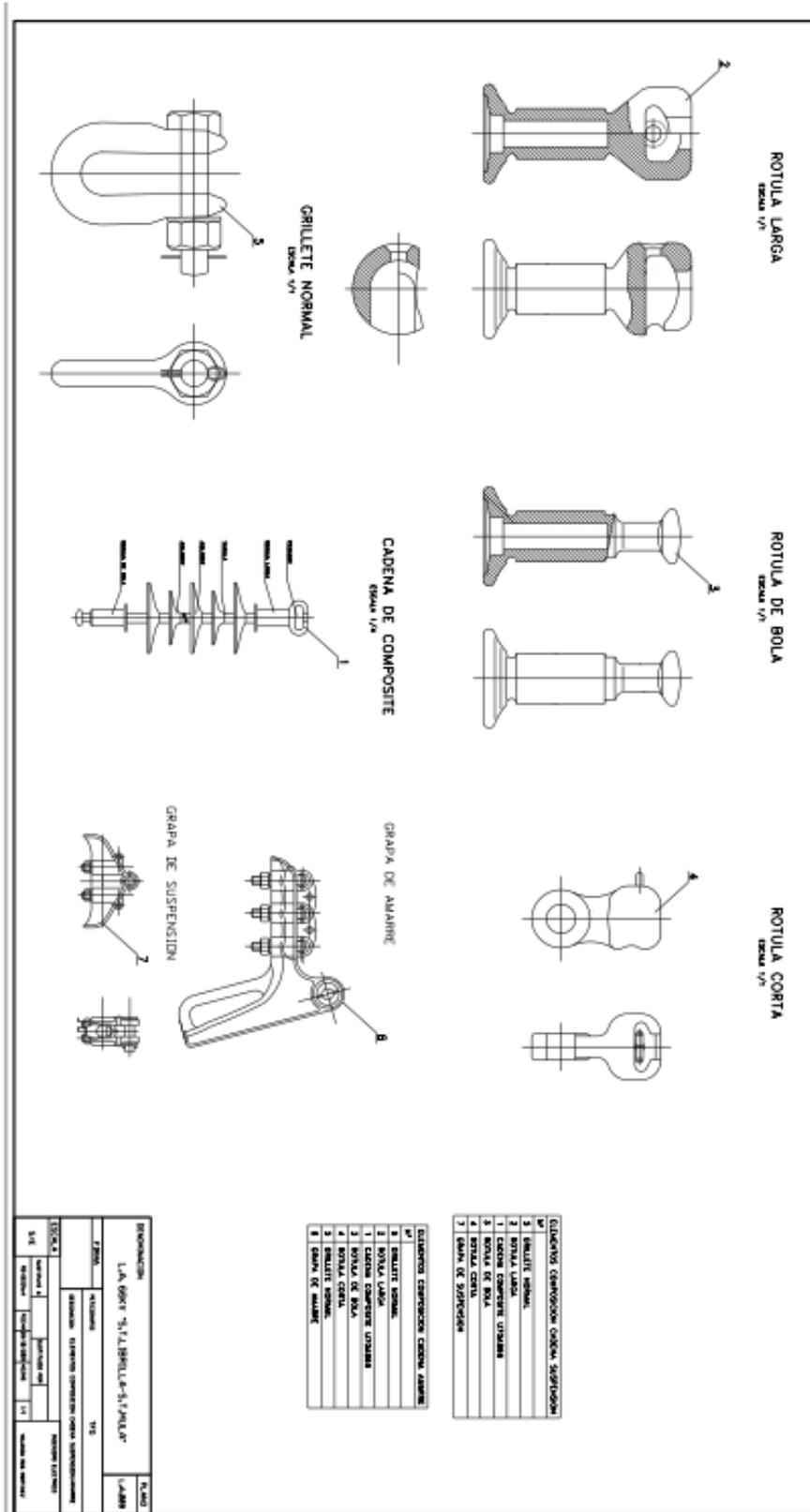
Nº	DENOMINACION	Vol.	MATERIAL
1	HORQUILLA REVOLVIDA	1	ACERO
2	GRAPA SUSPENSION ABM	1	ALAC. AL
3	GRAPA PARALELA	1	ACERO
4	CONEXION SENCILLA	1	ACERO

**2 HORQUILLAS REVOLVIDAS
1 GRAPA CONEXION
2 HORQUILLAS PARALELAS**

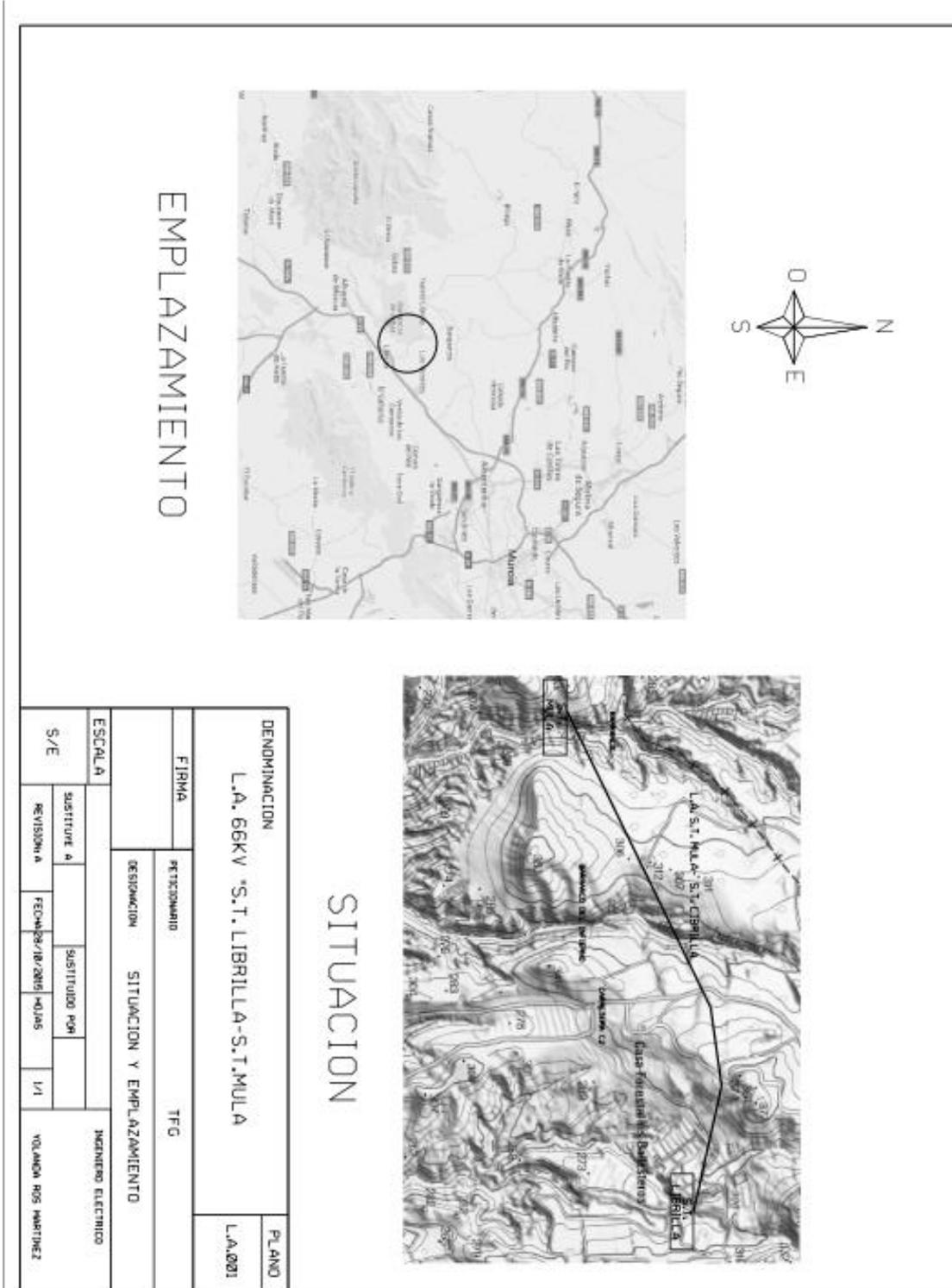
HORQUILLA SENCILLA

DENOMINACION		FLUJO	
L.A. 66KV "S.T.LIBRILLA-S.T.MULA"		L.A.0879	
FIBRA	RETIENDES	T.F.G	
ESCALA		CADENA SUSPENSION/AMARRE	
S/E		MENSURAS ELECTRICAS	
SUSTITUIR A	SUSTITUIDO POR	VOLADORA ROS MARTINEZ	
REVISOR A	FECHA: 08/10/2018	HOLAS	
		1/1	

Cadena suspensión y amarre



Situación y emplazamiento



PLIEGO DE CONDICIONES

1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES Y TÉCNICAS PARA LÍNEAS DE A.T.

1.1 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.

1.2 CAMPO DE APLICACIÓN

Este Pliego de Condiciones se refiere a la construcción de redes aéreas de alta tensión de 66kV. Los pliegos de condiciones particulares podrán modificar las presentes prescripciones.

1.2.1 Organización 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 la Obra, al amparo de las condiciones siguientes:

1.2.1.1 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. Por otra parte, en un plazo máximo de quince días, 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 dos expedientes completos al Director de Obra. Las mejoras y variaciones del proyecto solo pueden ser aprobadas y por escrito por el Director de Obra.

1.2.1.2 Replanteo de la obra

El Director de Obra deberá hacer el replanteo de las mismas, entregando al Contratista, que correrá con los gastos del mismo, las referencias y datos necesarios para fijar

completamente la ubicación de las obras. Se levantará por duplicado Acta de los datos entregados.

1.2.1.3 Recepción del material

El material suministrado deberá ser aprobado por el Director de Obra, siendo su vigilancia y conservación cuenta del Contratista.

1.2.1.4 Organización

El Contratista actuará de patrono legal, corriendo con la organización de la obra, de cuyos planes deberá informar al Director de Obra. En obras por administración, el Contratista deberá dar cuenta diaria de cuantos gastos haya de efectuar.

1.2.1.5 Ejecución de las obras

Las obras se ejecutaran conforme al Proyecto y a las condiciones contenidas en este Pliego de Condiciones y en el Pliego Particular y de acuerdo con las especificaciones señaladas en el de Condiciones Técnicas.

1.2.1.6 Subcontratación de las obras

Salvo que el contrato disponga lo contrario, el adjudicatario podrá concertar con terceros la realización de determinadas unidades de obra, dando conocimiento por escrito al Director de Obra y no excediendo el coste del 50% del presupuesto de la obra principal.

1.2.1.7 Plazo de ejecución

Los plazos de ejecución empezaran a contar a partir de la fecha de replanteo, estando el contratista obligado a cumplir con los plazos señalados en el contrato. El director de Obra podrá conceder la prórroga estrictamente cuando sea necesario y las circunstancias así lo requieran.

1.2.1.8 Recepción provisional

Se hará a los quince días siguientes a la petición del Contratista, requiriendo la presencia del Director de Obra y del representante del Contratista, levantándose la correspondiente Acta de conformidad, si este es el caso, comenzando a contar el plazo de garantía. Si no se hallase la obra en estado de ser recibida, se hará constar en el Acta, fijando al Contratista un plazo de ejecución para remediar los defectos observados, al final del cual se hará un nuevo reconocimiento. Si el Contratista no cumplierse estas prescripciones podrá declararse rescindido el contrato con pérdida de la fianza.

1.2.1.9 Periodo de garantía

Será el señalado en el contrato. Hasta que tenga lugar la recepción definitiva, el Contratista es responsable de la conservación de la Obra.

1.2.1.10 Recepción definitiva

Al terminar el plazo de garantía 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 el representante del contratista, levantándose el Acta correspondiente por duplicado.

1.2.1.11 Pago de obras

Se hará sobre certificaciones parciales, expedidas por el Director de Obra, que se practican mensualmente, las cuales contendrán unidades de obra totalmente terminadas y ejecutadas en el plazo referido. La relación valorada que figure se hará con arreglo a los precios establecidos, reducidos en un 10% y con la cubicación, planos y referencias necesarias para su comprobación. Estas certificaciones son rectificables por la liquidación definitiva o por Certificaciones posteriores.

1.2.1.12 Abono de los materiales acopiados

Se abonarán con arreglo a los precios descompuestos de la adjudicación, cuando no haya peligro de que desaparezcan o se deterioren a juicio del Director de Obra, quien lo

reflejará en el acta de recepción de Obra. La restitución de las bobinas vacías se hará en el plazo de un mes.

1.2.1.13 Disposición final

La concurrencia a cualquier Subasta, Concurso o Concurso-Subasta cuyo proyecto incluya el presente Pliego de condiciones generales, supone la plena aceptación de todas y cada una de sus cláusulas.

1.3. PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES

1.3.1. Características de los materiales

Las características de todos los materiales empleados en la realización de la obra, estarán de acuerdo con las Normas de Iberdrola (N.I.). Dichas normas se enumeran para cada material en la siguiente tabla:

Conductor.	NI 54.63.01
Aislador.	NI 48.08.01
Apoyos de celosía.	NI 52.10.01
Placas y números de señalización.	NI 29.05.01
Balizamiento de líneas aéreas A.T. Protección de avifauna.	NI 29.00.02
Forros para conductores, grapas y herrajes.	NI 52.59.03

Tabla X. Materiales Pliego de Condiciones.

1.3.2. Ejecución de las instalaciones proyectadas

Las condiciones para la realización de la obra de estarán de acuerdo con los Manuales Técnicos (M.T.). Es responsabilidad del contratista que la ejecución de los trabajos sea realicen acorde a dichos manuales.

A continuación se describen los procesos propios de la ejecución del trabajo.

1.3.2.1. Apertura de hoyos

Se procurará ajustar las excavaciones lo máximo posible a las indicadas por el Director de Obra. Es importante que las paredes de los hoyos sean verticales para una mayor sujeción del terreno.

El Contratista tomará las disposiciones convenientes para dejar las excavaciones abiertas el menor tiempo posible para minimizar el riesgo de accidente.

Las excavaciones se realizarán con útiles apropiados según el tipo de terreno. En terrenos rocosos será imprescindible el uso de explosivos o martillo compresor, siendo por cuenta del Contratista la obtención de los permisos de utilización de explosivos. En terrenos acuosos deberá procederse a su desecado, procurando hormigonar después los más rápidamente posible para evitar el riesgo de desprendimiento en las paredes del hoyo (aumentando así las dimensiones del mismo) y el riesgo de una nueva inundación (bien debida a la naturaleza de la zona o bien debida a las lluvias).

En el caso de que se empleen explosivos, el Contratista deberá tomará las precauciones adecuadas para que en el momento de la explosión no se proyecten al exterior piedras que puedan provocar accidentes o desperfectos, cuya responsabilidad correría a cargo del Contratista.

1.3.2.2. Transporte y acopio a pie de hoyo

El transporte se hará en condiciones tales que los puntos de apoyos de los postes con la caja del vehículo queden bien promediados respecto a la longitud de los mismos y se evitarán sacudidas bruscas durante el transporte con objeto de evitar daños a los materiales.

En la carga y descarga de los camiones se evitará toda clase de golpes o cualquier otra causa que pueda producir el agrietamiento de los mismos.

Por ninguna razón el poste quedará apoyado de plano, siempre su colocación será de canto para evitar en todo momento deformaciones y grietas.

En el depósito de la obra se colocarán los postes con una separación de éstos con suelo y también entre ellos (en el caso de estar unos encima de otros) con el objetivo de meter los

estrobos, por lo que se pondrán, como mínimo, tres puntos de apoyo que serán tacos de madera de igual tamaño. En ningún caso está permitido usar piedras para este fin.

Los apoyos no serán arrastrados ni golpeados. Dese el almacén de obra se transportaran hasta el pie del hoyo mediante carros especiales o elementos apropiados para dicha tarea.

Se deberá tener especial cuidado con los apoyos metálicos, ya que un golpe puede torcer o romper cualquiera de los angulares que lo componen dificultando su armado.

Los estrobos a utilizar serán los adecuados para no producir daños a los apoyos.

El Contratista tomará nota de los materiales recibidos dando cuenta al Director de Obra de las anomalías que se produzcan.

En el caso de que se transporten apoyos despiezados es conveniente que sus elementos vayan numerados, en especial las diagonales. Por ninguna causa los elementos que componen el apoyo se utilizarán como palanca o arriostamiento.

Las bobinas, en sus diversos movimientos, serán tratadas con sumo cuidado para evitar deterioros en los conductores y mantener el carrete de madera en buen estado de conservación. Para ello, en la carga y descarga se utilizarán mecanismos de elevación que eviten choques bruscos.

En ningún caso rodarán las bobinas en terrenos pedregosos que puedan ocasionar daños sobre los conductores.

En general, dichas bobinas estarán almacenadas al abrigo de materias que por su naturaleza pudieran deteriorar al conductor.

En lo referente al transporte de herrajes se debe cuidar que no sufran dobleces, deformaciones o cualquier otro tipo de daño que pueda deteriorar o inutilizar éstos.

1.3.2.3. Cimentaciones

La cimentación de los apoyos se realizará de acuerdo con el Proyecto.

El amasado del hormigón se hará siempre sobre chapas metálicas o superficies impermeables y se efectuará a mano o en hormigoneras cuando así sea posible, procurando que la mezcla sea lo más homogénea posible.

Al hacer el vertido el hormigón se apisonará con el objetivo de hacer desaparecer las coqueas que pudieran formarse. No se dejarán las cimentaciones cortadas, ejecutándolas

con hormigonado continuo hasta su terminación. Si por fuerza mayor hubiera de suspenderse y quedara éste sin terminar, antes de proceder de nuevo al hormigonado se levantará la concha de lechada que tenga, con todo cuidado para no mover la piedra, siendo aconsejable el empleo suave del pico y luego el cepillo de alambre con agua o solamente este último si con él basta; más tarde se procederá a mojarlo con una lechada de cemento e inmediatamente se procederá de nuevo al hormigonado.

Tanto el cemento como los áridos serán medidos con elementos apropiados.

Para los apoyos metálicos, los macizos sobrepasarán el nivel en 10 cm como mínimo en terrenos normales, y 20 cm en terrenos de cultivo. La parte superior de este macizo estará terminada en forma de punta de diamante, a base de mortero rico en cemento, con una pendiente de un 10% como mínimo como vierteaguas.

Se tendrá la precaución de dejar un conducto para poder colocar el cable de tierra de los apoyos. Este conducto deberá salir a unos 30 cm bajo el nivel del suelo, y, en la parte superior de la cimentación, junto a la arista del apoyo que tenga la toma de tierra.

Arena: debe ser limpia y no contener impurezas arcillosas u orgánicas. Será preferible la que tenga superficie áspera y de origen cuarzoso, desechando la de procedencia de terrenos que contengan mica y feldespato. Cumpliendo estas características la arena podrá proceder de ríos, canteras, etc.

Piedra: siempre se suministrará limpia. Sus dimensiones podrán estar entre 1 y 5 cm (en cualquiera de sus tres dimensiones). Se prohíbe el empleo de revoltón, es decir, piedra y arena unidas sin dosificación; tampoco está permitido el uso de cascotes o materiales blandos. En el caso de apoyos metálicos podrá utilizarse hormigón ciclópeo. Cumpliendo estas características la piedra podrá proceder de canteras y de graveras de río.

Cemento: será de tipo Portland P-350. Si el terreno es yesoso se empleará cemento puzolánico.

Agua: no estará permitido aquella en la que se aprecie la presencia de hidratos de carbono, aceites o grasas. Queda prohibido el uso de aguas de ciénagas. Con estos requisitos se podrá emplear agua de río o manantiales que sean aceptables por la práctica.

1.3.2.4. Armado de apoyos metálicos

El armado de estos apoyos se realizará teniendo presente la concordancia de diagonales y presillas.

Todos los elementos metálicos de los apoyos serán ensamblados y fijados por medio de tornillos.

En caso de que en el curso del montaje aparezcan dificultades de ensambladura o defectos sobre piezas que necesitan su sustitución o su modificación, el Contratista deberá notificarlo al Director de Obra.

No se empleará ningún elemento metálico doblado, torcido, etc. Sólo podrán enderezarse previo consentimiento del Director de Obra.

Después de su izado, y antes del tendido de los conductores, se apretarán los tornillos dando a las tuercas la presión correcta. El tornillo deberá sobresalir de la tuerca por lo menos tres pasos de rosca, los cuales se granetearán para evitar que puedan aflojarse.

1.3.2.5. Protección de las superficies metálicas

Todos los elementos integrantes de los apoyos, perfiles, chapas y tornillos deberán estar galvanizados en caliente, según NI 00.06.10. La galvanización en caliente es el procedimiento por el que se obtienen recubrimientos de cinc en materiales de acero u otros materiales férricos mediante la inmersión de los mismos en un baño de cinc fundido.

1.3.2.6. Izados de apoyos

La operación de izado de los apoyos debe realizarse de tal forma que ningún elemento sea solicitado excesivamente. En cualquier caso, los esfuerzos deben ser inferiores al límite elástico del material.

Por tratarse de postes pesados se recomienda sean izados con pluma o grúa, evitando en la medida de lo posible que el aparejo dañe las aristas o montantes del poste.

1.3.2.7. Reposición del terreno

Las tierras sobrantes de la excavación, al igual que los restos del hormigonado, deberán ser extendidas si el propietario del terreno lo autoriza; en caso contrario, deberán ser retiradas al vertedero, todo lo cual será a cargo del Contratista.

1.3.2.8. Numeración de apoyos y avisos de peligro eléctrico

Los apoyos se enumerarán con pintura negra, ajustándose dicha numeración a la dada por el Director de Obra. Las cifras deberán ser legibles desde el suelo.

La placa de señalización de "riesgo eléctrico" se colocará en el apoyo a una altura suficiente para que no se pueda quitar desde el suelo (prevención de vandalismo). Dicha placa deberá cumplir las características señaladas en la norma UNE 48103.

Se señalará la instalación con el lema corporativo.

1.3.2.9. Puesta a tierra

Los apoyos de la línea deberán conectarse a tierra de un modo eficaz, de acuerdo con lo establecido en el presente proyecto y siguiendo las instrucciones dadas en el Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión.

1.4. RECEPCIÓN DE LA 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 y se podrán solicitar todos los ensayos a las instalaciones que se consideren oportunos.

En la recepción de la instalación se incluirá la medición de la conductividad de la toma de tierra y las pruebas de aislamiento pertinentes.

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.

1.4.1. Calidad de las cimentaciones

El Director de Obra podrá encargar la ejecución de probetas de hormigón de forma cilíndrica de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, con objeto de someterlas a ensayos de compresión. El Contratista tomará a su cargo las obras ejecutadas con hormigón que hayan resultado de insuficiente calidad.

1.4.2. Tolerancias de ejecución

A continuación se describen los distintos tipos de tolerancias en función de su naturaleza:

- Desplazamiento de apoyos sobre su alineación:

Si "D" representa la distancia, expresada en metros, entre ejes de un apoyo y el de ángulo más próximo, la desviación en alineación de dicho apoyo y la alineación real, debe ser inferior a $(D/100) + 10$, expresada en centímetros.

- Desplazamiento de un apoyo sobre el perfil longitudinal de la línea en relación a su situación prevista:

No debe suponerse aumento en la altura del apoyo. Las distancias de los conductores respecto al terreno deben permanecer como mínimo iguales a las previstas en el Reglamento.

- Verticalidad de los apoyos:

En apoyos de alineación se admite una tolerancia del 0,2% sobre la altura de apoyo.

- Altura de flechas:

Los errores máximos admitidos en flechas, en cualquiera que sea la disposición de los conductores y el número de circuitos sobre el apoyo, en la regulación de conductores, serán de:

- a) $\pm 3\%$ En el conductor que se regula.
- b) $\pm 3\%$ Entre dos conductores situados en el plano vertical.
- c) $\pm 6\%$ Entre dos conductores situados en el plano horizontal.

La medición de las flechas se realizará según la norma UNE 21 101

ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD **Y SALUD**

1. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

De acuerdo con el artículo 4º del Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, el promotor está obligado, a que en la fase de redacción de proyecto, se elabore Estudio de Seguridad y Salud en los proyectos de obra en las que se den alguno de los supuestos que más abajo se exponen:

- Que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 450.000 euros
- Que la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores.
- Que 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, sea superior a 500 días.
- Obras de túneles, galerías, presas y conducciones subterráneas.

En este caso, para la realización de este proyecto se dan los tres primeros supuestos específicos, lo que obliga a que se elabore un Estudio de Seguridad y Salud.

2. OBJETO DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

El presente Estudio de Seguridad y Salud tiene por objeto, de acuerdo con el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, precisar las normas de seguridad y salud aplicables a la obra correspondiente "*Diseño de una línea aérea de Alta Tensión para suministro de energía Eléctrica a una Subestación Transformadora de Energía Eléctrica*", ubicada en los Términos Municipales de Librilla y Mula, pertenecientes a la Región de Murcia.

Se trata de plantear, conforme a la normativa vigente, aquellas operaciones y medidas de prevención, que garanticen la seguridad del personal ajeno a la obra como a los que intervengan en el desarrollo de la ejecución de la obra, tanto en lo referente a la seguridad activa respecto de su propio lugar de trabajo y su movimiento en el interior de la obra, como la seguridad pasiva del propio centro de trabajo, durante la ejecución del mismo.

Este estudio servirá de base para que la Empresa Contratista o Empresas Contratistas designadas por la empresa promotora de la obra pueda realizar el Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en este Estudio, en función de su propio sistema de ejecución de la obra. En dicho Plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de

prevención, con la correspondiente justificación técnica sin que ello implique disminución de los niveles de protección previstos. Dichas medidas alternativas de prevención incluirán la valoración económica de las mismas, no pudiendo implicar disminución del importe total de acuerdo al segundo párrafo del apartado 4 del art. 5º del R. D. 1627/1997. El Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo deberá ser aprobado antes del inicio de la obra, por el Coordinador en Materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra. En todo caso el Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo se ajustará a lo indicado en el art. 7º del R. D. 1627/1997.

3. ANÁLISIS DEL RIESGO

3.1. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

Con el fin de identificar los peligros, lo hemos realizado en función de las fases de obra o unidades constructivas del proyecto y los equipos técnicos y medios auxiliares necesarios para llevar a cabo la obra.

3.2. ESTIMACIÓN DEL RIESGO

Para cada peligro que se detecte, se estimará el riesgo, determinando la potencial severidad del daño (consecuencias) y la probabilidad de que ocurra el hecho.

3.3. SEVERIDAD DEL DAÑO

Para determinar la potencial severidad del daño, deben considerarse:

- Las partes del cuerpo que se verán afectadas.
- La naturaleza del daño, graduándolo desde ligeramente dañino a extremadamente dañino:

a) Ligeramente dañino: daños superficiales (cortes y magulladuras pequeñas, irritación de los ojos por polvo), molestias e irritación (dolor de cabeza, disconfort).

b) Dañino: laceraciones, quemaduras, conmociones, torceduras importantes, fracturas menores, sordera, dermatitis, asma, trastornos músculo-esqueléticos, enfermedad que conduce a una incapacidad menor.

c) Extremadamente dañinos: amputaciones, fracturas mayores, intoxicaciones, lesiones múltiples, lesiones fatales, cáncer y otras enfermedades crónicas que acortan severamente la vida.

- Probabilidad de que ocurra el daño: se clasificará desde alta a baja, con el siguiente criterio:

- a) Probabilidad alta: el daño ocurrirá siempre o casi siempre.
- b) Probabilidad media: el daño ocurrirá en algunas ocasiones.
- c) Probabilidad baja: el daño ocurrirá raras veces.

3.3.1. Valoración del riesgo

Los niveles indicados en el cuadro 1 posterior forman la base para decidir si se quiere mejorar los controles existentes o implantar unos nuevos, así como la temporización de las acciones. En el cuadro 2 se muestra el criterio seguido como punto de partida para la toma de decisiones e indica que los esfuerzos precisos para el control de los riesgos y la urgencia con la que deben adoptarse las medidas de control deben ser proporcionales al riesgo.

		CONSECUENCIAS		
		Ligeramente dañino	Dañino	Extremadamente dañino
PROBABILIDAD	BAJA	Riesgo trivial	Riesgo tolerable	Riesgo moderado
	MEDIA	Riesgo tolerable	Riesgo moderado	Riesgo importante
	ALTA	Riesgo moderado	Riesgo importante	Riesgo intolerable

Cuadro 1.

RIESGO	ACCIÓN Y TEMPORIZACIÓN
Trivial	No se requiere acción específica
Tolerable	<p>No necesita mejorar la acción preventiva. Sin embargo se deben considerar soluciones más rentables o mejoras que no supongan una carga económica importante.</p> <p>Se requieren comprobaciones periódicas para asegurar que se mantiene la eficacia de las medidas de control.</p>

Moderado	<p>Se deben realizar esfuerzos para reducir el riesgo, determinando las inversiones precisas. Las medidas para reducir el riesgo se deben implantar en un periodo determinado.</p> <p>Cuando el riesgo moderado está asociado con consecuencias extremadamente dañinas, se precisará una acción posterior para establecer con más precisión, la probabilidad de daño como base para determinar la necesidad de mejora de las medidas de control.</p>
Importante	<p>No debe comenzar el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo. Puede que se precisen recursos considerables para controlar el riesgo. Cuando el riesgo corresponda a un trabajo que se está realizando, debe remediarse el problema en un tiempo inferior al de los riesgos moderados.</p>
Intolerable	<p>No deben comenzarse ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo. Si no es posible reducir el riesgo, incluso con recursos ilimitados, debe prohibirse el trabajo.</p>

Cuadro 2.

3.4. SERVICIOS SANITARIOS Y COMUNES

La asistencia elemental para las pequeñas lesiones sufridas por el personal de obra, se atenderán en el botiquín instalado a pie de obra.

Asimismo, se dispondrá de un botiquín para efectuar las curas de urgencia y convenientemente señalizado. Se hará cargo de dicho botiquín la persona más capacitada designada por el Coordinador de seguridad y salud.

El botiquín contendrá:

- 1 Frasco conteniendo agua oxigenada.
- 1 Frasco conteniendo alcohol de 96 grados.
- 1 Frasco conteniendo tintura de yodo.
- 1 Frasco conteniendo mercurocromo.
- 1 Frasco conteniendo amoníaco.
- 1 Caja conteniendo gasa estéril.

- 1 Caja conteniendo algodón hidrófilo estéril.
- 1 Rollo de esparadrapo.
- 1 Torniquete.
- 1 Bolsa para agua o hielo.
- 1 Bolsa conteniendo guantes esterilizados.
- 1 Termómetro clínico.
- 1 Caja de apósitos autoadhesivos (tiritas).
- Analgésicos.
- Antisépticos autorizados
- Vendas
- Tijeras
- Pinzas
- Agua potable

La intervención facultativa ante siniestros se prestará preferentemente en los servicios sanitarios de la Mutua de accidentes de trabajo que corresponda a la empresa. En caso de no ser posible por razones de urgencia, se acudirá al centro médico más próximo aunque no pertenezca a dicha Mutua de accidentes.

Los lugares de asistencia sanitaria más próximos a la obra (ambulatorio, casa de socorro, hospital y centro asistencial de la Mutua) así como el itinerario para acceder a ellos, en el menor plazo posible, será conocido por todo el personal presente en la obra y colocado en sitio visible (interior de vestuario, comedor, etc.). Así mismo se indicará los teléfonos de estos lugares de asistencia, el de la Mutua de accidentes de trabajo y el de Urgencias.

3.5. PROTECCIONES

En ausencia de homologación específica por organismo de la Administración especializado, las protecciones colectivas y resguardos de seguridad en tajos, máquinas y herramientas, se ajustarán a los criterios habituales adoptados al respecto por las Comisiones Nacionales de y las prácticas más comunes.

3.5.1. Protección de la cabeza

La cabeza puede verse agredida dentro del ambiente laboral por distintas situaciones de riesgo, entre las que cabe destacar:

- Riesgos mecánicos. Caída de objetos, golpes y proyecciones.
- Riesgos térmicos. Metales fundidos, calor, frío...
- Riesgos eléctricos. Maniobras y/u operaciones en alta o baja tensión.

La protección del cráneo frente a estos riesgos se realiza por medio del casco que cubre la parte superior de la cabeza.

Las características técnicas exigibles a los cascos de protección se encuentran en la norma EN 397.

3.5.2. Protección del oído

Un protector auditivo es un elemento de protección personal utilizado para disminuir el nivel de ruido que percibe un trabajador situado en un ambiente ruidoso.

Los protectores auditivos los podemos clasificar en los siguientes grupos:

- Orejeras. Las orejeras son protectores que envuelven totalmente al pabellón auditivo. Están compuestas por cascos, que son piezas de plástico duro que cubren y rodean la oreja. Los bordes están recubiertos por unas almohadillas rellenas de espuma plástica con el fin de sellar acústicamente contra la cara. La superficie interior del casco está normalmente recubierta de un material absorbente del ruido. Y el arnés, que es el dispositivo que sujeta y presiona los cascos contra la cabeza o sobre la nuca. Hay cascos de seguridad que llevan acoplados dos cascos de protección auditiva y que pueden girarse 90° a una posición de descanso cuando no es preciso su uso.
- Tapones. Los tapones son protectores auditivos que se utilizan insertos en el conducto auditivo externo, obturándolo. En general, no son adecuados para personas que sufran enfermedades de oído o irritación del canal auditivo. Pueden llevar un ligero arnés o cordón de sujeción para evitar su pérdida.

3.5.3. Protección ojos y cara

Los equipos de protección personal de ojos y cara se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- Pantallas: las pantallas cubren la cara del usuario, preservándolo de las distintas situaciones de riesgo a que pueda verse sometido. Las pantallas protectoras, en orden a sus características intrínsecas, pueden clasificarse en:
- Pantallas de soldadores: pueden ser de mano o de cabeza. Las pantallas para soldadores van provistas de filtros especiales inactivos que, de acuerdo con la

intensidad de las radiaciones, tendrán una opacidad determinada, indicada por su grado de protección N. Estas pantallas pueden llevar antecristales que protegen también contra los posibles riesgos de impactos de partículas en operaciones de limpieza o preparación de soldaduras. Estos cristales de protección mecánica pueden ser de dos tipos: antecristales y cubrefiltros. Las características técnicas de estos equipos de protección están recogidas en las normas EN 166, EN 167, EN 169, EN 175 y EN 379.

- Pantallas faciales: Están formadas por un sistema de adaptación a la cabeza abatible y ajustable y diferentes variantes de visores. Dependiendo del tipo de visor proporciona protección contra radiaciones, salpicaduras de líquidos corrosivos, proyección de partículas, etc. Las características técnicas de estos protectores vienen recogidas en las normas EN 166, EN 167 y EN 168.
- Gafas: Las gafas tienen el objetivo de proteger los ojos del trabajador. Las gafas, en función del tipo de riesgos a que se encuentre sometido el trabajador en su puesto de trabajo, debe garantizar total o parcialmente la protección adicional de las zonas inferior, temporal y superior del ojo. Los oculares pueden ser tanto de material mineral como de material orgánico. En cualquier caso, como la montura, requieren una certificación específica. Las gafas pueden ser de los siguientes tipos:
 - a) Gafa tipo universal.
 - b) Gafa tipo cazoleta.
 - c) Gafa tipo panorámica.

Las características técnicas de estos equipos se encuentran recogidas en las normas EN 166, EN 167, EN 168 y EN 170.

3.5.4. Protección de las vías respiratorias

Los equipos de protección individual de las vías respiratorias tienen como misión hacer que el trabajador que desarrolla su actividad en un ambiente contaminado o con deficiencia de oxígeno, pueda disponer para su respiración de aire en condiciones apropiadas. Estos equipos se clasifican en dos grandes grupos:

- Respiradores purificadores de aire: son equipos que filtran los contaminantes del aire antes de que sean inhalados por el trabajador. Pueden ser de presión positiva o negativa. Los primeros, también llamados respiradores motorizados, son aquellos que disponen de un sistema de impulsión del aire que lo pasa a través de un filtro para que llegue limpio al aparato respiratorio del trabajador. Los segundos, son aquellos en los que la acción filtrante se realiza por la propia inhalación del trabajador.
- Respiradores con suministro de aire: son equipos que aíslan del ambiente y proporcionan aire limpio de una fuente no contaminada. Se destacan dos grandes grupos:
 - a) Equipos semiautónomos.
 - b) Equipos autónomos.

Las características técnicas de los equipos de protección de las vías respiratorias se encuentran recogidas en las normas EN 140, EN 141, EN 143, EN 149, EN 405.

3.5.5. Protección de los pies

Son los pies la parte del cuerpo humano con mayor riesgo de daño directo o capaz de transmitir daños a otra parte del organismo por ser los puntos de contacto necesarios con el medio para desplazarnos o desarrollar la mayor parte de nuestras actividades. Esta circunstancia ha hecho que de forma natural la humanidad haya tendido a protegerse en primer lugar de las depresiones del suelo y agentes meteorológicos a través del calzado. El calzado de seguridad pretende ser un elemento que proteja, no solo de las agresiones a los pies, sino que evite además que por éstos lleguen agresiones a otras partes del organismo a través del esqueleto del que constituyen su base. Así, el calzado de seguridad no ha de verse como único elemento de protección contra impactos o pinchazos sino que además, protege contra:

- Vibraciones.
- Caídas mediante la absorción de energía.
- Disminuye el resbalamiento permitiendo una mayor adherencia.
- Disminuye la influencia del medio sobre el que se apoya, calor o frío.
- Previenen de agresiones químicas como derrames, etc.

Las características técnicas del calzado de protección se encuentran recogidas en las normas EN 344 y EN 345.

3.5.6. Protección de brazos y manos

Un guante es una prenda del equipamiento de protección personal que protege una mano o una parte de ésta, de riesgos. Pueden cubrir parte del antebrazo y brazo también. Las extremidades superiores de los trabajadores pueden verse sometidas, en el desarrollo de un determinado trabajo, a riesgos de diversa índole, en función de los cuales la normativa de la Comunidad Europea establece la siguiente clasificación:

- Protección contra riesgos mecánicos.
- Protección contra riesgos químicos y microorganismos.
- Protección contra riesgos térmicos.
- Protección contra el frío.
- Guantes para bomberos.
- Protección contra radiación ionizada y contaminación radiactiva.

Cada guante, según el material utilizado en su confección tiene sus limitaciones de uso, debiéndose elegir el más adecuado para cada tarea en particular.

Las características técnicas de los guantes se encuentran recogidas en las normas EN 388, EN 374, EN 407, EN 420, EN 421 y EN 511.

3.5.7. Protección del cuerpo entero

Son aquellos que protegen al individuo frente a riesgos que no actúan únicamente sobre partes o zonas determinadas del cuerpo, sino que afectan a su totalidad.

El cubrimiento total o parcial del cuerpo del trabajador tiene por misión defenderlo frente a unos riesgos determinados, los cuales pueden ser de origen térmico, químico, mecánico, radiactivo o biológico.

La protección se realiza mediante el empleo de prendas tales como mandiles, chaquetas, monos, etc., cuyo material debe ser apropiado al riesgo existente.

Las características técnicas de la ropa de trabajo vienen recogidas en las normas EN 340, EN 366, EN 367, EN 368, EN 369, EN 467, EN 531 y EN 532.

Las prendas de señalización serán aquellas prendas reflectantes que deban utilizarse, sea en forma de brazaletes, guantes, chalecos, etc., en aquellos lugares que forzosamente tengan que estar oscuros o poco iluminados y existan riesgos de colisión, atropellos, etc.

Las características técnicas de las prendas de alta visibilidad se encuentran recogidas en las normas EN 340 y EN 471.

La finalidad del cinturón de seguridad es la de retener o sostener y frenar el cuerpo del trabajador en determinadas operaciones con riesgo de caída de altura, evitando los peligros derivados de las mismas.

Los cinturones de seguridad pueden clasificarse en:

- Cinturones de sujeción.
- Cinturones de suspensión.
- Cinturones de caída.

Las características técnicas de los cinturones de seguridad están recogidas en las normas EN 360, EN 361 y EN 362.

3.6. CAÍDAS EN ALTURA

3.6.1. Objeto

Se definen y establecen las recomendaciones de seguridad que deberán aplicarse durante la realización de trabajos en altura en cualquier situación o lugar de trabajo.

3.6.2. Principales riesgos derivados

Caídas a distinto nivel.

- Caídas al mismo nivel.
- Caídas de objetos en manipulación.
- Pisadas sobre objetos.
- Golpes por objetos o herramientas.

3.6.3. Procedimientos

Los trabajos en altura no serán realizados por aquellas personas cuya condición física les cause vértigo o altere su sistema nervioso, padezcan ataques de epilepsia o sean susceptibles, por cualquier motivo, de desvanecimientos o alteraciones peligrosas.

Los trabajos en altura sólo podrán efectuarse, en principio, con la ayuda de equipos concebidos para tal fin o utilizando dispositivos de protección colectiva, tales como barandillas, plataformas o redes de seguridad. Si por la naturaleza del trabajo ello no fuera posible, deberá disponerse de medios de acceso seguros y utilizarse cinturones de seguridad con anclaje u otros medios de protección equivalentes.

Se deberá de proteger en particular:

Las aberturas de los suelos.

- Las aberturas en paredes o tabiques, siempre que su situación y dimensiones suponga un riesgo de caída de personas, y las plataformas, muelles o estructuras similares.
- Los lados abiertos de las escaleras y rampas de más de 60 centímetros de altura. Los lados cerrados tendrán un pasamanos, a una altura mínima de 90 centímetros, si la anchura de la escalera es mayor de 1,2 metros; si es menor, pero ambos lados son cerrados, al menos uno de los dos llevará pasamanos.
- Las plataformas, andamios y pasarelas, así como los desniveles,, que supongan para los trabajadores un riesgo de caída de altura superior a 2 metros, se protegerán mediante vallado u otro sistema de protección colectiva de seguridad equivalente.
- Las barandillas serán resistentes, tendrán una altura mínima de 90 centímetros y dispondrán de un reborde de protección, un pasamanos y una protección intermedia que impidan el paso o deslizamiento de los trabajadores.

La estabilidad y solidez de los elementos de soporte y el buen estado de los medios de protección deberán verificarse previamente a su uso, posteriormente de forma periódica y cada vez que sus condiciones de seguridad puedan resultar afectadas por una modificación, período de no utilización o cualquier otra circunstancia.

No se comenzará un trabajo en altura si el material de seguridad no es idóneo, no está en buenas condiciones o sencillamente no se tiene.

Nunca se deben improvisar las plataformas de trabajo, sino que se construirán de acuerdo con la normativa legal vigente.

Las plataformas, pasarelas, andamiadas y, en general, todo lugar en que se realicen los trabajos deberán disponer de accesos fáciles y seguros y se mantendrán libres de obstáculos, adoptándose las medidas necesarias para evitar que el piso resulte resbaladizo.

Al trabajar en lugares elevados no se arrojarán herramientas ni materiales. Se pasarán de mano en mano o se utilizará una cuerda o capazo para estos fines.

Caso de existir riesgo de caída de materiales a nivel inferior, se balizará, o si no es posible, se instalarán señales alertando del peligro en toda la zona afectada.

En caso de existir riesgo de caída de materiales incandescentes se vallará o se señalizará toda la zona afectada y si hubiera materiales o equipos y personal en las plantas inferiores, se colocarán mantas ignífugas.

Los accesos a las plataformas de trabajo elevadas se harán con la debida seguridad, mediante escaleras de servicio y pasarelas. Nunca se debe hacer trepando por los pilares o andando por las vigas.

Los pavimentos de las rampas, escaleras y plataformas de trabajo serán de materiales no resbaladizos o dispondrán de elementos antideslizantes.

Se tendrá un especial cuidado en no cargar los pisos o forjados recién construidos con materiales, aparatos o, en general, cualquier carga que pueda provocar su hundimiento.

En los trabajos sobre cubiertas y tejados se emplearán los medios adecuados para que los mismos se realicen sin peligro, tales como barandillas, pasarelas, plataformas, andamiajes, escaleras u otros análogos.

Cuando se trate de cubiertas y tejados construidos con materiales resbaladizos o de poca resistencia, que presenten marcada inclinación o que las condiciones atmosféricas resulten desfavorables, se extremarán las medidas de seguridad, sujetándose los operarios con cinturones de seguridad, que irán unidos convenientemente a puntos fijados sólidamente.

Los trabajadores que operen en el montaje de estructuras metálicas o de hormigón armado o sobre elementos de la obra que por su elevada situación o por cualquier otra circunstancia, ofrezcan peligro de caída grave, deberán estar provistos de cinturones de seguridad, unidos convenientemente a puntos sólidamente fijados.

3.6.4. Protecciones individuales a utilizar

Se deberán usar las siguientes protecciones individuales:

- Casco de seguridad contra choques e impactos, para la protección de la cabeza.
- Botas de seguridad antideslizantes y con la puntera reforzada en acero.
- Cinturón de seguridad arnés con sistema de seguridad y posicionamiento.
- Guantes de trabajo.
- Ropa de protección para el mal tiempo.

3.7. INSTRUCCIONES DE OPERATIVIDAD PARA LÍNEAS DE ALTA TENSIÓN NO SUBTERRÁNEAS

Una instalación de alta tensión en la que, o en cuya proximidad, deban efectuarse trabajos, no puede ser considerada sin tensión, si no ha sido consignada o en descargo y se ha verificado la ausencia de tensión.

Queda terminantemente prohibido tocar puntos de alta tensión en tensión, incluso con guantes aislantes, así como el efectuar trabajos sobre los mismos, incluso con herramientas aisladas, salvo en el caso de trabajos en tensión.

Esta prohibición no comprende el uso, en las condiciones reglamentarias, de las pértigas de maniobra, de los dispositivos de verificación de ausencia de tensión o de los dispositivos concebidos para los controles de tensión.

Las maniobras de los aparatos de corte no están consideradas como un trabajo sobre los conductores o sus partes contiguas.

Para estas maniobras es obligatorio el empleo de banqueta o alfombra aislante y el uso de los guantes aislantes.

Cuando el mando de un aparato está al alcance del público, debe quedar siempre enclavado materialmente después de cada maniobra, bien sea en posición de apertura o de cierre.

3.7.1. Trabajos en instalaciones de alta tensión sin tensión

Todo trabajo sin tensión en una instalación de alta tensión requiere la previa petición de descargo de la citada instalación.

Para la realización de los trabajos, el jefe de los mismos debe poner a disposición de la persona encargada de dejar la instalación en situación de descargo los documentos que permitan la identificación de la misma.

Las operaciones que incumben a la persona encargada de realizar el descargo de la instalación serán:

- Apertura con corte visible de los circuitos o instalaciones solicitadas. En aquellos aparatos en que el corte no pueda ser visible, existirán dispositivos que garantizarán que el corte sea efectivo.
- Enclavamiento, en posición de apertura, de los aparatos de corte y señalización en el mando de los citados aparatos. La señalización constituye la protección mínima en el caso de que no sea posible inmovilizar materialmente, por medio de candados, cerraduras, etc., los aparatos de corte, como por ejemplo seccionadores de mando, etc. Dicha señalización será muy visible y llevará una inscripción como 'Prohibido maniobrar trabajos', con el nombre de la persona que ha solicitado el descargo.
- Verificación de la ausencia de tensión. Debe hacerse en cada uno de los conductores, siendo obligatoria la comprobación, antes y después de la operación, del correcto funcionamiento del detector. Al efectuar esta verificación la instalación se considerará en tensión, debiendo el operario utilizar el dispositivo adecuado (pértigas, etc.) y aislándose con guantes y banqueta o alfombra si es posible.
- Puesta a tierra y en cortocircuito. Se efectuará mediante los dispositivos especiales previstos para este efecto en todos y cada uno de los conductores. Si la puesta a tierra se hace mediante seccionadores de tierra fijos, hay que comprobar que las cuchillas han quedado cerradas. Si no se dispone de puntos fijos, es necesario preparar la instalación para que las pinzas de tierra hagan un buen contacto. (Rascar pintura, preparar puntos donde pueda realizarse la toma de tierra, etc.) En el caso de fases muy separadas, si el conductor de una fase no está afectado por los trabajos y no queda en la zona de trabajo o en su proximidad podrá dejarse sin poner a tierra y en cortocircuito.

La persona encargada del descargo mencionará explícitamente en el documento de consignación, que remitirá, si es posible al jefe de los trabajos, los límites de la zona protegida de la instalación en descargo.

Cuando por la proximidad de otras instalaciones en tensión sea posible el contacto de los operarios con partes en tensión, se interpondrán pantallas aislantes apropiadas, de tal forma que eviten cualquier contacto accidental. El emplazamiento de estas pantallas será mencionado en la hoja del descargo.

Una vez confirmada, por la persona encargada del descargo, la realización de las operaciones que al mismo le incumben, el jefe de trabajos, en el lugar donde se van a realizar los trabajos, deberá proceder a realizar obligatoriamente, antes de iniciar el trabajo, las operaciones siguientes:

- Verificación de la ausencia de tensión. Esta operación se realizará con las mismas precauciones que en apartado anteriormente descrito. En el caso de que al efectuar dichas operaciones se observara presencia de tensión en alguno de los conductores, el jefe de trabajos lo comunicará a la persona de la que ha recibido el descargo y no iniciará la colocación de las puestas a tierra y en cortocircuito hasta que reciba la confirmación de aquél de que puede hacerlo y haya comprobado nuevamente la ausencia de tensión. Se presentará especial atención al peligro que representa la presencia de condensadores estáticos.
- Puesta a tierra y en cortocircuito. Esta operación, con las precauciones indicadas anteriormente, se realizará lo más cerca posible al lugar de trabajo y a uno y otro lado de cada uno de los conductores que penetren en la zona de trabajo.
- Delimitación de la zona de trabajo. La zona de trabajo que afecta a cada brigada debe delimitarse materialmente en todos los planos necesarios, para la protección del personal (incluso ajeno a la brigada de trabajo), mediante dispositivos de señalización visibles, tales como pancartas, banderines, barreras, cintas, etc., previstos a este efecto.

Cuando el jefe de trabajos sea al mismo tiempo la persona encargada del descargo, efectuará previamente todas las operaciones propias de un descargo.

Cuando no sea posible separar los límites de la zona protegida y de la zona de trabajo, lo que conducirá a la superposición de puestas a tierra, la persona que garantiza que la instalación está en descargo efectuará las puestas a tierra y en cortocircuito previstas y el jefe de trabajos podrá ser dispensado de dicha operación.

No obstante, es obligación de éste comprobar que dicha puesta a tierra se ha realizado correctamente y que se ha reflejado en la hoja de descargo.

Sin embargo, el jefe de trabajo podrá, si lo juzga necesario, situar aquellas puestas a tierra complementarias racionalmente distribuidas, que aseguren la total protección de la zona de trabajo, y poner el enclavamiento y señalización que considere oportunos

(riesgos por las dimensiones de la zona de trabajo o los peligros particulares: cruce de una línea en tensión, inducción, etc.)