



industriales

etsii

**Escuela Técnica
Superior
de Ingeniería
Industrial**

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

Diseño de la instalación eléctrica de una urbanización

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

Autor: Antonio Martínez Valero

Director: Francisco Javier Cánovas Rodríguez



**Universidad
Politécnica
de Cartagena**

Cartagena, 25 de marzo 2022



Universidad
Politécnica
de Cartagena



*Diseño de la instalación eléctrica de una
urbanización*

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| ÍNDICE DE FIGURAS | 7 |
| ÍNDICE DE TABLAS | 10 |
| 1. MEMORIA | 13 |
| 1.1. Objetivo del proyecto | 13 |
| 1.2. Emplazamiento | 13 |
| 1.3. Normativa y legislación..... | 14 |
| 1.4. Previsión de potencia..... | 14 |
| 1.4.1. Vía | 14 |
| 1.4.2. Pista de tenis | 15 |
| 1.4.3. Pista de baloncesto | 16 |
| 1.4.4. Zona ajardinada | 16 |
| 1.4.5. Local social..... | 17 |
| 1.4.6. Previsión de potencia de la instalación..... | 18 |
| 1.5. Memoria descriptiva | 20 |
| 1.5.1. Antecedentes y finalidad de la instalación | 20 |
| 1.5.2. Objeto del proyecto | 20 |
| 1.5.3. Reglamentación y disposiciones oficiales y particulares | 20 |
| 1.5.4. Emplazamiento | 22 |
| 1.5.5. Memoria descriptiva del centro de transformación | 22 |
| 1.5.6. Memoria descriptiva red de baja tensión..... | 30 |
| 1.5.7. Memoria descriptiva red de alumbrado público..... | 37 |
| 1.5.8. Planos | 52 |
| 1.5.9. Conclusión..... | 53 |
| 2. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS | 54 |
| 2.1. Determinación del punto de mínima tensión de los anillos..... | 54 |
| 2.1.1. Anillo 1 - Pistas deportivas, local social y viviendas | 54 |
| 2.1.2. Anillo 2 – Viviendas 1..... | 57 |
| 2.1.3. Anillo 3 – Viviendas 2..... | 60 |
| 2.1.4. Anillo 4 – Viviendas 3..... | 62 |
| 2.2. Cálculos del centro de transformación | 65 |
| 2.2.1. Intensidad en alta tensión | 65 |
| 2.2.2. Intensidad en baja tensión | 65 |
| 2.2.3. Cortocircuitos | 65 |
| 2.2.4. Dimensionado del embarrado..... | 66 |



| | |
|---|-----------|
| 2.2.5. Selección de las protecciones de alta y baja tensión | 68 |
| 2.2.6. Dimensionado de la ventilación del centro de transformación..... | 69 |
| 2.2.7. Dimensionado del pozo apagafuegos | 69 |
| 2.2.8. Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra..... | 70 |
| 2.3. Cálculos red de baja tensión | 75 |
| 2.3.1. Cálculos red de baja tensión | 77 |
| 2.3.2. Cálculos red de baja tensión en situación de cortocircuito..... | 81 |
| 2.4. Cálculos red de alumbrado público | 89 |
| 3. PLIEGO DE CONDICIONES | 97 |
| 3.1. Objeto | 98 |
| 3.2. Campo de aplicación | 98 |
| 3.3. Disposiciones generales..... | 98 |
| 3.3.1. Condiciones facultativas legales..... | 98 |
| 3.3.2. Seguridad en el trabajo | 99 |
| 3.3.3. Seguridad publica | 100 |
| 3.4. Organización del trabajo..... | 100 |
| 3.4.1. Datos de la obra | 100 |
| 3.4.2. Replanteo de la obra | 101 |
| 3.4.3. Mejoras y variaciones del proyecto | 101 |
| 3.4.4. Recepción del material | 102 |
| 3.4.5. Materiales | 102 |
| 3.4.6. Organización..... | 102 |
| 3.4.7. Facilidades para la inspección | 102 |
| 3.4.8. Ensayos..... | 103 |
| 3.4.9. Limpieza y seguridad en las obras..... | 103 |
| 3.4.10. Medios auxiliares..... | 103 |
| 3.4.11. Ejecución de las obras | 103 |
| 3.4.12. Subcontratación de las obras | 104 |
| 3.4.14. Plazo de ejecución | 105 |
| 3.4.15. Recepción provisional | 105 |
| 3.4.16. Periodos de garantía | 106 |
| 3.4.17. Recepción definitiva..... | 106 |
| 3.4.18. Pago de obras..... | 106 |
| 3.4.19. Abono de materiales acopiados | 107 |
| 3.5. Disposición final..... | 107 |

| | |
|--|------------|
| 3.6. Condiciones Técnicas para la Obra Civil y Montaje de Centros de Transformación de Interior prefabricados..... | 107 |
| 3.6.1. Objeto | 107 |
| 3.6.2. Obra civil | 107 |
| 3.6.3. Instalación eléctrica | 111 |
| 3.6.4. Normas de ejecución de las instalaciones..... | 115 |
| 3.6.5. Pruebas reglamentarias | 116 |
| 3.6.6. Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad | 117 |
| 3.6.7. Certificados y documentación | 119 |
| 3.6.8. Libro de ordenes | 119 |
| 3.6.9. Recepción de la obra | 119 |
| 3.7. Condiciones Técnicas para la Ejecución de Redes Subterráneas de Distribución en Baja Tensión | 120 |
| 3.7.1. Objeto | 120 |
| 3.7.2. Campo de aplicación | 120 |
| 3.7.3. Ejecución del trabajo | 120 |
| 3.7.4. Materiales | 131 |
| 3.7.5. Recepción de obra | 131 |
| 3.8. Condiciones Técnicas para la Ejecución de Alumbrados Públicos..... | 131 |
| 3.8.1. Objeto y campo de aplicación | 132 |
| 3.8.2. Ejecución de los trabajos | 132 |
| 3.8.3. Mantenimiento de la Eficiencia Energética de las Instalaciones..... | 147 |
| 3.8.4. Mediciones Luminotécnicas en las Instalaciones de Alumbrado..... | 148 |
| 4. PRESUPUESTO | 156 |
| 4.1. Desglose de precios unitarios | 156 |
| 4.1.1. Precios unitarios del centro de transformación..... | 156 |
| Sistema de puesta a tierra | 161 |
| 4.1.2. Precios unitarios de la red de baja tensión..... | 162 |
| 4.1.3. Precios unitarios alumbrado público | 166 |
| 4.1.4. Obra civil | 174 |
| 4.2. Presupuesto centro de transformación | 175 |
| 4.3. Presupuesto red de baja tensión..... | 176 |
| 4.4. Presupuesto red de alumbrado público | 177 |
| 4.6. Presupuesto total..... | 178 |

| | |
|--|------------|
| 5. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD, HIGIENE Y SALUD EN EL TRABAJO, CON APLICACIÓN INTEGRAL DE LA LEY DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES | 179 |
| 5.1. Prevención de riesgos laborales..... | 179 |
| 5.1.1. Introducción..... | 179 |
| 5.1.2. Derechos y obligaciones..... | 179 |
| 5.1.3. Servicios de prevención..... | 185 |
| 5.1.4. Consulta y participación de los trabajadores | 186 |
| 5.2. Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo | 187 |
| 5.2.1. Introducción..... | 187 |
| 5.2.2. Obligación general del empresario | 188 |
| 5.3. Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo | 189 |
| 5.3.1. Introducción..... | 189 |
| 5.3.2. Obligación general del empresario | 189 |
| 5.4. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción | 195 |
| 5.4.1. Introducción..... | 195 |
| 5.4.2. Estudio básico de seguridad y salud | 196 |
| 5.4.3. Disposiciones específicas de seguridad y salud durante la ejecución de las obras | 211 |
| 5.5. Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual..... | 212 |
| 5.5.1. Introducción..... | 212 |
| 5.5.2. Obligaciones generales del empresario | 212 |
| 6. PLANOS..... | 215 |
| ANEXO: ESTUDIO LUMÍNICO | 224 |
| A.1. Alumbrado vial | 224 |
| A.2. Pistas deportivas | 232 |
| A.2.1. Pista de tenis | 232 |
| A.2.2. Pista de baloncesto..... | 236 |
| A.3. Alumbrado de la zona ajardinada | 240 |
| A.4. Local social..... | 245 |
| A.4.1. Pasillos y vestíbulo | 245 |
| A.4.2. Salón | 248 |
| A.4.3. Sala lectura..... | 250 |
| A.4.4. Estanterías área de lectura | 252 |



| | |
|---|-----|
| A.4.5. Sala de descanso | 254 |
| A.4.6. Aseo 1 superior | 255 |
| A.4.7. Aseo 2 inferior | 258 |
| A.4.8. Sala de reuniones | 259 |
| A.4.9. Sala de ejercicio | 261 |
| A.4.10. Talleres | 263 |
| A.4.11. Eficiencia del local social | 265 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|-----|
| Figura 1.1: Ubicación de la urbanización 1 | 13 |
| Figura 1.2: Ubicación de la urbanización, 2 | 13 |
| Figura 1.3: Pista de tenis | 15 |
| Figura 1.4: Pista de baloncesto | 16 |
| Figura 1.5: Zona ajardinada..... | 17 |
| Figura 1.6: Local social | 18 |
| Figura 1.7: Coeficientes de simultaneidad, según el número de viviendas..... | 19 |
| Figura 2.1: Distribución del anillo 1 | 54 |
| Figura 2.2: Desglose del anillo 1 | 54 |
| Figura 2.3: Línea x del anillo 1..... | 55 |
| Figura 2.4: Línea y del anillo 1..... | 55 |
| Figura 2.5: Distribución del anillo 2..... | 57 |
| Figura 2.6: Desglose del anillo 2 | 58 |
| Figura 2.7: Línea x del anillo 2..... | 58 |
| Figura 2.8: Línea y del anillo 2..... | 59 |
| Figura 2.9: Distribución del anillo 3..... | 60 |
| Figura 2.10: Desglose del anillo 3 | 60 |
| Figura 2.11: Línea x del anillo 3 | 61 |
| Figura 2.12: Línea y del anillo 3 | 61 |
| Figura 2.13: Distribución del anillo 4..... | 62 |
| Figura 2.14: Desglose del anillo 4 | 63 |
| Figura 2.15: Línea x del anillo 2 | 63 |
| Figura 2.16: Línea y del anillo 2 | 64 |
| Figura A.1: Luminaria seleccionada para la vía | 226 |
| Figura A.2: Perfil de la vía pública y disposición de las luminarias | 226 |
| Figura A.3: Resultados lumínicos de la vía..... | 227 |
| Figura A.4: Evaluación de la vía por isolíneas | 228 |
| Figura A.5: Evaluación de la vía por gama de grises | 228 |
| Figura A.6: Observador | 229 |
| Figura A.7: Datos luminaria vial | 229 |
| Figura A.8: Clasificación energética de las instalaciones de alumbrado | 232 |
| Figura A.9: Datos de las luminarias pertenecientes a la pista de tenis..... | 233 |
| Figura A.10: Emisión de luz luminarias de la pista de tenis | 234 |

| | |
|--|-----|
| Figura A.11: Disposición luminarias pista de tenis..... | 234 |
| Figura A.12: Resultados luminotécnicos de la pista de tenis | 234 |
| Figura A.13: Representación por isolíneas de la pista de tenis | 235 |
| Figura A.14: Representación por gama de grises de la pista de tenis | 235 |
| Figura A.15: Puntos de iluminación de la pista de tenis | 236 |
| Figura A.16: Datos de las luminarias pertenecientes a la pista de baloncesto | 237 |
| Figura A.17: Emisión de luz luminarias de la pista de baloncesto..... | 237 |
| Figura A.18: Disposición luminarias pista de tenis..... | 238 |
| Figura A.19: Resultados luminotécnicos de la pista de baloncesto..... | 238 |
| Figura A.20: Representación por isolíneas de la pista de tenis | 239 |
| Figura A.21: Representación por gama de grises de la pista de tenis | 239 |
| Figura A.22: Puntos de iluminación de la pista de baloncesto..... | 240 |
| Figura A.23: Datos luminaria zona ajardinada..... | 241 |
| Figura A.24: Zona ajardinada..... | 241 |
| Figura A.25: Disposición luminarias zona ajardinada..... | 242 |
| Figura A.26: Resultados lumínicos del camino peatonal de la zona ajardinada | 243 |
| Figura A.27: Representación del camino peatonal de la zona ajardinada por gama de grises..... | 244 |
| Figura A.28: Resultados lumínicos de los pasillos y vestíbulos | 245 |
| Figura A.29: Estudio de deslumbramiento pasillo 1 | 246 |
| Figura A.30: Estudio de deslumbramiento pasillo 2 | 246 |
| Figura A.31: Estudio de deslumbramiento pasillo 3 | 247 |
| Figura A.32: Estudio de deslumbramiento pasillo 4 | 247 |
| Figura A.33: Especificaciones de los pasillos para el local social | 248 |
| Figura A.34: Especificaciones del vestíbulo para el local social | 248 |
| Figura A.35: Resultados lumínicos del salón | 249 |
| Figura A.36: Estudio de deslumbramiento del salón..... | 250 |
| Figura A.37: Especificaciones del salón para el local social..... | 250 |
| Figura A.38: Resultados lumínicos de la sala de lectura..... | 251 |
| Figura A.39: Estudio de deslumbramiento de la sala de lectura | 251 |
| Figura A.40: Especificaciones de la sala de lectura para el local social | 252 |
| Figura A.41: Resultados lumínicos de la sala de lectura..... | 252 |
| Figura A.42: Estudio de deslumbramiento de las estanterías de la sala de lectura del local social..... | 253 |
| Figura A.43: Especificaciones de las estanterías de la sala de lectura para el local social | 253 |

| | |
|--|-----|
| Figura A.44: Resultados lumínicos de la sala de descanso | 254 |
| Figura A.45: Estudio de deslumbramiento de las estanterías de la sala de lectura del local social..... | 255 |
| Figura A.46: Especificaciones de la sala de descanso para el local social | 255 |
| Figura A.47: Resultados lumínicos del aseo 1 | 256 |
| Figura A.48: Estudio de deslumbramiento del aseo 1 del local social | 257 |
| Figura A.49: Especificaciones del aseo para el local social | 257 |
| Figura A.50: Resultados lumínicos del aseo 2 | 258 |
| Figura A.51: Estudio de deslumbramiento del aseo 2 del local social | 259 |
| Figura A.52: Resultados lumínicos de la sala de reuniones | 260 |
| Figura A.53: Estudio de deslumbramiento de la sala de reuniones del local social..... | 260 |
| Figura A.54: Especificaciones de la sala de reuniones para el local social..... | 261 |
| Figura A.55: Resultados lumínicos de la sala de ejercicio | 261 |
| Figura A.56: Estudio de deslumbramiento de la sala de ejercicio del local social..... | 262 |
| Figura A.57: Especificaciones de la sala de ejercicio para el local social..... | 262 |
| Figura A.58: Resultados lumínicos de la sala de talleres | 263 |
| Figura A.59: Estudio de deslumbramiento de la sala de talleres del local social..... | 264 |
| Figura A.60: Especificaciones de la sala de talleres para el local social..... | 264 |
| Figura A.61: Disposición luminarias del local social..... | 265 |
| Figura A.62: Valor de eficiencia energética de la normativa..... | 266 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| Tabla 1.1: Resultados lumínicos calzada..... | 14 |
| Tabla 1.2: Resultados lumínicos caminos peatonales de la vía..... | 14 |
| Tabla 1.3: Eficiencia energética de la vía..... | 15 |
| Tabla 1.4: Resultados lumínicos de la pista de tenis | 15 |
| Tabla 1.5: Resultados lumínicos de la pista de baloncesto..... | 16 |
| Tabla 1.6: Resultados lumínicos del camino peatonal de la zona ajardinada..... | 16 |
| Tabla 1.7: Eficiencia energética de la zona ajardinada | 17 |
| Tabla 1.8: Propiedades de las zonas del local social | 18 |
| Tabla 2.1: Intensidades admisibles según la fase | 56 |
| Tabla 2.2: Longitud máxima del cable protegida contra cortocircuitos y sobrecargas para tubulares soterradas | 56 |
| Tabla 2.3: Valores de resistencia y reactancia de los conductores | 57 |
| Tabla 2.4: Resultados lado de alta centro de transformación | 65 |
| Tabla 2.5: Resultados lado de baja centro de transformación | 65 |
| Tabla 2.6: Resultados cortocircuito lado de alta centro de transformación..... | 66 |
| Tabla 2.7: Resultados cortocircuito lado de baja centro de transformación..... | 66 |
| Tabla 2.8: Fusible transformador 1 | 68 |
| Tabla 2.9: Fusible transformador 2 | 68 |
| Tabla 2.10: Resultados tensión de paso en el exterior y de paso en el acceso | 74 |
| Tabla 2.11: Resultados tensión e intensidad de defecto | 74 |
| Tabla 2.12: Resultados de las líneas de la red de baja 1..... | 77 |
| Tabla 2.13: Resultados de los nudos de la red de baja 1 | 78 |
| Tabla 2.14: Resultados de las líneas de la red de baja 2..... | 79 |
| Tabla 2.15: Resultados de los nudos de la red de baja 2 | 80 |
| Tabla 2.16: Resultados de las líneas de la red de baja 1 en situación de cortocircuito .. | 83 |
| Tabla 2.17: Resultados de los nudos de la red de baja 1 en situación de cortocircuito.. | 84 |
| Tabla 2.18: Resultados de cortocircuito de la red de baja 1..... | 85 |
| Tabla 2.19: Resultados de las líneas de la red de baja 2 en situación de cortocircuito .. | 86 |
| Tabla 2.20: Resultados de los nudos de la red de baja 2 en situación de cortocircuito.. | 87 |
| Tabla 2.21: Resultados de cortocircuito de la red de baja 2 | 88 |
| Tabla 2.22: Resultados líneas de la red de alumbrado público | 91 |
| Tabla 2.23: Resultados nudos de la red de alumbrado público | 94 |
| Tabla 3.1: Carga vertical según el peso de la luminaria..... | 134 |
| Tabla 3.2: Altura de aplicación de los báculos..... | 135 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 3.3: Consistencia del hormigon según la altura medida | 140 |
| Tabla 4.1: Desglose precio unitario centro de transformación prefabricado..... | 156 |
| Tabla 4.2: Desglose precio unitario cuadro de baja tensión | 156 |
| Tabla 4.3: Desglose precio unitario celda de línea | 157 |
| Tabla 4.4: Desglose precio unitario celda de protección con fusible | 158 |
| Tabla 4.5: Desglose precio unitario transformador | 158 |
| Tabla 4.6: Desglose precio unitario fusible de 40 A | 159 |
| Tabla 4.7: Desglose precio unitario fusible de 100 A | 160 |
| Tabla 4.8: Desglose precio unitario fusible de 125 A | 160 |
| Tabla 4.9: Desglose precio unitario cable 4x50 mm ² | 161 |
| Tabla 4.10: Desglose precio unitario cable 4x50 mm ² | 162 |
| Tabla 4.11: Desglose precio unitario cable 3x150/95 mm ² | 163 |
| Tabla 4.12: Desglose precio unitario arqueta | 165 |
| Tabla 4.13: Desglose precio unitario conductor desnudo para la red de baja tensión.. | 166 |
| Tabla 4.14: Desglose precio unitario toma de tierra..... | 166 |
| Tabla 4.15: Desglose precio unitario cuadro de control y protección del alumbrado público | 168 |
| Tabla 4.16: Desglose precio unitario canalización subterránea de protección del cableado de alumbrado público | 169 |
| Tabla 4.17: Desglose precio unitario cable 4x6 mm ² | 170 |
| Tabla 4.18: Desglose precio unitario conductor desnudo para el alumbrado público.. | 171 |
| Tabla 4.19: Desglose precio unitario luminaria vial | 171 |
| Tabla 4.20: Desglose precio unitario luminaria zona ajardinada | 173 |
| Tabla 4.21: Desglose precio unitario zanjas | 174 |
| Tabla 4.22: Presupuesto centro de transformación..... | 175 |
| Tabla 4.23: Presupuesto red de baja tensión..... | 176 |
| Tabla 4.24: Presupuesto red de alumbrado público..... | 177 |
| Tabla 4.25: Presupuesto obra civil | 178 |
| Tabla 4.26: Presupuesto total de la instalación | 178 |
| Tabla A.1: Clasificación de las vías | 224 |
| Tabla A.2: Clases de alumbrado para vías tipo B..... | 224 |
| Tabla A.3: Series ME clase de alumbrado para viales secos tipo A y B..... | 225 |
| Tabla A.4: Requisitos mínimos de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado vial funcional | 230 |
| Tabla A.5: Valores de eficiencia energética de referencia | 230 |
| Tabla A.6: Clasificación energética de una instalación de alumbrado..... | 231 |

| | |
|---|-----|
| Tabla A.7: Selección de la clase de alumbrado para pistas deportivas | 232 |
| Tabla A.8: Requisitos luminotécnicos pista de tenis exterior | 233 |
| Tabla A.9: Requisitos luminotécnicos pista de tenis exterior | 236 |
| Tabla A.10: Clases de alumbrado para vías tipo E..... | 240 |
| Tabla A.11: Comparación entre la clasificación europea y la española del alumbrado tipo S | 241 |
| Tabla A.12: Estudio lumínico del vestíbulo y de los pasillos | 248 |
| Tabla A.13: Estudio lumínico del salón | 250 |
| Tabla A.14: Estudio lumínico de la sala de lectura | 252 |
| Tabla A.15: Estudio lumínico de las estanterías de las estanterías de la sala de lectura del local social | 253 |
| Tabla A.16: Estudio lumínico de la sala de descanso del local social | 255 |
| Tabla A.17: Estudio lumínico del aseo 1 del local social..... | 257 |
| Tabla A.18: Estudio lumínico del aseo 2 del local social..... | 259 |
| Tabla A.19: Estudio lumínico de la sala de reuniones del local social | 261 |
| Tabla A.20: Estudio lumínico de la sala de reuniones del local social | 262 |
| Tabla A.21: Estudio lumínico de la sala de ejercicio del local social | 264 |
| Tabla A.22: Resultados del estudio de la eficiencia del local social | 266 |

1. MEMORIA

1.1. Objetivo del proyecto

El objetivo principal del siguiente trabajo es ser capaz de diseñar la instalación eléctrica asociada a una urbanización compuesta de viviendas unifamiliares y dúplex, un local social, dos pistas deportivas, unas zonas ajardinadas, y sus correspondientes viales urbanos que deberán ser debidamente alumbrados.

Para ello, se realizará el correspondiente estudio lumínico de las zonas precisadas al igual que el estudio de eficiencia energética para su clasificación. Además, se diseñarán las redes de baja tensión necesarias para que todas las viviendas tengan suministro eléctrico y cumplan los requisitos establecidos por la normativa.

1.2. Emplazamiento

El terreno en el que se situará dicha instalación está a las afueras del municipio de la Región de Murcia llamado Calasparra, en concreto en la zona de La Cañada con código postal 30420.

Figura 1.1: Ubicación de la urbanización 1



Figura 1.2: Ubicación de la urbanización, 2



1.3. Normativa y legislación

- ITC-EA-01: Eficiencia energética.
- ITC-EA-02: Niveles de iluminación.
- ITC-BT-10: Previsión de cargas para suministros en baja tensión.
- UNE-EN 12193: Iluminación de instalaciones deportivas.
- UNE-EN 12464-1: Iluminación de los lugares de trabajo. Lugares de trabajo en interiores.
- UNE-EN 12464-2: Iluminación de los lugares de trabajo. Lugares de trabajo en exteriores.
- UNE-EN 13201-3: Iluminación de carreteras. Cálculo de prestaciones.
- UNE-EN 13201-2: Iluminación de carreteras. Requisitos de prestaciones.
- UNE-EN 13201-4: Iluminación de carreteras. Métodos de medida de las prestaciones de iluminación.
- CTE-HE-3: Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación.
- ITC-BT-10: Previsión de cargas para suministros en baja tensión.
- DB HE Sección 3: Eficiencia Energética de las Instalaciones de Iluminación.
- MT 2.51.01: Proyecto tipo de línea subterránea de baja tensión.

1.4. Previsión de potencia

El estudio detallado de la previsión de potencia para cada uno de los apartados presentes en este punto se han realizado en el **anexo** al final del documento.

1.4.1. Vía

La vía consta de una calzada de 4 metros, dos carriles para aparcar los vehículos de 2 metros cada uno y camino peatonal a ambos lados de esta de 1 metro.

La calzada se ha estudiado como clase de alumbrado ME4b y los caminos peatonales como S4.

Se han utilizado la luminaria de la marca Philips modelo BGP704 1 LED30-4S/740 DN50, con una potencia de 19 vatios, con disposición al tresbolillo, distancia entre mástiles de 44 metros y altura de la luminaria 8 metros. Los resultados obtenidos del estudio lumínico de la vía son:

Tabla 1.1: Resultados lumínicos calzada

| Zona | L_m (cd/m ²) | U_0 | U_1 | TI (%) | SR |
|------------------|----------------------------|-------|-------|--------|------|
| Calzada | 0,84 | 0,66 | 0,87 | 8 | 0,79 |
| Normativa | 0,75 | 0,4 | 0,5 | 15 | 0,5 |

Tabla 1.2: Resultados lumínicos caminos peatonales de la vía

| Zona | E_m (lx) | E_{min} (lx) | $E_{min, semicil.}$ (lx) |
|--------------------------|------------|----------------|--------------------------|
| Camino peatonal 1 | 5,17 | 4,08 | 1,06 |
| Camino peatonal 2 | 5,18 | 4,03 | 1,06 |
| Normativa | 5 | 1 | 1 |

Se han empleado un total de 65 luminarias para la completa iluminación de las vías presentes en nuestra instalación, obteniendo un total de 1,235 kW.

El estudio de eficiencia de la vía, como se ha comentado anteriormente, está totalmente desarrollado en el **anexo**, donde los datos más significativos son:

Tabla 1.3: Eficiencia energética de la vía

| Eficiencia energética de la vía | | | | | |
|---|---|---|---------------------------------|------------------------------------|-------------------------|
| Eficiencia luminosa (ϵ_L) [lm/W] | Factor de mantenimiento de la instalación (f_m) | Factor de utilización de la instalación (f_u) | Eficiencia energética (I_e) | Índice de consumo energético (ICE) | Calificación energética |
| 144 | 0,8 | 0,55 | 3,7822 | 0,2644 | A |

La calificación energética de la vía es A, siendo la categoría más eficiente, por lo que además de haber sido diseñada correctamente, pertenece a la clase más eficiente.

1.4.2. Pista de tenis

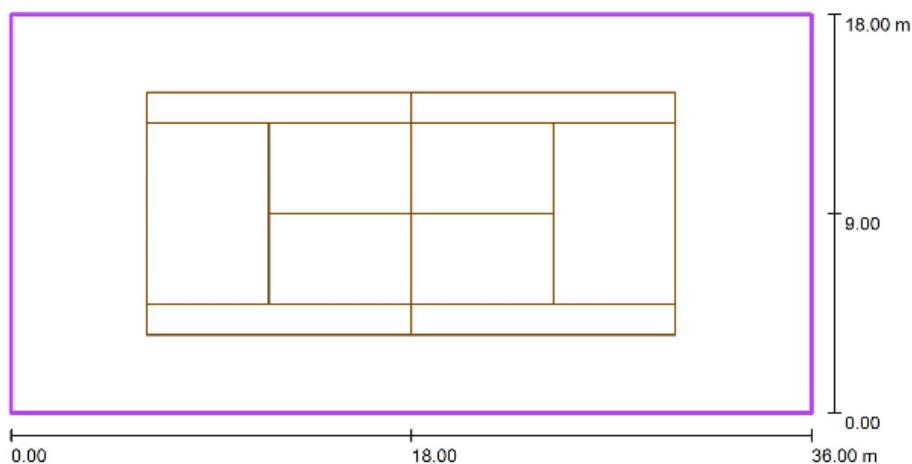
La pista de tenis corresponde a la clase III, puesto que es para uso general. Se ha utilizado la luminaria ESDIUM SPORT HE M3 HORIZONTAL cuya potencia es 555 watios. Los resultados lumínicos obtenidos con DiaLux y su comparación con la normativa son:

Tabla 1.4: Resultados lumínicos de la pista de tenis

| Clase | E_m (lx) | E_{min}/E_m | R_a |
|----------------|------------|---------------|-------|
| Pista de tenis | 232 | 0,61 | 70 |
| Normativa | 200 | 0,6 | 20 |

La iluminancia media obtenida es mayor a la que dicta la normativa como mínima, el cociente entre la iluminancia mínima y media es superior al mínimo y el índice de rendimiento cromático, que es un dato de la luminaria, también es mayor al mínimo. Por tanto, el diseño de la pista deportiva de tenis es válido.

Figura 1.3: Pista de tenis



1.4.3. Pista de baloncesto

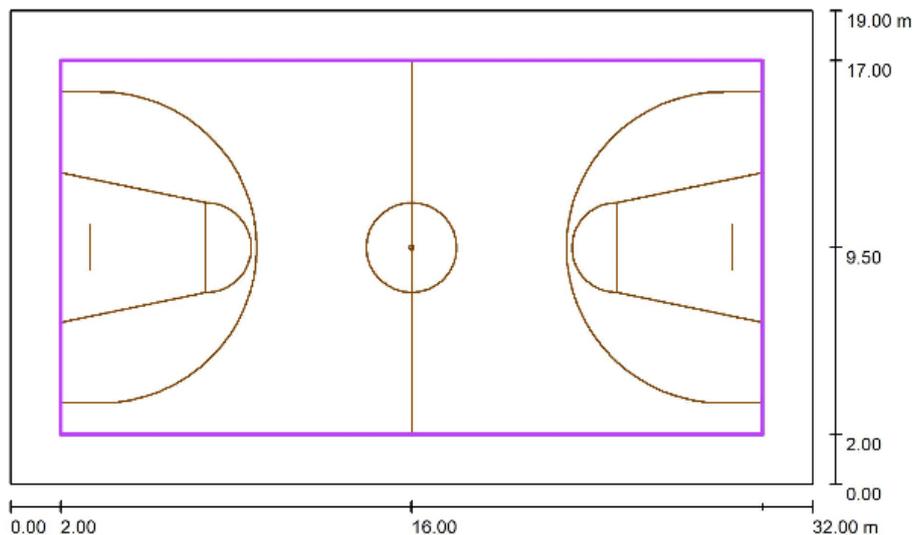
La pista de baloncesto corresponde a la clase III, puesto que es para uso general. Se ha utilizado la luminaria ESDIUM SPORT HE M3 HORIZONTAL cuya potencia es 185 vatios. Los resultados lumínicos obtenidos con DiaLux y su comparación con la normativa son:

Tabla 1.5: Resultados lumínicos de la pista de baloncesto

| Clase | E_m (lx) | E_{min}/E_m | R_a |
|----------------------------|------------|---------------|-------|
| Pista de baloncesto | 149 | 0,63 | 70 |
| Normativa | 75 | 0,5 | 20 |

La iluminancia media obtenida es mayor a la que dicta la normativa como mínima, el cociente entre la iluminancia mínima y media es superior al mínimo y el índice de rendimiento cromático, que es un dato de la luminaria, también es mayor al mínimo. Por tanto, el diseño de la pista deportiva de baloncesto es válido.

Figura 1.4: Pista de baloncesto



1.4.4. Zona ajardinada

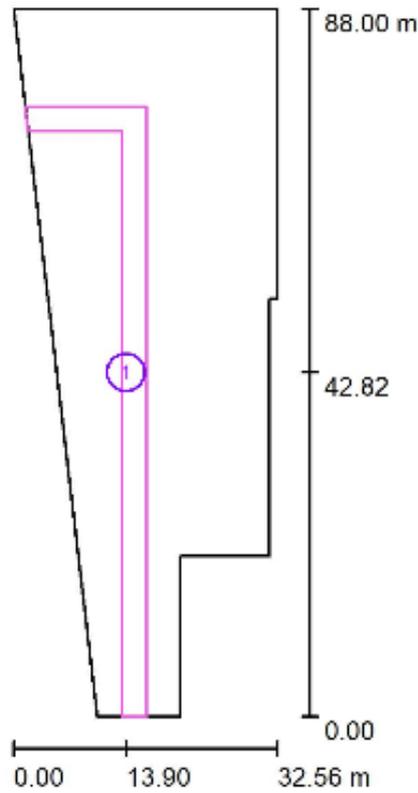
La zona ajardinada se ha tomado como un camino peatonal de clase S4, cuyos requisitos mínimos se pueden observar en la **tabla A.11**, y los resultados obtenidos son:

Tabla 1.6: Resultados lumínicos del camino peatonal de la zona ajardinada

| Zona | E_m (lx) | E_{min} (lx) |
|------------------------|------------|----------------|
| Camino peatonal | 6,36 | 4,67 |
| Normativa | 5 | 1 |

Se han empleado un total de 7 luminarias de una potencia de 21 W para la iluminación de la zona ajardinada, obteniendo un total de 0,147 kW.

Figura 1.5: Zona ajardinada



El estudio de eficiencia de la zona ajardinada, como se ha comentado anteriormente, está totalmente desarrollado en el **anexo**, donde los datos más significativos son:

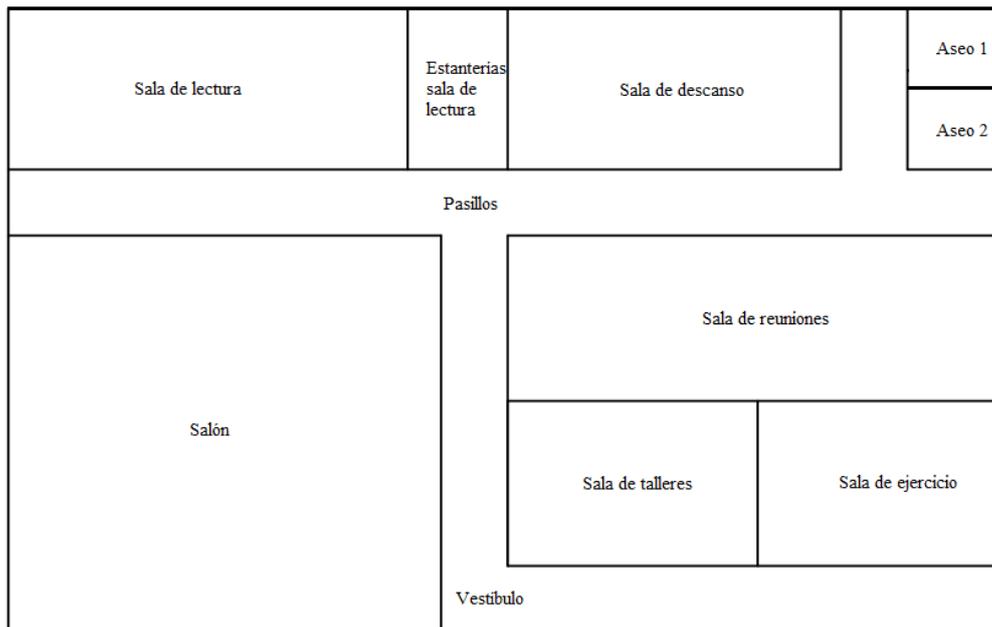
Tabla 1.7: Eficiencia energética de la zona ajardinada

| Eficiencia energética de la zona ajardinada | | | | | |
|---|---|---|--|------------------------------------|-------------------------|
| Eficiencia luminosa (ϵ_L) [lm/W] | Factor de mantenimiento de la instalación (f_m) | Factor de utilización de la instalación (f_u) | Eficiencia energética (I_ϵ) | Índice de consumo energético (ICE) | Calificación energética |
| 125 | 0,8 | 0,6 | 9,86 | 0,1 | A |

1.4.5. Local social

La estructura del local social es la siguiente:

Figura 1.6: Local social



En la siguiente tabla se muestra la superficie, potencia, iluminancia media y el valor de eficiencia energética de cada zona:

Tabla 1.8: Propiedades de las zonas del local social

| Grupo | Zona | Potencia (W) | Superficie (m ²) | E _m | VEEI | VEEI limite |
|----------------------------|---------------------|--------------|------------------------------|----------------|-------|-------------|
| Zonas de no representación | Pasillo y vestíbulo | 263,2 | 126 | 204 | 1,024 | 4,5 |
| | Aseo 1 | 74,8 | 9 | 293 | 2,837 | 4,5 |
| | Aseo 2 | 74,8 | 9 | 273 | 3,044 | 4,5 |
| Zonas de representación | Sala de ejercicio | 106,8 | 37,5 | 343 | 0,830 | 10 |
| | Sala de reuniones | 390 | 75 | 616 | 0,844 | 10 |
| | Sala de lectura | 444 | 72 | 556 | 1,109 | 6 |
| | Estanterías | 148 | 18 | 571 | 1,440 | 6 |
| | Sala de descanso | 186 | 60 | 209 | 1,483 | 10 |
| | Salón | 355,5 | 156 | 266 | 0,857 | 10 |
| | Sala de talleres | 292,8 | 37,5 | 511 | 1,528 | 10 |

1.4.6. Previsión de potencia de la instalación

A partir de todos los cálculos anteriores y su completo desarrollo en el anexo, se va a estimar la potencia total de la instalación, para la elección de los transformadores necesarios para cubrir con totalidad dicha demanda.

- Potencia del alumbrado vial: 65 luminarias x 19 W/luminaria = 1235 W = 1,235 kW
- Potencia alumbrado zona ajardinada: 7 luminarias x 21 W/luminaria = 174 W = 0,174 kW
- Potencia pistas deportivas y local social: 7,146 kW

- Potencia de las viviendas:

$$9,2 \times [15,3 + (n - 21)0,5] =$$

$$= 9,2 \times [15,3 + (56 - 21)0,5] = 9,2 \times 32,8 = 301,76 \text{ kW}$$

- Potencia activa total de la instalación: 310,3150 kW
- Potencia aparente de la instalación: $\frac{310,3150}{0,9} = 344,79 \text{ kVA}$

Con este dato de potencia aparente se elegirá un transformador de 400 kVA, pero si se observa correctamente el terreno, en el futuro se podrá seguir edificando, por lo que en realidad se va a escoger un único centro de transformación con dos transformadores de 400 kVA cada uno.

Figura 1.7: Coeficientes de simultaneidad, según el número de viviendas

| Nº Viviendas (n) | Coefficiente de Simultaneidad |
|------------------|-------------------------------|
| 1 | 1 |
| 2 | 2 |
| 3 | 3 |
| 4 | 3,8 |
| 5 | 4,6 |
| 6 | 5,4 |
| 7 | 6,2 |
| 8 | 7 |
| 9 | 7,8 |
| 10 | 8,5 |
| 11 | 9,2 |
| 12 | 9,9 |
| 13 | 10,6 |
| 14 | 11,3 |
| 15 | 11,9 |
| 16 | 12,5 |
| 17 | 13,1 |
| 18 | 13,7 |
| 19 | 14,3 |
| 20 | 14,8 |
| 21 | 15,3 |
| n>21 | 15,3+(n-21).0,5 |

1.5. Memoria descriptiva

1.5.1. Antecedentes y finalidad de la instalación

A petición del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Politécnica de Cartagena, el graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales que suscribe, procede al estudio y redacción del presente Trabajo Fin de Estudios que consistirá en el diseño de la instalación eléctrica de una urbanización, fijando a la vez las condiciones técnicas, económicas y de seguridad que debe reunir la instalación.

1.5.2. Objeto del proyecto

El objeto del presente proyecto es establecer y justificar todos los datos constructivos que permitan la ejecución de la instalación y al mismo tiempo exponer ante los Organismos Competentes que el centro de transformación MT/BT que nos ocupa reúne las condiciones y garantías mínimas exigidas por la reglamentación vigente, con el fin de obtener la Autorización Administrativa y la de Ejecución de la instalación, así como servir de base a la hora de proceder a la ejecución de dicha instalación, exponer ante los Organismos Competentes que la red eléctrica de distribución en baja tensión que nos ocupa reúne las condiciones y garantías mínimas exigidas por la reglamentación vigente, con el fin de obtener la Autorización Administrativa y la de Ejecución de la instalación, así como servir de base a la hora de proceder a la ejecución de dicha red y que la red de alumbrado público que nos ocupa reúne las condiciones y garantías mínimas exigidas por la reglamentación vigente, con el fin de obtener la Autorización Administrativa y la de Ejecución de la instalación, así como servir de base a la hora de proceder a la ejecución de dicha red.

1.5.3. Reglamentación y disposiciones oficiales y particulares

El presente proyecto recoge las características de los materiales, los cálculos que justifican su empleo y la forma de ejecución de las obras a realizar, dando con ello cumplimiento a las siguientes disposiciones:

- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- Real Decreto 1955/2000 de 1 de Diciembre, por el que se regulan las Actividades de Transporte, Distribución, Comercialización, Suministro y Procedimientos de Autorización de Instalaciones de Energía Eléctrica.
- Real Decreto 223/2008 de 15 de Febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión y sus ITC.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto de 2002).
- Normas particulares y de normalización de la Cía. Suministradora de Energía



Eléctrica.

- Recomendaciones UNESA.
- Normas Tecnológicas de la Edificación NTE IER.
- Normalización Nacional. Normas UNE.
- Método de Cálculo y Proyecto de instalaciones de puesta a tierra para Centros de Transformación conectados a redes de tercera categoría, UNESA.
- Ley 10/1996, de 18 de marzo sobre Expropiación Forzosa y sanciones en materia de instalaciones eléctricas y Reglamento para su aplicación, aprobado por Decreto 2619/1966 de 20 de octubre.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados y Ordenanzas Municipales.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto de 2002).
- Normas Tecnológicas de la Edificación NTE IER – Red Exterior (B.O.E. 19.6.84).
- Normas particulares y de normalización de la Cía. Suministradora de Energía Eléctrica.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados y Ordenanzas Municipales.
- Reglamento de Eficiencia Energética en instalaciones de Alumbrado Exterior e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre de 2008).
- Instrucciones para Alumbrado Público Urbano editadas por la Gerencia de Urbanismo del Ministerio de la Vivienda en el año 1.965.
- Normas Tecnológicas de la Edificación NTE IEE – Alumbrado Exterior (B.O.E. 12.8.78).
- Norma UNE-EN 60921 sobre Balastos para lámparas fluorescentes.
- Norma UNE-EN 60923 sobre Balastos para lámparas de descarga, excluidas las fluorescentes.
- Norma UNE-EN 60929 sobre Balastos electrónicos alimentados por c.a. para lámparas fluorescentes.
- Normas UNE 20.324 y UNE-EN 50.102 referentes a Cuadros de Protección, Medida y Control.
- Normas UNE-EN 60.598-2-3 y UNE-EN 60.598-2-5 referentes a luminarias y proyectores para alumbrado exterior.
- Real Decreto 2642/1985 de 18 de diciembre (B.O.E. de 24-1-86) sobre Homologación de columnas y báculos.
- Real Decreto 401/1989 de 14 de abril, por el que se modifican determinados artículos del Real Decreto anterior (B.O.E. de 26-4-89).
- Orden de 16 de mayo de 1989, que contiene las especificaciones técnicas sobre

- columnas y báculos (B.O.E. de 15-7-89).
- Orden de 12 de junio de 1989 (B.O.E. de 7-7-89), por la que se establece la certificación de conformidad a normas como alternativa de la homologación de los candelabros metálicos (báculos y columnas de alumbrado exterior y señalización de tráfico).

1.5.4. Emplazamiento

La instalación se ubica en la Cañada Verde, en el término municipal de Calasparra.

1.5.5. Memoria descriptiva del centro de transformación

1.5.5.1. Características generales del C.T.

El centro de transformación objeto del presente proyecto será prefabricado de tipo interior, empleando para su aparellaje celdas prefabricadas bajo envoltente metálica.

La acometida al mismo será subterránea y el suministro de energía se efectuará a una tensión de servicio de 400 kV y una frecuencia de 50 Hz, siendo la Compañía Eléctrica suministradora de Electricidad Iberdrola.

Las celdas a emplear serán modulares de aislamiento y corte en hexafluoruro de azufre (SF₆).

1.5.5.2. Programa de necesidades y potencia instalada

Se precisa el suministro de energía eléctrica para alimentar a 1 Centro de Transformación, a una tensión de 400/230 V.

Para atender a las necesidades arriba indicadas, la potencia total instalada en este centro de transformación vendrá dada por dos transformadores de 400 kVA cada uno.

1.5.5.3. Obra civil

1.5.5.3.1. Local

El Centro estará ubicado en una caseta o envoltente independiente destinada únicamente a esta finalidad. En ella se ha instalado toda la aparamenta y demás equipos eléctricos.

Para el diseño de este centro de transformación se han observado todas las normativas antes indicadas, teniendo en cuenta las distancias necesarias para pasillos, accesos, etc.

1.5.5.3.2. Edificio de transformación

El edificio prefabricado de hormigón está formado por las siguientes piezas principales: una que aglutina la base y las paredes, otra que forma la solera y una tercera que forma el techo. La estanquidad queda garantizada por el empleo de juntas de goma esponjosa.

Estas piezas son construidas en hormigón armado, con una resistencia característica de 300 kg/cm^2 . La armadura metálica se une entre sí mediante latiguillos de cobre y a un colector de tierras, formando una superficie equipotencial que envuelve completamente al centro.

Las puertas y rejillas están aisladas eléctricamente, presentando una resistencia de 10.000 ohmios respecto de la tierra de la envolvente.

Ningún elemento metálico unido al sistema equipotencial será accesible desde el exterior.

Las piezas metálicas expuestas al exterior están tratadas adecuadamente contra la corrosión.

En la base de la envolvente irán dispuestos, tanto en el lateral como en la solera, los orificios para la entrada de cables de Alta y Baja Tensión

1.5.5.3.3. Cimentación

Para la ubicación del centro de transformación prefabricado se realizará una excavación, cuyas dimensiones dependen del modelo seleccionado, sobre cuyo fondo se extiende una capa de arena compactada y nivelada de unos 10 cm. de espesor.

La ubicación se realizará en un terreno que sea capaz de soportar una presión de 1 kg/cm^2 , de tal manera que los edificios o instalaciones anejas al CT y situadas en su entorno no modifiquen las condiciones de funcionamiento del edificio prefabricado.

1.5.5.3.4. Solera, pavimento y cerramientos exteriores

Todos estos elementos están fabricados en una sola pieza de hormigón armado, según indicación anterior. Sobre la placa base, ubicada en el fondo de la excavación, y a una determinada altura se sitúa la solera, que descansa en algunos apoyos sobre dicha placa y

en las paredes, permitiendo este espacio el paso de cables de MT y BT, a los que se accede a través de unas troneras cubiertas con losetas.

En el hueco para transformador se disponen dos perfiles en forma de "U", que se pueden desplazar en función de la distancia entre las ruedas del transformador.

En la parte inferior de las paredes frontal y posterior se sitúan los agujeros para los cables de MT, BT y tierras exteriores.

En la pared frontal se sitúan las puertas de acceso a peatones, puertas de transformador y rejillas de ventilación. Todos estos materiales están fabricados en chapa de acero galvanizado. Las puertas de acceso disponen de un sistema de cierre con objeto de evitar aperturas intempestivas de las mismas y la violación del centro de transformación.

Las puertas estarán abisagradas para que se puedan abatir 180° hacia el exterior, y se podrán mantener en la posición de 90° con un retenedor metálico. Las rejillas están formadas por lamas en forma de "V" invertida, para evitar la entrada de agua de lluvia en el centro de transformación, y rejilla mosquitera, para evitar la entrada de insectos.

Los CT tendrán un aislamiento acústico de forma que no transmitan niveles sonoros superiores a los permitidos en las Ordenanzas Municipales y/o distintas legislaciones de las Comunidades Autónomas.

1.5.5.3.5. Cubierta

La cubierta está formada por piezas de hormigón armado, habiéndose diseñado de tal forma que se impidan las filtraciones y la acumulación de agua sobre ésta, desaguando directamente al exterior desde su perímetro.

1.5.5.3.6. Pinturas

El acabado de las superficies exteriores se efectúa con pintura acrílica o epoxy, haciéndolas muy resistentes a la corrosión causada por los agentes atmosféricos.

1.5.5.3.7. Varios

El índice de protección presentado por el edificio es:

- Edificio prefabricado: IP 23.
- Rejillas: IP 33.

Las sobrecargas admisibles son:

- Sobrecarga de nieve: 250 kg/m^2 .
- Sobrecarga de viento: 100 kg/m^2 (144 km/h).
- Sobrecarga en el piso: 400 kg/m^2 .

1.5.5.4. Instalación eléctrica

1.5.5.4.1. Red alimentación

La red de la cual se alimenta el centro de transformación es del tipo subterráneo, con una tensión de 20 kV, nivel de aislamiento según lista 2 (ITC-RAT 12), y una frecuencia de 50 Hz.

La potencia de cortocircuito máxima de la red de alimentación será de 500 MVA, según datos proporcionados por la Compañía suministradora.

1.5.5.4.2. Aparamenta A.T.

Las celdas son modulares con aislamiento y corte en SF₆, cuyos embarrados se conectan de forma totalmente apantallada e insensible a las condiciones externas (polución, salinidad, inundación, etc). La parte frontal incluye en su parte superior la placa de características, la mirilla para el manómetro, el esquema eléctrico de la celda y los accesos a los accionamientos del mando, y en la parte inferior se encuentran las tomas para las lámparas de señalización de tensión y panel de acceso a los cables y fusibles. En su interior hay una pletina de cobre a lo largo de toda la celda, permitiendo la conexión a la misma del sistema de tierras y de las pantallas de los cables.

El embarrado de las celdas estará dimensionado para soportar sin deformaciones permanentes los esfuerzos dinámicos que en un cortocircuito se puedan presentar.

Las celdas cuentan con un dispositivo de evacuación de gases que, en caso de arco interno, permite su salida hacia la parte trasera de la celda, evitando así su incidencia sobre las personas, cables o aparataje del centro de transformación.

Los interruptores tienen tres posiciones: conectados, seccionados y puestos a tierra. Los mandos de actuación son accesibles desde la parte frontal, pudiendo ser accionados de forma manual o motorizada. Los enclavamientos pretenden que:

- No se pueda conectar el seccionador de puesta a tierra con el aparato principal cerrado, y recíprocamente, no se pueda cerrar el aparato principal si el seccionador de puesta a tierra está conectado.

- No se pueda quitar la tapa frontal si el seccionador de puesta a tierra está abierto, y a la inversa, no se pueda abrir el seccionador de puesta a tierra cuando la tapa frontal ha sido extraída.

En las celdas de protección, los fusibles se montan sobre unos carros que se introducen en los tubos portafusibles de resina aislante, que son perfectamente estancos respecto del gas y del exterior. El disparo se producirá por fusión de uno de los fusibles o cuando la presión interior de los tubos portafusibles se eleve, debido a un fallo en los fusibles o al calentamiento excesivo de éstos.

Las características generales de las celdas son las siguientes, en función de la tensión nominal (U_n):

$U_n \leq 20$ kV

- Tensión asignada: 24 kV
- Tensión soportada a frecuencia industrial durante 1 minuto:
 - A tierra y entre fases: 50 kV
 - A la distancia de seccionamiento: 60 kV.
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo (valor de cresta):
 - A tierra y entre fases: 125 kV
 - A la distancia de seccionamiento: 145 kV.

El transformador es trifásico reductor de tensión, con neutro accesible en el secundario y refrigeración natural en aceite. Se dispone de una rejilla metálica para defensa del trafo.

La conexión entre las celdas A.T. y el transformador se realiza mediante conductores unipolares de aluminio, de aislamiento seco y terminales enchufables, con un radio de curvatura mínimo de $10(D+d)$, siendo "D" el diámetro del cable y "d" el diámetro del conductor.

1.5.5.4.3. Aparamenta B.T.

El cuadro de baja tensión tipo UNESA posee en su zona superior un compartimento para

la acometida al mismo, que se realiza a través de un pasamuros tetrapolar que evita la entrada de agua al interior. Dentro de este compartimento existen 4 pletinas deslizantes que hacen la función de seccionador. Más abajo existe un compartimento que aloja exclusivamente el embarrado y los elementos de protección de cada circuito de salida (4). Esta protección se encomienda a fusibles dispuestos en bases trifásicas pero maniobradas fase a fase, pudiéndose realizar las maniobras de apertura y cierre en carga.

Cuando son necesarias más de 4 salidas en B.T. se permite ampliar el cuadro reseñado mediante módulos de las mismas características, pero sin compartimento superior de acometida.

La conexión entre el transformador y el cuadro B.T. se realiza mediante conductores unipolares de aluminio, de aislamiento seco 0,6/1 kV sin armadura. Las secciones mínimas necesarias de los cables estarán de acuerdo con la potencia del transformador y corresponderán a las intensidades de corriente máximas permanentes soportadas por los cables. El circuito se realizará con cables de 240 mm².

Se instalará un equipo de alumbrado que permita la suficiente visibilidad para ejecutar las maniobras y revisiones necesarias en las celdas A.T.

1.5.5.5. Medida de la energía eléctrica

En centros de transformación tipo "abonado" la medida de energía se realizará mediante un cuadro de contadores conectado al secundario de los transformadores de intensidad y de tensión de la celda de medida. En centros de distribución pública no se efectúa medida de energía en media tensión.

1.5.5.6. Puesta a tierra

1.5.5.6.1. Tierra de protección

Se conectarán a tierra todas las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente: envolventes de las celdas y cuadros de baja tensión, rejillas de protección, carcasa de los transformadores, etc, así como la armadura del edificio. No se unirán las rejillas y puertas metálicas del centro, si son accesibles desde el exterior.

Las celdas dispondrán de una pletina de tierra que las interconectará, constituyendo el colector de tierras de protección.

La tierra interior de protección se realizará con cable de 50 mm² de cobre desnudo formando un anillo, y conectará a tierra los elementos descritos anteriormente.

1.5.5.6.2. Tierra de servicio

Con objeto de evitar tensiones peligrosas en baja tensión, debido a faltas en la red de alta tensión, el neutro del sistema de baja tensión se conectará a una toma de tierra independiente del sistema de alta tensión, de tal forma que no exista influencia de la red general de tierra.

La tierra interior de servicio se realizará con cable de 50 mm² de cobre aislado 0,6/1 kV.

1.5.5.7. Instalaciones secundarias

1.5.5.7.1. Alumbrado

En el interior del centro de transformación se instalará un mínimo de dos puntos de luz, capaces de proporcionar un nivel de iluminación suficiente para la comprobación y maniobra de los elementos del mismo. El nivel medio será como mínimo de 150 lux.

Los focos luminosos estarán colocados sobre soportes rígidos y dispuestos de tal forma que se mantenga la máxima uniformidad posible en la iluminación. Además, se deberá poder efectuar la sustitución de lámparas sin peligro de contacto con otros elementos en tensión.

El interruptor se situará al lado de la puerta de entrada, de forma que su accionamiento no represente peligro por su proximidad a la alta tensión.

Se dispondrá también un punto de luz de emergencia de carácter autónomo que señalará los accesos al centro de transformación.

1.5.5.7.2. Protección contra incendios

Si va a existir personal itinerante de mantenimiento por parte de la compañía suministradora, no se exige que en el centro de transformación haya un extintor. En caso contrario, se incluirá un extintor de eficacia 89B.

La resistencia ante el fuego de los elementos delimitadores y estructurales será RF-240 y la clase de reacción al fuego de materiales de suelos, paredes y techos será A1 según la clasificación europea de los productos para la construcción.

1.5.5.7.3. Ventilación

La ventilación del centro de transformación se realizará de modo natural mediante rejas de entrada y salida de aire dispuestas para tal efecto, siendo la superficie mínima de la reja de entrada de aire en función de la potencia del mismo.

Estas rejas se construirán de modo que impidan el paso de pequeños animales, la entrada de agua de lluvia y los contactos accidentales con partes en tensión si se introdujeran elementos metálicos por las mismas.

1.5.5.7.4. Medidas de seguridad

Las celdas dispondrán de una serie de enclavamientos funcionales descritos a continuación:

- Sólo será posible cerrar el interruptor con el interruptor de tierra abierto y con el panel de acceso cerrado.
- El cierre del seccionador de puesta a tierra sólo será posible con el interruptor abierto.
- La apertura del panel de acceso al compartimento de cables sólo será posible con el seccionador de puesta a tierra cerrado.
- Con el panel delantero retirado, será posible abrir el seccionador de puesta a tierra para realizar el ensayo de cables, pero no será posible cerrar el interruptor.

Las celdas de entrada y salida serán de aislamiento integral y corte en SF₆, y las conexiones entre sus embarrados deberán ser apantalladas, consiguiendo con ello la insensibilidad a los agentes externos, evitando de esta forma la pérdida del suministro en los centros de transformación interconectados con éste, incluso en el eventual caso de inundación del centro de transformación.

Las bornas de conexión de cables y fusibles serán fácilmente accesibles a los operarios de forma que, en las operaciones de mantenimiento, la posición de trabajo normal no carezca de visibilidad sobre estas zonas.

Los mandos de la aparatenta estarán situados frente al operario en el momento de realizar la operación, y el diseño de la aparatenta protegerá al operario de la salida de gases en caso de un eventual arco interno.

El diseño de las celdas impedirá la incidencia de los gases de escape, producidos en el

caso de un arco interno, sobre los cables de media tensión y baja tensión. Por ello, esta salida de gases no debe estar enfocada en ningún caso hacia el foso de cables.

La puerta de acceso al CT llevará el Lema Corporativo y estará cerrada con llave.

Las puertas de acceso al CT y, cuando las hubiera, las pantallas de protección, llevarán el cartel con la correspondiente señal triangular distintiva de riesgo eléctrico.

En un lugar bien visible del CT se situará un cartel con las instrucciones de primeros auxilios a prestar en caso de accidente.

Salvo que en los propios aparatos figuren las instrucciones de maniobra, en el CT, y en lugar bien visible habrá un cartel con las citadas instrucciones.

Deberán estar dotados de bandeja o bolsa portadocumentos.

Para realizar maniobras en A.T. el CT dispondrá de banqueta o alfombra aislante, guantes aislante y pértiga.

1.5.6. Memoria descriptiva red de baja tensión

1.5.6.1. Suministro de la energía

La energía se le suministrará a la tensión de 400/230 V., procedente de un centro de transformación existente en la zona, propiedad de la compañía Iberdrola, empresa productora y distribuidora de energía eléctrica en la provincia.

1.5.6.2. Previsión de potencia en la zona de actuación

Realizado en el punto 1.4.6.

1.5.6.3. Trazado de la red eléctrica

Para la dotación de suministro eléctrico a las diferentes parcelas y servicios generales se han diseñado circuitos de baja tensión. Los circuitos partirán desde el cuadro de baja tensión existente en el Centro de Transformación, propiedad de la Cía. Suministradora de Energía.

La red eléctrica, en su recorrido, sólo afectará a terrenos de dominio público.

El trazado de dicha red se puede observar en el documento adjunto Planos.

1.5.6.4. Canalizaciones

Las canalizaciones se dispondrán, en general, por terrenos de dominio público, y en zonas perfectamente delimitadas, preferentemente bajo las aceras. El trazado será lo más rectilíneo posible y a poder ser paralelo a referencias fijas como líneas en fachada y bordillos. Asimismo, deberán tenerse en cuenta los radios de curvatura mínimos, fijados por los fabricantes (o en su defecto los indicados en las normas de la serie UNE 20.435), a respetar en los cambios de dirección.

En la etapa de proyecto se deberá consultar con las empresas de servicio público y con los posibles propietarios de servicios para conocer la posición de sus instalaciones en la zona afectada. Una vez conocida, antes de proceder a la apertura de las zanjas se abrirán calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto en el proyecto.

1.5.6.4.1. Canalizaciones directamente enterradas

No procede en este proyecto.

1.5.6.4.2. Canalizaciones enterradas bajo tubo

Se evitarán, en lo posible, los cambios de dirección en los tubos. En los puntos donde se produzcan y para facilitar la manipulación de los cables, se dispondrán arquetas con tapa, registrables o no. Para facilitar el tendido de los cables, en los tramos rectos se instalarán arquetas intermedias, registrables, ciegas o simplemente calas de tiro, como máximo cada 40 m. Esta distancia podrá variarse de forma razonable, en función de derivaciones, cruces u otros condicionantes viarios. Las arquetas serán prefabricadas o de fábrica de ladrillo cerámico macizo (cítara) enfoscada interiormente, con tapas de fundición de 60x60 cm y con un lecho de arena absorbente en el fondo de ellas. A la entrada de las arquetas, los tubos deberán quedar debidamente sellados en sus extremos para evitar la entrada de roedores y de agua. Si se trata de una urbanización de nueva construcción, donde las calles y servicios deben permitir situar todas las arquetas dentro de las aceras, no se permitirá la construcción de ellas donde exista tráfico rodado.

A lo largo de la canalización se colocará una cinta de señalización, que advierta de la existencia del cable eléctrico de baja tensión.

No se instalará más de un circuito por tubo. Los tubos deberán tener un diámetro tal que permita un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. El diámetro exterior mínimo de los tubos en función del número y sección de los conductores se obtendrá de la tabla 9, ITC-BT-21.

Los tubos protectores serán conformes a lo establecido en la norma UNE-EN 50.086 2-4. Las características mínimas serán las indicadas a continuación.

- Resistencia a la compresión: 250 N para tubos embebidos en hormigón; 450 N para tubos en suelo ligero; 750 N para tubos en suelo pesado.
- Resistencia al impacto: Grado Ligero para tubos embebidos en hormigón; Grado Normal para tubos en suelo ligero o suelo pesado.
- Resistencia a la penetración de objetos sólidos: Protegido contra objetos $D > 1$ mm.
- Resistencia a la penetración del agua: Protegido contra el agua en forma de lluvia.
- Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos: Protección interior y exterior media.

1.5.6.5. Cruzamientos y paralelismos

1.5.6.5.1. Cruzamientos

1.5.6.5.1.1. Calles y carreteras

Los cables se colocarán en el interior de tubos protectores, recubiertos de hormigón en toda su longitud a una profundidad mínima de 0,80 m. Siempre que sea posible, el cruce se hará perpendicular al eje del vial.

1.5.6.5.1.2. Ferrocarriles

No procede en este proyecto.

1.5.6.5.1.3. Otros cables de energía eléctrica

Siempre que sea posible, se procurará que los cables de baja tensión discurren por encima de los de alta tensión.

La distancia mínima entre un cable de baja tensión y otros cables de energía eléctrica será: 0,25 m con cables de alta tensión y 0,10 m con cables de baja tensión. La distancia del punto de cruce a los empalmes será superior a 1 m.

Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado 8.2.

1.5.6.5.1.4. Cables de telecomunicación

No procede en este proyecto.

1.5.6.5.1.5. Canalizaciones de agua y gas

Siempre que sea posible, los cables se instalarán por encima de las canalizaciones de agua.

La distancia mínima entre cables de energía eléctrica y canalizaciones de agua o gas será de 0,20 m. Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de las canalizaciones de agua o gas, o de los empalmes de la canalización eléctrica, situando unas y otros a una distancia superior a 1 m del cruce. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, la canalización instalada más recientemente se dispondrá entubada según lo prescrito en el apartado 8.2.

1.5.6.5.1.6. Conducciones de alcantarillado

No procede en este proyecto.

1.5.6.5.1.7. Depósitos de carburante

No procede en este proyecto.

1.5.6.5.2. Proximidades y paralelismos

1.5.6.5.2.1. Otros cables de energía eléctrica

Los cables de baja tensión podrán instalarse paralelamente a otros de baja o alta tensión, manteniendo entre ellos una distancia mínima de 0,10 m con los cables de baja tensión y 0,25 m con los cables de alta tensión. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado 8.2.

1.5.6.5.2.2. Cables de telecomunicación

No procede en este proyecto.

1.5.6.5.2.3. Canalizaciones de agua

No procede en este proyecto.

1.5.6.5.2.4. Canalizaciones de gas

No procede en este proyecto.

1.5.6.5.2.5. Acometidas (conexiones de servicio)

En el caso de que el cruzamiento o paralelismo entre cables eléctricos y canalizaciones de los servicios descritos anteriormente, se produzcan en el tramo de acometida a un edificio deberá mantenerse una distancia mínima de 0,20 m.

Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, la canalización instalada más recientemente se dispondrá entubada según lo prescrito en el apartado 8.2.

1.5.6.6. Conductores

Los conductores a emplear en la instalación serán de Aluminio homogéneo, unipolares, tensión asignada no inferior a 0,6/1 kV, aislamiento de polietileno reticulado "XLPE", enterrados bajo tubo o directamente enterrados, con unas secciones de 25, 50, 95, 150 o 240 mm² (según Normas Técnicas de Construcción y Montaje de las Instalaciones Eléctricas de Distribución de la Cía. Suministradora).

El cálculo de la sección de los conductores se realizará teniendo en cuenta que el valor máximo de la caída de tensión no sea superior a un 5,5 % de la tensión nominal y verificando que la máxima intensidad admisible de los conductores quede garantizada en todo momento.

Cuando la intensidad a transportar sea superior a la admisible por un solo conductor se podrá instalar más de un conductor por fase, según los siguientes criterios:

- Emplear conductores del mismo material, sección y longitud.
- Los cables se agruparán al tresbolillo, en ternas dispuestas en uno o varios niveles.

El conductor neutro tendrá como mínimo, en distribuciones trifásicas a cuatro hilos, una

sección igual a la sección de los conductores de fase para secciones hasta 10 mm² de cobre o 16 mm² de aluminio, y una sección mitad de la sección de los conductores de fase, con un mínimo de 10 mm² para cobre y 16 mm² de aluminio, para secciones superiores. En distribuciones monofásicas, la sección del conductor neutro será igual a la sección del conductor de fase.

El conductor neutro deberá estar identificado por un sistema adecuado. Deberá estar puesto a tierra en el centro de transformación o central generadora, y como mínimo, cada 500 metros de longitud de línea. Aun cuando la línea posea una longitud inferior, se recomienda conectarlo a tierra al final de ella. La resistencia de la puesta a tierra no podrá superar los 20 ohmios.

En cualquier caso, siempre se atenderá a las Recomendaciones de la compañía suministradora de la electricidad.

1.5.6.7. Empalmes y conexiones

Los empalmes y conexiones de los conductores se efectuarán siguiendo métodos o sistemas que garanticen una perfecta continuidad del conductor y de su aislamiento. Asimismo, deberá quedar perfectamente asegurada su estanquidad y resistencia contra la corrosión que pueda originar el terreno.

Un método apropiado para la realización de empalmes y conexiones puede ser mediante el empleo de tenaza hidráulica y la aplicación de un revestimiento a base de cinta vulcanizable.

1.5.6.8. Sistemas de protección

En primer lugar, la red de distribución en baja tensión estará protegida contra los efectos de las sobreintensidades que puedan presentarse en la misma (ITC-BT-22), por lo tanto, se utilizarán los siguientes sistemas de protección:

- Protección a sobrecargas: Se utilizarán fusibles o interruptores automáticos calibrados convenientemente, ubicados en el cuadro de baja tensión del centro de transformación, desde donde parten los circuitos (según figura en anexo de cálculo); cuando se realiza todo el trazado de los circuitos a sección constante (y queda ésta protegida en inicio de línea), no es necesaria la colocación de elementos de protección en ningún otro punto de la red para proteger las reducciones de sección.

- Protección a cortocircuitos: Se utilizarán fusibles o interruptores automáticos calibrados convenientemente, ubicados en el cuadro de baja tensión del centro de transformación.

En segundo lugar, para la protección contra contactos directos (ITC-BT-22) se han tomado las medidas siguientes:

- Ubicación del circuito eléctrico enterrado bajo tubo en una zanja practicada al efecto, con el fin de resultar imposible un contacto fortuito con las manos por parte de las personas que habitualmente circulan por el acerado.
- Alojamiento de los sistemas de protección y control de la red eléctrica, así como todas las conexiones pertinentes, en cajas o cuadros eléctricos aislantes, los cuales necesitan de útiles especiales para proceder a su apertura.
- Aislamiento de todos los conductores con polietileno reticulado "XLPE", tensión asignada 0,6/1 kV, con el fin de recubrir las partes activas de la instalación.

En tercer lugar, para la protección contra contactos indirectos (ITC-BT-22), la Cía. Suministradora obliga a utilizar en sus redes de distribución en BT el esquema TT, es decir, Neutro de B.T. puesto directamente a tierra y masas de la instalación receptora conectadas a una tierra separada de la anterior, así como empleo en dicha instalación de interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada al tipo de local y características del terreno.

Por otra parte, es obligada la conexión del neutro a tierra en el centro de transformación y cada 500 metros (según ITC-BT-06 e ITC-BT-07), sin embargo, aunque la longitud de cada uno de los circuitos sea inferior a la cifra reseñada, el neutro se conectará como mínimo una vez a tierra al final de cada circuito.

1.5.6.9. Ubicación de los equipos de medida

Los contadores se ubicarán de forma individual para cada abonado, lo que equivale a decir, para cada parcela.

A fin de facilitar la toma periódica de las lecturas que marquen los contadores, para que las facturaciones respondan a consumos reales, aquellos quedarán albergados en el interior de un módulo prefabricado homologado, ubicado en la linde o valla de parcela con frente a la vía de tránsito.

Este módulo deberá estar lo más próximo posible de la caja general de protección, pudiendo constituir nichos de una sola unidad, convirtiéndose así en una caja general de protección y medida, sin perjuicio de las dimensiones que ambas deban mantener para cumplir normalmente su propia función. Este módulo deberá disponer de aberturas adecuadas y deberá estar conectado mediante canalización empotrada hasta una profundidad de 1 m. bajo la rasante de la acera. Al ubicarse en la valla circundante de la parcela, dicho módulo estará situado a 0,50 m. sobre la rasante de la acera.

Las cajas de protección y medida serán de material aislante de clase A, resistentes a los álcalis, autoextinguibles y precintables. La envolvente deberá disponer de ventilación interna para evitar condensaciones. Tendrán como mínimo en posición de servicio un grado de protección IP-433, excepto en sus partes frontales y en las expuestas a golpes, en las que, una vez efectuada su colocación en servicio, la tercera cifra característica no será inferior a siete.

El cálculo y diseño de los fusibles de la Caja de Protección-Medida y Acometida a cada abonado se realizará en función de la potencia real demanda por dicha instalación.

1.5.7. Memoria descriptiva red de alumbrado público

1.5.7.1. Clasificación de la instalación y requisitos fotométricos

1.5.7.1.1. Alumbrado vial

1.5.7.1.1.1. Clasificación de las vías y selección de las clases de alumbrado

A través de la ITC EA-02 se establece la clasificación de las diferentes vías de circulación dependiendo de la velocidad de la vía.

Tabla 1.9: Clasificación de las vías

| Clasificación | Tipo de vía | Velocidad del tráfico rodado (km/h) |
|---------------|-----------------------|-------------------------------------|
| A | de alta velocidad | $v > 60$ |
| B | de moderada velocidad | $30 < v \leq 60$ |
| C | carriles bici | -- |
| D | de baja velocidad | $5 < v \leq 30$ |
| E | vías peatonales | $v \leq 5$ |

ITC EA-02. Niveles de iluminación

Con esto, podemos decir que las vías donde circularán los vehículos serán tipo B, y vía peatonal situada en la zona ajardinada serán tipo E.

Las clases de alumbrado también vienen definidas en la ITC EA-02 según el tipo de vía, y atendiendo a nuestras necesidades tenemos:

Tabla 1.10: Clases de alumbrado para vías tipo B

| Situaciones de proyecto | Tipos de vías | Clase de Alumbrado ⁽¹⁾ |
|---|--|-----------------------------------|
| B1 | <ul style="list-style-type: none"> Vías urbanas secundarias de conexión a urbanas de tráfico importante. Vías distribuidoras locales y accesos a zonas residenciales y fincas. Intensidad de tráfico IMD ≥ 7.000 IMD < 7.000 | ME2 / ME3c ME4b / ME5 / ME6 |
| | <ul style="list-style-type: none"> Carreteras locales en áreas rurales. Intensidad de tráfico y complejidad del trazado de la carretera. IMD ≥ 7.000 IMD < 7.000 | |
| ⁽¹⁾ Para todas las situaciones de proyecto B1 y B2, cuando las zonas próximas sean claras (fondos claros), todas las vías de tráfico verán incrementadas sus exigencias a las de la clase de alumbrado inmediata superior. | | |

ITC EA-02. Niveles de iluminación

1.5.7.1.1.2. Niveles de Iluminación de los viales

Tabla 1.11: Series ME clase de alumbrado para viales secos tipo A y B

| Clase de Alumbrado | Luminancia de la superficie de la calzada en condiciones secas | | | Deslumbramiento Perturbador | Iluminación de alrededores |
|--------------------|--|---|---|--|---|
| | Luminancia ⁽⁴⁾ Media L_m (cd/m ²) ⁽¹⁾ | Uniformidad Global U_o [mínima] | Uniformidad Longitudinal U_L [mínima] | Incremento Umbral TI (%) ⁽²⁾ [máximo] | Relación Entorno SR ⁽³⁾ [mínima] |
| ME1 | 2,00 | 0,40 | 0,70 | 10 | 0,50 |
| ME2 | 1,50 | 0,40 | 0,70 | 10 | 0,50 |
| ME3a | 1,00 | 0,40 | 0,70 | 15 | 0,50 |
| ME3b | 1,00 | 0,40 | 0,60 | 15 | 0,50 |
| ME3c | 1,00 | 0,40 | 0,50 | 15 | 0,50 |
| ME4a | 0,75 | 0,40 | 0,60 | 15 | 0,50 |
| ME4b | 0,75 | 0,40 | 0,50 | 15 | 0,50 |
| ME5 | 0,50 | 0,35 | 0,40 | 15 | 0,50 |
| ME6 | 0,30 | 0,35 | 0,40 | 15 | Sin requisitos |

⁽¹⁾ Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado, a excepción de (TI), que son valores máximos iniciales. A fin de mantener dichos niveles de servicio, debe considerarse un factor de mantenimiento (f_m) elevado que dependerá de la lámpara adoptada, del tipo de luminaria, grado de contaminación del aire y modalidad de mantenimiento preventivo.

⁽²⁾ Cuando se utilicen fuentes de luz de baja luminancia (lámparas fluorescentes y de vapor de sodio a baja presión), puede permitirse un aumento de 5% del incremento umbral (TI).

⁽³⁾ La relación entorno SR debe aplicarse en aquellas vías de tráfico rodado donde no existan otras áreas contiguas a la calzada que tengan sus propios requisitos. La anchura de las bandas adyacentes para la relación entorno SR será igual como mínimo a la de un carril de tráfico, recomendándose a ser posible 5 m de anchura.

⁽⁴⁾ Los valores de luminancia dados pueden convertirse en valores de iluminación, multiplicando los primeros por el coeficiente R (según C.I.E.) del pavimento utilizado, tomando un valor de 15 cuando éste no se conozca.

ITC EA-02. Niveles de iluminación

Como se ha explicado antes, se ha elegido la clase ME4b, por lo que sus valores de referencia son:

- $L_m \geq 0.75 \text{ cd/m}^2$
- $U_o \geq 0.4$
- $U_j \geq 0.5$
- $TI \leq 15\%$
- $SR \geq 0.5$

1.5.7.1.2. Alumbrados específicos

1.5.7.1.2.1. Alumbrado de Pasarelas Peatonales, Escaleras y Rampas

No procede en este proyecto.

1.5.7.1.2.2. Alumbrado de Pasos Subterráneos Peatonales

No procede en este proyecto.

1.5.7.1.2.3. Alumbrado Adicional de Pasos de Peatones

No procede en este proyecto.

1.5.7.1.2.4. Alumbrado de Parques y Jardines

Los viales principales, tales como accesos al parque o jardín, sus paseos y glorietas, áreas de estancia y escaleras, que estén abiertos al público durante las horas nocturnas, deberán iluminarse como las vías de tipo E.

Tabla 1.12: Clases de alumbrado para vías tipo E

| Situaciones de proyecto | Tipos de vías | Clase de Alumbrado ^(*) |
|-------------------------|---|-----------------------------------|
| E1 | <ul style="list-style-type: none"> • Espacios peatonales de conexión, calles peatonales, y aceras a lo largo de la calzada. • Paradas de autobús con zonas de espera • Áreas comerciales peatonales. Flujo de tráfico de peatones Alto..... Normal | CE1A / CE2 / S1 S2 / S3 / S4 |
| E2 | <ul style="list-style-type: none"> • Zonas comerciales con acceso restringido y uso prioritario de peatones. Flujo de tráfico de peatones Alto..... Normal | CE1A / CE2 / S1 S2 / S3 / S4 |

^(*) Para todas las situaciones de alumbrado E1 y E2, cuando las zonas próximas sean claras (fondos claros), todas las vías de tráfico verán incrementadas sus exigencias a las de la clase de alumbrado inmediata superior.

ITC EA-02. Niveles de iluminación

En el caso de las vías de las zonas ajardinadas será una situación E1.

Tabla 1.13: Comparación entre la clasificación europea y la española del alumbrado tipo S

| EN 13201-2:2003 | | | R.D. 1890/2008 | | |
|--------------------|------------------------|------------------------|--------------------|------------------------|------------------------|
| Clase de Alumbrado | Iluminación Horizontal | | Clase de Alumbrado | Iluminación Horizontal | |
| | Em (lux) | E _{min} (lux) | | Em (lux) | E _{min} (lux) |
| S1 | 15 | 5 | S1 | 15 | 5 |
| S2 | 10 | 3 | S2 | 10 | 3 |
| S3 | 7,5 | 1,5 | S3 | 7,5 | 1,5 |
| S4 | 5 | 1 | S4 | 5 | 1 |
| S5 | 3 | 0,6 | | | |
| S6 | 2 | 0,6 | | | |

Idus. Luz blanca en la normativa española como mejora de la sostenibilidad

Se ha elegido la clase S4 cuyos valores son:

- $E_m \geq 5$ lux
- $E_{min} \geq 1$ lux

1.5.7.1.2.5. Alumbrado de Pasos a Nivel de Ferrocarril

No procede en este proyecto.

1.5.7.1.2.6. Alumbrado de Fondos de Saco

No procede en este proyecto.

1.5.7.1.2.7. Alumbrado de Glorietas

No procede en este proyecto.

1.5.7.1.2.8. Alumbrado de Túneles y Pasos Inferiores

No procede en este proyecto.

1.5.7.1.2.9. Aparcamientos de vehículos al aire libre

El alumbrado de aparcamientos al aire libre cumplirá con los requisitos fotométricos de las clases de alumbrado correspondientes a la situación de proyecto D1-D2.

1.5.7.1.2.10. Alumbrado de Áreas de Trabajos Exteriores

Se considerarán como valores de referencia, los niveles de iluminación especificados en la norma EN 12464-2007.

1.5.7.1.3. Alumbrado ornamental

Los valores de referencia de los niveles de iluminancia media en servicio, con mantenimiento de la instalación, del alumbrado ornamental serán los establecidos en la ITC-EA-02.

1.5.7.1.4. Alumbrado para vigilancia y seguridad nocturna

No procede en este proyecto.

1.5.7.1.5. Alumbrado de señales y anuncios luminosos

No procede en este proyecto.

1.5.7.1.6. Alumbrado festivo y navideño

La potencia máxima instalada, en función de la anchura de la calle y del número de horas de funcionamiento por año del alumbrado festivo o navideño, no sobrepasarán los valores siguientes:

Tabla 1.14: Potencia alumbrado festivo y navideño

| Potencia máx. instalada (W/m²) | | |
|--|------------------------------|--------------------------------------|
| Anchura calle | Nº horas año > 200 | Entre 100 y 200 horas año |
| Hasta 10 m ² | 10 | 15 |
| Entre 10 y 20 m | 8 | 12 |
| Más de 20 m | 6 | 9 |

No se establece límite de potencia cuando el periodo de funcionamiento sea inferior a 100 horas anuales.

1.5.7.2. Iluminancias y uniformidades de los viales

En cuanto a iluminancias y uniformidades de iluminación, los valores aconsejados para viales de ámbito municipal (en España) se indican en la publicación sobre Alumbrado Público del Ministerio de la Vivienda (1965), y que figuran en la siguiente tabla:

Tabla 1.15: Iluminancias y uniformidades de los viales

| Tipo de vía | Valores mínimos | | Valores normales | |
|--|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| | Iluminación media Ix | Factor de Uniformidad | Iluminación media Ix | Factor de Uniformidad |
| Carreteras de las redes básica o afluyente | 15 | 0,25 | 22 | 0,30 |
| Vías principales o de Penetración continuación de carreteras de las redes básica o afluyente | 15 | 0,25 | 22 | 0,30 |
| Vías principales o de penetración continuación | 10 | 0,25 | 15 | 0,25 |

| | | | | |
|---|----|------|----|------|
| de carreteras de la red comarcal | | | | |
| Vías principales o de penetración continuación de carreteras de las redes local o vecinal | 7 | 0,20 | 10 | 0,25 |
| Vías industriales | 4 | 0,15 | 7 | 0,20 |
| Vías comerciales de lujo con tráfico rodado | 15 | 0,25 | 22 | 0,30 |
| Vías comerciales con tráfico rodado, en general | 7 | 0,20 | 15 | 0,25 |
| Vías comerciales sin tráfico rodado | 4 | 0,15 | 10 | 0,25 |
| Vías residenciales con tráfico rodado | 7 | 0,15 | 10 | 0,25 |
| Vías residenciales con poco tráfico rodado | 4 | 0,15 | 7 | 0,20 |
| Grandes plazas | 15 | 0,25 | 20 | 0,30 |
| Plazas en general | 7 | 0,20 | 10 | 0,25 |
| Paseos | 10 | 0,25 | 15 | 0,25 |

1.5.7.3. Resplandor luminoso nocturno

La clasificación de las diferentes zonas en función de su protección contra la contaminación luminosa, según el tipo de actividad a desarrollar, será:

Tabla 1.16: Clasificación zonas nocturnas

| Clasificación de las zonas | Descripción |
|----------------------------|---------------------------------------|
| E1 | Áreas con entornos o paisajes oscuros |
| E2 | Áreas de brillo o luminosidad baja |
| E3 | Áreas de brillo o luminosidad media |
| E4 | Áreas de brillo o luminosidad alta |

Se limitarán las emisiones luminosas hacia el cielo, con excepción del alumbrado festivo y navideño. Se iluminará solamente la superficie que se quiera dotar de alumbrado.

El flujo hemisférico superior instalado FHSinst o emisión directa de las luminarias a implantar en cada zona no superará los límites siguientes:

Tabla 1.17: Límites de emisión directa de las luminarias

| Clasificación de las zonas | FHSinst |
|----------------------------|--------------|
| E1 | $\leq 1 \%$ |
| E2 | $\leq 5 \%$ |
| E3 | $\leq 15 \%$ |
| E4 | $\leq 25 \%$ |

En la zona E1 se utilizarán lámparas de vapor de sodio. Cuando no sea posible, se procederá a filtrar la radiación de longitudes de onda inferiores a 440 nm.

1.5.7.4. Limitación de la luz intrusa o molesta

Con objeto de minimizar los efectos de la luz intrusa o molesta sobre residentes y ciudadanos en general, con excepción del alumbrado festivo y navideño, las instalaciones de alumbrado exterior se diseñarán para cumplir los valores máximos siguientes:

Tabla 1.18: Limitación de la luz intrusa

| Parámetros luminotécnicos | Zona E1 | Zona E2 | Zona E3 | Zona E4 |
|--|--|--|--|--|
| Iluminación vertical | 2 lux | 5 lux | 10 lux | 25 lux |
| Intensidad luminosa emitida luminarias | 2.500 cd | 7.500 cd | 10.000 cd | 25.000 cd |
| Luminancia media fachadas | 5 cd/m ² | 5 cd/m ² | 10 cd/m ² | 25 cd/m ² |
| Luminancia máxima fachadas | 10 cd/m ² | 10 cd/m ² | 60 cd/m ² | 150 cd/m ² |
| Luminancia máxima señales y anuncios | 50 cd/m ² | 400 cd/m ² | 800 cd/m ² | 1.000 cd/m ² |
| Incremento de umbral de contraste | Sin iluminac. | ME5 | ME3/4 | ME1/2 |
| | TI=15% para adaptación a L=0,1 cd/m ² | TI=15% para adaptación a L=1 cd/m ² | TI=15% para adaptación a L=2 cd/m ² | TI=15% para adaptación a L=5 cd/m ² |

1.5.7.5. Eficiencia energética

1.5.7.5.1. Requisitos mínimos de eficiencia energética (ϵ)

Las instalaciones de alumbrado vial funcional, con independencia del tipo de lámpara, pavimento y de las características o geometría de la instalación, deberán cumplir los requisitos mínimos de eficiencia energética que se fijan a continuación:

Tabla 1.19: Eficiencia energética de las vías funcionales (vías clasificadas como A o B)

| Iluminación media en servicio E_m (lux) | Eficiencia energética mínima ($m^2 \cdot \text{lux} / W$) |
|---|---|
| ≥ 30 | 22 |
| 25 | 20 |
| 20 | 17,5 |
| 15 | 15 |
| 10 | 12 |
| $\leq 7,5$ | 9,5 |

Las instalaciones de alumbrado vial ambiental, con independencia del tipo de lámpara y de las características o geometría de la instalación, así como disposición de las luminarias, deberán cumplir los requisitos mínimos de eficiencia energética que se fijan a continuación:

Tabla 1.20: Eficiencia energética de las vías ambientales (vías clasificadas como C, D o E)

| Iluminación media en servicio E_m (lux) | Eficiencia energética mínima ($m^2 \cdot \text{lux} / W$) |
|---|---|
| ≥ 20 | 9 |
| 15 | 7,5 |
| 10 | 6 |
| 7,5 | 5 |
| ≤ 5 | 3,5 |

1.5.7.5.2. Calificación energética de las instalaciones de alumbrado

Las instalaciones de alumbrado exterior, excepto las de alumbrados de señales y anuncios luminosos y festivo y navideño, se calificarán en función de su índice de eficiencia energética.

Con objeto de facilitar la interpretación de la calificación energética de la instalación de alumbrado y en consonancia con lo establecido en otras reglamentaciones, se define una etiqueta que caracteriza el consumo de energía de la instalación mediante una escala de siete letras que va desde la letra A (instalación más eficiente y con menos consumo de energía) a la letra G (instalación menos eficiente y con más consumo de energía).

La calificación energética de la instalación, en función del índice de eficiencia energética (I_ϵ) o del índice de consumo energético ICE, será:

Tabla 1.21: Calificación energética de las instalaciones de alumbrado

| Calificación Energética | Índice de consumo energético | Índice de Eficiencia Energética |
|-------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| A | $ICE < 0,91$ | $I_{\epsilon} > 1,1$ |
| B | $0,91 \leq ICE \leq 1,09$ | $1,1 \geq I_{\epsilon} > 0,92$ |
| C | $1,09 \leq ICE \leq 1,35$ | $0,92 \geq I_{\epsilon} > 0,74$ |
| D | $1,35 \leq ICE \leq 1,79$ | $0,74 \geq I_{\epsilon} > 0,56$ |
| E | $1,79 \leq ICE \leq 2,63$ | $0,56 \geq I_{\epsilon} > 0,38$ |
| F | $2,63 \leq ICE \leq 5,00$ | $0,38 \geq I_{\epsilon} > 0,20$ |
| G | $ICE \geq 5,00$ | $I_{\epsilon} > 0,20$ |

1.5.7.6. Componentes de la instalación

En lo referente a los métodos de medida y presentación de las características fotométricas de lámparas y luminarias, se seguirá lo establecido en las normas relevantes de la serie UNE-EN 13032 "Luz y alumbrado. Medición y presentación de datos fotométricos de lámparas y luminarias".

El flujo hemisférico superior instalado, rendimiento de la luminaria, factor de utilización, grado de protección IP, eficacia de la lámpara y demás características relevantes para cada tipo de luminaria, lámpara o equipos auxiliares, deberán ser garantizados por el fabricante, mediante una declaración expresa o certificación de un laboratorio acreditativo.

1.5.7.6.1. Lámparas

Con excepción de las iluminaciones navideñas y festivas, las lámparas utilizadas en la instalación tendrán una eficacia luminosa superior a:

- 40 lum/W, para alumbrados de vigilancia y seguridad nocturna y de señales y anuncios luminosos.
- 65 lum/W, para alumbrados vial, específico y ornamental.

Cada punto de luz deberá tener compensado individualmente el factor de potencia para que sea igual o superior a 0,90.

1.5.7.6.2. Luminarias

Las luminarias y proyectores que se instalen, excepto en alumbrado festivo y navideño, deberán cumplir los requisitos siguientes:

Tabla 1.22: Requisitos luminarias

| Parámetros | Alumbrado vial | | Resto alumbrados | |
|--------------------|----------------|-----------|------------------|------------|
| | Funcional | Ambiental | Proyectores | Luminarias |
| Rendimiento | ≥ 65 % | ≥ 55 % | ≥ 55 % | ≥ 60 % |
| Factor utilización | (1) | (1) | 0,25 | 0,30 |

(1) Alcanzarán los valores que permitan cumplir los requisitos mínimos de eficiencia energética.

Las luminarias utilizadas en el alumbrado exterior serán conformes a la norma UNE-EN 60.598-2-3 y la UNE-EN 60.598-2-5 en el caso de proyectores de exterior.

La conexión se realizará mediante cables flexibles, que penetren en la luminaria con la holgura suficiente para evitar que las oscilaciones de ésta provoquen esfuerzos perjudiciales en los cables y en los terminales de conexión, utilizándose dispositivos que no disminuyan el grado de protección de luminaria IP X3 según UNE 20.324.

Los equipos eléctricos de los puntos de luz para montaje exterior poseerán un grado de protección mínima IP54 según UNE 20.324, e IK 8 según UNE-EN 50.102, montados a una altura mínima de 2,5 m sobre el nivel del suelo.

1.5.7.6.3. Equipos auxiliares

No procede en este proyecto.

1.5.7.7. Disposición de viales y características del sistema de iluminación adoptado

Los viales existentes tienen la siguiente configuración:

- Anchura cada calzada: 4 m
- Anchura cada acera: 1 m
- Clasificación de la vía en función de la velocidad de tráfico rodado: ME4b

El sistema de iluminación adoptado, para dar cumplimiento a lo señalado en los apartados anteriores, tendrá las siguientes características:

- Disposición: Bilateral desplazado
- Altura soportes (m): 8
- Relación de luminarias:
 - Tipo: LED
 - Modelo: Philips BGP704 1 LED30-4S/740 DN50
 - Rendimiento (%): 91
- Relación de lámparas:
 - Potencia nominal (W): 19
 - Flujo luminoso (lumen): 3000

- Factor de utilización de la instalación: 0,55
- Factor de mantenimiento de la instalación: 0,80
- Eficiencia energética de la instalación ($m^2 \cdot \text{lux}/W$):
- Calificación energética de la instalación en función del índice de eficiencia energética:
A

1.5.7.8. Régimen de funcionamiento previsto y descripción de los sistemas de accionamiento y de regulación de nivel luminoso

Las instalaciones de alumbrado exterior, con excepción de túneles y pasos inferiores, estarán en funcionamiento como máximo durante el periodo comprendido entre la puesta de sol y su salida o cuando la luminosidad ambiente lo requiera.

Con la finalidad de ahorrar energía, disminuir el resplandor luminoso nocturno y limitar la luz molesta, a ciertas horas de la noche, deberá reducirse el nivel de iluminación en las instalaciones de alumbrado vial, alumbrado específico, alumbrado ornamental y alumbrado de señales y anuncios luminosos, con potencia instalada superior a 5 kW.

Cuando se reduzca el nivel de iluminación, es decir, se varíe la clase de alumbrado a una hora determinada, deberán mantenerse los criterios de uniformidad de luminancia/iluminancia y deslumbramiento establecidos. La regulación del nivel luminoso se podrá realizar por medio de alguno de los siguientes sistemas: balastos serie de tipo inductivo para doble nivel de potencia, reguladores-estabilizadores en cabecera de línea o balastos electrónicos para doble nivel de potencia.

Se podrá variar el régimen de funcionamiento de los alumbrados ornamentales, estableciéndose condiciones especiales, en épocas tales como festividades y temporada alta de afluencia turística.

Se podrá ajustar un régimen especial de alumbrado para los acontecimientos nocturnos singulares, festivos, feriales, deportivos o culturales, que compatibilicen el ahorro con las necesidades derivadas de los acontecimientos mencionados.

Los sistemas de accionamiento deberán garantizar que las instalaciones de alumbrado exterior se enciendan y apaguen con precisión a las horas previstas cuando la luminosidad ambiente lo requiera, al objeto de ahorrar energía.

Toda instalación de alumbrado exterior con una potencia de lámparas y equipos auxiliares superiores a 5 kW deberá incorporar un sistema de accionamiento por reloj astronómico o sistema de encendido centralizado, mientras que en aquellas con una potencia en lámparas y equipos auxiliares inferior o igual a 5 kW también podrá incorporarse un sistema de accionamiento mediante fotocélula. Además de los sistemas de encendido automáticos, es recomendable instalar un sistema de accionamiento manual, para poder maniobrar la instalación en caso de avería o reposición de los citados elementos.

Para obtener ahorro energético en casos tales como instalaciones de alumbrado ornamental, anuncios luminosos, espacios deportivos y áreas de trabajos exteriores, se establecerán los correspondientes ciclos de funcionamiento (encendido y apagado) de dichas instalaciones, para lo que se dispondrá de relojes astronómicos o sistemas equivalentes, capaces de ser programados por ciclos diarios, semanales, mensuales y anuales.

1.5.7.9. Soportes

Las luminarias descritas en el apartado anterior irán sujetas sobre columnas-soporte de forma troncocónica de m. de altura, que se ajustarán a la normativa vigente (en el caso de que sean de acero deberán cumplir el RD 2642/85, RD 401/89 y OM de 16/5/89). Serán de materiales resistentes a las acciones de la intemperie o estarán debidamente protegidas contra éstas, no debiendo permitir la entrada de agua de lluvia ni la acumulación del agua de condensación. Los soportes, sus anclajes y cimentaciones, se dimensionarán de forma que resistan las sollicitaciones mecánicas, particularmente teniendo en cuenta la acción del viento, con un coeficiente de seguridad no inferior a 2,5.

Las columnas irán provistas de puertas de registro de acceso para la manipulación de sus elementos de protección y maniobra, por lo menos a 0,30 m. del suelo, dotada de una puerta o trampilla con grado de protección IP 44 según UNE 20.324 (EN 60529) e IK10 según UNE-EN 50.102, que sólo se pueda abrir mediante el empleo de útiles especiales. En su interior se ubicará una tabla de conexiones de material aislante, provista de alojamiento para los fusibles y de fichas para la conexión de los cables.

La sujeción a la cimentación se hará mediante placa de base a la que se unirán los pernos anclados en la cimentación, mediante arandela, tuerca y contratuerca.

1.5.7.10. Canalizaciones

1.5.7.10.1. Redes subterráneas

Se emplearán sistemas y materiales análogos a los de las redes subterráneas de distribución reguladas en la ITC-BT-07. Los cables se dispondrán en canalización enterrada bajo tubo, a una profundidad mínima de 0,4 m del nivel del suelo, medidos desde la cota inferior del tubo, y su diámetro no será inferior a 60 mm.

No se instalará más de un circuito por tubo. Los tubos deberán tener un diámetro tal que permita un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. El diámetro exterior mínimo de los tubos en función del número y sección de los conductores se obtendrá de la tabla 9, ITC-BT-21.

Los tubos protectores serán conformes a lo establecido en la norma UNE-EN 50.086 2-4. Las características mínimas serán las indicadas a continuación.

- Resistencia a la compresión: 250 N para tubos embebidos en hormigón; 450 N para tubos en suelo ligero; 750 N para tubos en suelo pesado.
- Resistencia al impacto: Grado Ligero para tubos embebidos en hormigón; Grado Normal para tubos en suelo ligero o suelo pesado.
- Resistencia a la penetración de objetos sólidos: Protegido contra objetos $D > 1$ mm.

- Resistencia a la penetración del agua: Protegido contra el agua en forma de lluvia.
- Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos: Protección interior y exterior media.

Se colocará una cinta de señalización que advierta de la existencia de cables de alumbrado exterior, situada a una distancia mínima del nivel del suelo de 0,10 m y a 0,25 m por encima del tubo.

En los cruzamientos de calzadas, la canalización, además de entubada, irá hormigonada y se instalará como mínimo un tubo de reserva.

A fin de hacer completamente registrable la instalación, cada uno de los soportes llevará adosada una arqueta de fábrica de ladrillo cerámico macizo (cítara) enfoscada interiormente, con tapa de fundición de 37x37 cm.; estas arquetas se ubicarán también en cada uno de los cruces, derivaciones o cambios de dirección.

La cimentación de las columnas se realizará con dados de hormigón en masa de resistencia característica $R_k = 175 \text{ Kg/cm}^2$, con pernos embebidos para anclaje y con comunicación a columna por medio de codo.

1.5.7.10.2. Redes aéreas

No procede en este proyecto.

1.5.7.11. Conductores

Los conductores a emplear en la instalación serán de Cu, multiconductores o unipolares, tensión asignada 0,6/1 kV, enterrados bajo tubo o instalados al aire.

La sección mínima a emplear en redes subterráneas, incluido el neutro, será de 6 mm². En distribuciones trifásicas tetrapolares, para conductores de fase de sección superior a 6 mm², la sección del neutro será conforme a lo indicado en la tabla 1 de la ITC-BT-07. Los empalmes y derivaciones deberán realizarse en cajas de bornes adecuadas, situadas dentro de los soportes de las luminarias, y a una altura mínima de 0,3 m sobre el nivel del suelo o en una arqueta registrable, que garanticen, en ambos casos, la continuidad, el aislamiento y la estanqueidad del conductor.

La sección mínima a emplear en redes aéreas, para todos los conductores incluido el neutro, será de 4 mm². En distribuciones trifásicas tetrapolares con conductores de fase de sección superior a 10 mm², la sección del neutro será como mínimo la mitad de la sección de fase.

La instalación de los conductores de alimentación a las lámparas se realizará en Cu, bipolares, tensión asignada 0,6/1 kV, de 2x2,5 mm² de sección, protegidos por c/c fusibles calibrados de 6 A. El circuito encargado de la alimentación al equipo reductor de flujo, compuesto por Balasto especial, Condensador, Arrancador electrónico y Unidad de conmutación, se realizará con conductores de Cu, bipolares, tensión asignada 0,6/1 kV, de 2,5 mm² de sección mínima.

Las líneas de alimentación a puntos de luz con lámparas o tubos de descarga estarán

previstas para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados, a las corrientes armónicas, de arranque y desequilibrio de fases. Como consecuencia, la potencia aparente mínima en VA, se considerará 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas o tubos de descarga.

La máxima caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier otro punto será menor o igual que el 3 %.

1.5.7.12. Sistemas de protección

En primer lugar, la red de alumbrado público estará protegida contra los efectos de las sobreintensidades (sobrecargas y cortocircuitos) que puedan presentarse en la misma (ITC-BT-09, apdo. 4), por lo tanto, se utilizarán los siguientes sistemas de protección:

- Protección a sobrecargas: Se utilizará un interruptor automático ubicado en el cuadro de mando, desde donde parte la red eléctrica (según figura en anexo de cálculo). La reducción de sección para los circuitos de alimentación a luminarias (2,5 mm²) se protegerá con los fusibles de 6 A existentes en cada columna.

- Protección a cortocircuitos: Se utilizará un interruptor automático ubicado en el cuadro de mando, desde donde parte la red eléctrica (según figura en anexo de cálculo). La reducción de sección para los circuitos de alimentación a luminarias (2,5 mm²) se protegerá con los fusibles de 6 A existentes en cada columna.

En segundo lugar, para la protección contra contactos directos e indirectos (ITC-BT-09, apdos. 9 y 10) se han tomado las medidas siguientes:

- Instalación de luminarias Clase I o Clase II. Cuando las luminarias sean de Clase I, deberán estar conectadas al punto de puesta a tierra, mediante cable unipolar aislado de tensión asignada 450/750 V con recubrimiento de color verde-amarillo y sección mínima 2,5 mm² en cobre.

- Ubicación del circuito eléctrico enterrado bajo tubo en una zanja practicada al efecto, con el fin de resultar imposible un contacto fortuito con las manos por parte de las personas que habitualmente circulan por el acerado.

- Aislamiento de todos los conductores, con el fin de recubrir las partes activas de la instalación.

- Alojamiento de los sistemas de protección y control de la red eléctrica, así como todas las conexiones pertinentes, en cajas o cuadros eléctricos aislantes, los cuales necesitarán de útiles especiales para proceder a su apertura (cuadro de protección, medida y control, registro de columnas, y luminarias que estén instaladas a una altura inferior a 3 m sobre el suelo o en un espacio accesible al público).

- Las partes metálicas accesibles de los soportes de luminarias y del cuadro de protección, medida y control estarán conectadas a tierra, así como las partes metálicas de los kioscos, marquesinas, cabinas telefónicas, paneles de anuncios y demás elementos de mobiliario urbano, que estén a una distancia inferior a 2 m de las partes metálicas de la instalación de alumbrado exterior y que sean susceptibles de ser tocadas simultáneamente.

- Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto. La intensidad de defecto, umbral de desconexión de los interruptores diferenciales, será como máximo de 300 mA y la resistencia de puesta a tierra, medida en la puesta en servicio de la instalación, será como máximo de 30 Ohm. También se admitirán interruptores diferenciales de intensidad máxima de 500 mA o 1 A, siempre que la resistencia de puesta a tierra medida en la puesta en servicio de la instalación sea inferior o igual a 5 Ohm y a 1 Ohm, respectivamente. En cualquier caso, la máxima resistencia de puesta a tierra será tal que, a lo largo de la vida de la instalación y en cualquier época del año, no se puedan producir tensiones de contacto mayores de 24 V en las partes metálicas accesibles de la instalación (soportes, cuadros metálicos, etc).

La puesta a tierra de los soportes se realizará por conexión a una red de tierra común para todas las líneas que partan del mismo cuadro de protección, medida y control. En las redes de tierra, se instalará como mínimo un electrodo de puesta a tierra cada 5 soportes de luminarias, y siempre en el primero y en el último soporte de cada línea. Los conductores de la red de tierra que unen los electrodos deberán ser:

- Desnudos, de cobre, de 35 mm² de sección mínima, si forman parte de la propia red de tierra, en cuyo caso irán por fuera de las canalizaciones de los cables de alimentación.

- Aislados, mediante cables de tensión asignada 450/750 V, con recubrimiento de color verde-amarillo, con conductores de cobre, de sección mínima 16 mm² para redes subterráneas, y de igual sección que los conductores de fase para las redes posadas, en cuyo caso irán por el interior de las canalizaciones de los cables de alimentación.

El conductor de protección que une cada soporte con el electrodo o con la red de tierra, será de cable unipolar aislado, de tensión asignada 450/750 V, con recubrimiento de color verde-amarillo, y sección mínima de 16 mm² de cobre.

Todas las conexiones de los circuitos de tierra se realizarán mediante terminales, grapas, soldadura o elementos apropiados que garanticen un buen contacto permanente y protegido contra la corrosión.

En tercer lugar, cuando la instalación se alimente por, o incluya, una línea aérea con conductores desnudos o aislados, será necesaria una protección contra sobretensiones de origen atmosférico (ITC-BT-09, apdo. 4) en el origen de la instalación (situación controlada).

Los dispositivos de protección contra sobretensiones de origen atmosférico deben seleccionarse de forma que su nivel de protección sea inferior a la tensión soportada a impulso de la categoría de los equipos y materiales que se prevé que se vayan a instalar.

Los descargadores se conectarán entre cada uno de los conductores, incluyendo el neutro, y la tierra de la instalación.

Los equipos y materiales deben escogerse de manera que su tensión soportada a impulsos no sea inferior a la tensión soportada prescrita en la tabla siguiente, según su categoría.

Tabla 1.23: Sistemas de protección del alumbrado público

| Tensión nominal de la instalación (V) | | Tensión soportada a impulsos 1,2/50 (kV) | | | |
|---------------------------------------|-------------|--|----------|---------|--------|
| Sistemas III | Sistemas II | Cat. IV | Cat. III | Cat. II | Cat. I |
| 230/400 | 230 | 6 | 4 | 2,5 | 1,5 |

Categoría I: Equipos muy sensibles a sobretensiones destinados a conectarse a una instalación fija (equipos electrónicos, etc).

Categoría II: Equipos destinados a conectarse a una instalación fija (electrodomésticos y equipos similares).

Categoría III: Equipos y materiales que forman parte de la instalación eléctrica fija (armarios, embarrados, protecciones, canalizaciones, etc).

Categoría IV: Equipos y materiales que se conectan en el origen o muy próximos al origen de la instalación, aguas arriba del cuadro de distribución (contadores, aparatos de telemedida, etc).

Los equipos y materiales que tengan una tensión soportada a impulsos inferior a la indicada en la tabla anterior, se pueden utilizar, no obstante:

- en situación natural (bajo riesgo de sobretensiones, debido a que la instalación está alimentada por una red subterránea en su totalidad), cuando el riesgo sea aceptable.
- en situación controlada, si la protección a sobretensiones es adecuada.

1.5.7.13. Composición del cuadro de protección, medida y control

La envolvente del cuadro proporcionará un grado de protección mínima IP55, según UNE 20.324 e IK10 según UNE-EN 50.102, y dispondrá de un sistema de cierre que permita el acceso exclusivo al mismo, del personal autorizado, con su puerta de acceso situada a una altura comprendida entre 2 m y 0,3 m.

El cuadro estará compuesto por los siguientes elementos.

- 1 Ud. armario de poliéster prensado, protección IP-669, de 1250x750x300 mm., con departamento separado para equipo de medida.
- 4 Ud. base fusible.
- 1 Ud. contactor.
- 1 Ud. interruptor diferencial IV-
- 1 Ud. célula fotoeléctrica.
- 1 Ud. interruptor horario.
- 1 Ud. interruptor magnetotérmico IV.
- C/c fusibles para protección de circuitos a células y contactores de 6 A.

1.5.8. Planos

En el documento correspondiente de este proyecto, se adjuntan cuantos planos se han estimado necesarios con los detalles suficientes de las instalaciones que se han proyectado, con claridad y objetividad.

1.5.9. Conclusión

Expuesto el objeto y la utilidad del presente proyecto, esperamos que el mismo merezca la aprobación de la Administración y el Ayuntamiento, dándonos las autorizaciones pertinentes para su tramitación y puesta en servicio.

2. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

2.1. Determinación del punto de mínima tensión de los anillos

La distribución que sigue nuestra red es una distribución en anillo, en las cuales habrá que determinar el punto de mínima tensión para desdoblarse dicho anillo en dos ramas.

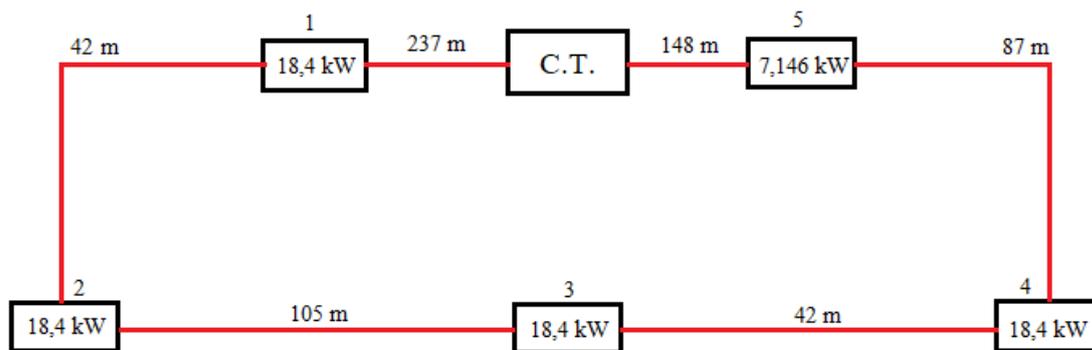
2.1.1. Anillo 1 - Pistas deportivas, local social y viviendas

Este anillo se compone de:

- 8 viviendas de electrificación elevada: $8 \times 9,2 = 73,6 \text{ kW}$
- Local social y pistas deportivas: $7,146 \text{ kW}$

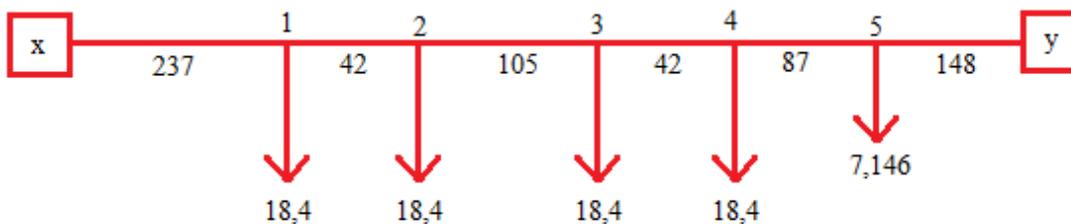
Todo esto da una potencia total de $80,746 \text{ kW}$ con una longitud total del anillo de 661 m .

Figura 2.1: Distribución del anillo 1



Punto de mínima tensión del anillo 1

Figura 2.2: Desglose del anillo 1



$$P_y = \frac{18,4(237 + 279 + 384 + 426) + 7,146 \times 513}{661} = 42,4573 \text{ kW}$$

$$P_x = 80,7460 - 42,4573 = 38,2887 \text{ kW}$$

Para localizar el punto de mínima tensión del anillo, usaremos:

$$P' = P_x - P_i, \text{ siendo } i \text{ el número del nodo de la red}$$

Por tanto:

$$P' = 38,2887 - P_1 = 38,2887 - 18,4 = 19,8887 \text{ kW}$$

$$P' = 19,8887 - P_2 = 19,8887 - 18,4 = 1,4887 \text{ kW}$$

$$P' = 1,4887 - P_3 = 1,4887 - 18,4 = -16,91 \text{ kW}$$

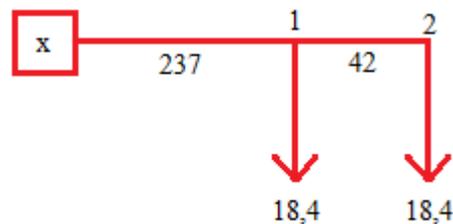
Por tanto, el punto de mínima tensión se encuentra en el nodo 3.

Línea x del anillo 1

Longitud de la línea x = 279 m

Número de viviendas = 4

Figura 2.3: Línea x del anillo 1



$$P_x = P \times c. s. = 9,2 \times 3,8 = 34,96 \text{ kW}$$

$$I_x = \frac{P_x}{\sqrt{3} \times U \times \cos \varphi} = \frac{34,96 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0,9} = 56,07 \text{ A}$$

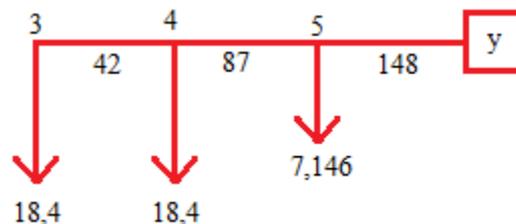
Línea y del anillo 1

Longitud de la línea x = 277 m

Número de viviendas unifamiliares = 4

Potencia pistas deportivas y local social = 7,146 kW

Figura 2.4: Línea y del anillo 1



$$P_y = P \times c. s. = 9,2 \times 8,5 + 7,146 = 42,106 \text{ kW}$$

$$I_y = \frac{P_y}{\sqrt{3} \times U \times \cos \varphi} = \frac{42,106 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0,9} = 67,52 \text{ A}$$

La corriente máxima se encuentra en la línea y con un valor de 67,52 A.

Mirando en la MT 2.51.01 podemos elegir la sección del conductor a través de la siguiente tabla:

Tabla 2.1: Intensidades admisibles según la fase

| Sección de fase en mm ² | Directamente soterrados | En tubular soterrada | Al aire protegido del sol |
|------------------------------------|-------------------------|----------------------|---------------------------|
| 50 | 135 | 115 | 125 |
| 95 | 200 | 175 | 200 |
| 150 | 260 | 230 | 290 |
| 240 | 340 | 305 | 390 |

MT 2.51.01

Como nuestra instalación se ha definido como tubular soterrada, con el valor máximo de intensidad tenemos una sección de 4x50 mm², con una corriente máxima de 115 A que es mayor que la que circula por el conductor, por lo que, de momento, es válido.

A continuación, debemos elegir el calibre del fusible gG que se debe colocar para protegerlo a cortocircuitos. La longitud de la línea y es de 277 metros (279 para la línea x), por lo que, con este valor y la sección mencionada anteriormente, se procede a la elección del fusible.

Tabla 2.2: Longitud máxima del cable protegida contra cortocircuitos y sobrecargas para tubulares soterradas

| I _{cc} I máxima | 580 | 715 | 950 | 1250 | 1650 | 2200 |
|------------------------------|-----|-----|-----|------|------|------|
| Fusibles "gG" Calibre In (A) | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 |
| 4 x 50 Al | 192 | 156 | 117 | 89 | 67 | 51 |
| 3 x 95 + 1 x 50 Al | 255 | 207 | 156 | 118 | 90 | 67 |
| 3 x 150 + 1 x 95 Al | 458 | 371 | 280 | 212 | 161 | 121 |
| 3 x 240 + 1 x 150 Al | 702 | 570 | 429 | 326 | 247 | 185 |

MT 2.51.01

Observando la tabla, no tenemos ningún valor de fusible válido para las longitudes de nuestra línea, pero además, si aumentamos la sección a 3x95/50 mm² nos damos cuenta de que tenemos el mismo problema por lo que se va a realizar una comprobación previa eligiendo un fusible de calibre 100.

Si realizamos el criterio de la sobrecarga tenemos que:

$$I_2 < 1,45 \times I'_z$$

$$I_2 = 1,6 \times 100 = 160 A$$

$$I_2 = 160 < 1,45 \times I'_z = 1,45 \times 115 = 166,75 A$$

Como se puede observar, cumple el criterio de la sobrecarga, por lo que ahora vamos a comprobar el cortocircuito. Para ello, lo primero que debemos de hacer es coger los valores de la tabla para un conductor de 50 mm² siendo l=0,277 m:

Tabla 2.3: Valores de resistencia y reactancia de los conductores

| Sección de fase en mm ² | R - 20° en Ω/km | X en Ω/km |
|------------------------------------|-----------------|-----------|
| 50 | 0,641 | 0,080 |
| 95 | 0,320 | 0,076 |
| 150 | 0,206 | 0,075 |
| 240 | 0,125 | 0,070 |

$$z_{50} = (0,641 + j0,080) \Omega/km$$

$$Z_{50} = z_{50} \times l = (0,1776 + j0,0222) \Omega$$

$$I_k = \frac{230}{Z_{50}} = \frac{230}{|0,1776 + j0,0222|} = \frac{230}{0,1789} = 1285,38 A$$

Por ser el cociente:

$$\frac{I_k}{I_n} = \frac{1285,38}{100} \approx 12 > 10$$

El elemento de protección entenderá correctamente el cortocircuito, y saltará de manera inmediata, es decir, actúa de forma adecuada.

Con esto, se puede concluir que es válido coger un fusible de calibre 100 A para el anillo 1, siendo su sección de 4x50 mm².

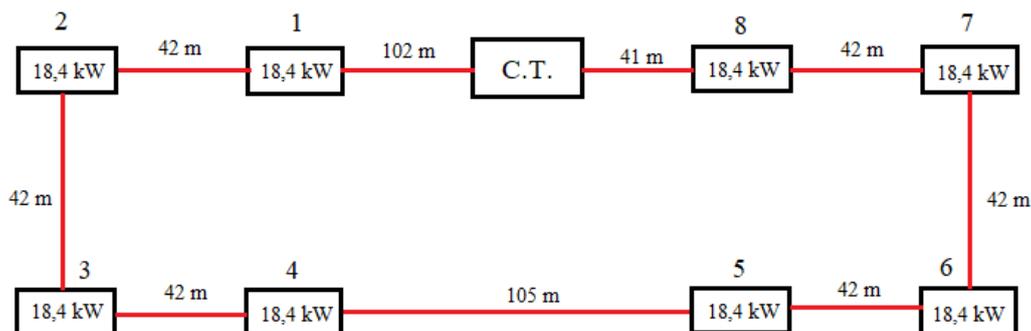
2.1.2. Anillo 2 – Viviendas 1

Este anillo se compone de:

- 16 viviendas de electrificación elevada: 16 x 9,2 = 147,2 kW

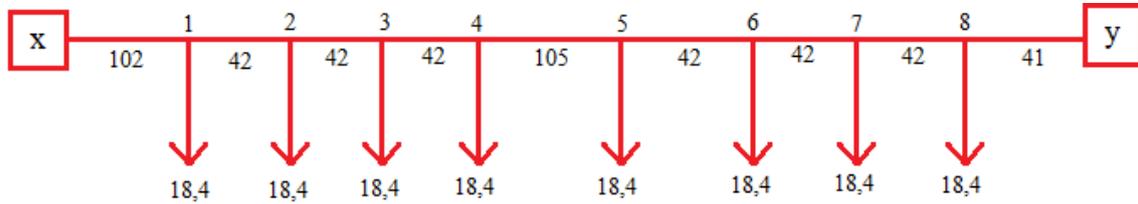
Todo esto da una potencia total de 147,2 kW con una longitud total del anillo de 500 m.

Figura 2.5: Distribución del anillo 2



Punto de mínima tensión del anillo 2

Figura 2.6: Desglose del anillo 2



$$P_y = \frac{18,4(102 + 144 + 186 + 228 + 333 + 375 + 417 + 459)}{500} = 85,5792 \text{ kW}$$

$$P_x = 147,2 - 85,5792 = 64,6208 \text{ kW}$$

Para localizar el punto de mínima tensión del anillo, usaremos:

$$P' = P_x - P_i, \text{ siendo } i \text{ el número del nodo de la red}$$

Por tanto:

$$P' = 64,6208 - P_1 = 64,6208 - 18,4 = 46,2208 \text{ kW}$$

$$P' = 46,2208 - P_2 = 46,2208 - 18,4 = 27,8208 \text{ kW}$$

$$P' = 27,8208 - P_3 = 27,8208 - 18,4 = 9,4208 \text{ kW}$$

$$P' = 9,4208 - P_4 = 9,4208 - 18,4 = -8,9792 \text{ kW}$$

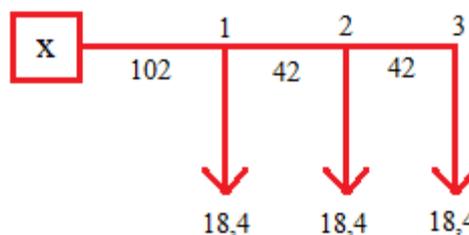
Por tanto, el punto de mínima tensión se encuentra en el nodo 4.

Línea x del anillo 2

Longitud de la línea x = 186 m

Número de viviendas unifamiliares = 6

Figura 2.7: Línea x del anillo 2



$$P_x = P \times c. s. = 9,2 \times 5,4 = 49,68 \text{ kW}$$

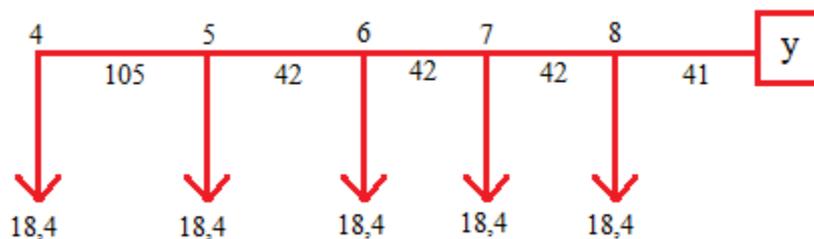
$$I_x = \frac{P_x}{\sqrt{3} \times U \times \cos \varphi} = \frac{49,68 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0,9} = 79,67 \text{ A}$$

Línea y del anillo 2

Longitud de la línea y = 272 m

Número de viviendas unifamiliares = 10

Figura 2.8: Línea y del anillo 2



$$P_y = P \times c. s. = 9,2 \times 5,4 = 49,68 \text{ kW}$$

$$I_y = \frac{P_y}{\sqrt{3} \times U \times \cos \varphi} = \frac{78,20 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0,9} = 125,41 \text{ A}$$

La corriente más elevada se da en la línea y con un valor de 125,41 A y mirando en la **tabla 2.1** obtenemos una sección de 3x95/50 mm², con una corriente máxima de 175 A que es mayor que la que circula por el conductor, por lo que, de momento, es válido.

A continuación, debemos elegir el calibre del fusible “gG” que se debe colocar para protegerlo a cortocircuitos. La longitud máxima también se encuentra en la línea y con un valor de 272 metros, por lo que, con este valor y la sección mencionada anteriormente, se procede a la elección del fusible.

Mirando en la tabla 2.2, para un cable de 3x95/50 mm² la longitud máxima es 255 metros, por lo que debemos aumentar la sección del cable para proteger adecuadamente nuestra instalación, resultando una sección de 3x150/95 mm² (con una intensidad de 230 A) y con un calibre de fusible igual a 125 A.

Hay que mencionar la elección de un calibre de 125 frente al de 160 puesto que la longitud máxima que admite el cable es muy próxima a la de nuestra línea.

Criterio de protección frente a sobrecargas

$$I_2 = 1,6 \times I_n = 1,6 \times 125 = 200 \text{ A}$$

Por tanto, tenemos que:

$$I_2 = 200 < 1,45 \times I'_z = 1,45 \times 230 = 333,5 \text{ A}$$

Por tanto, podemos concluir que el fusible de calibre 125 para el conductor de 3x150/95 mm² es válido.

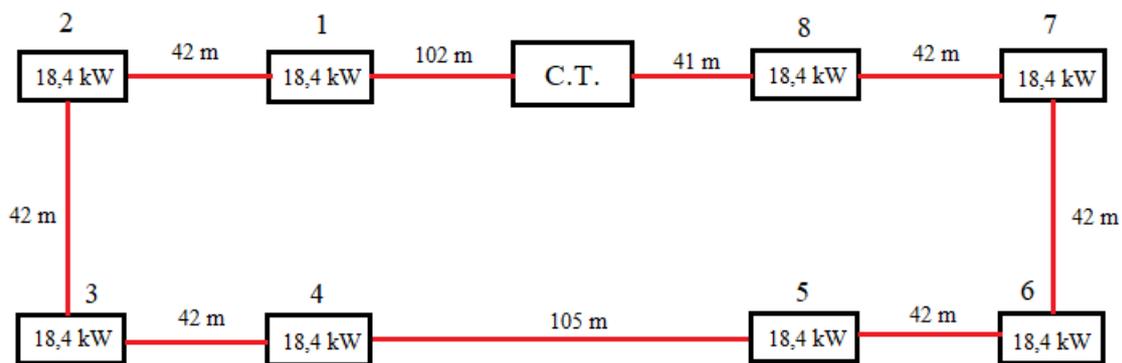
2.1.3. Anillo 3 – Viviendas 2

Este anillo se compone de:

- 16 viviendas de electrificación elevada: 16 x 9,2 = 147,2 kW

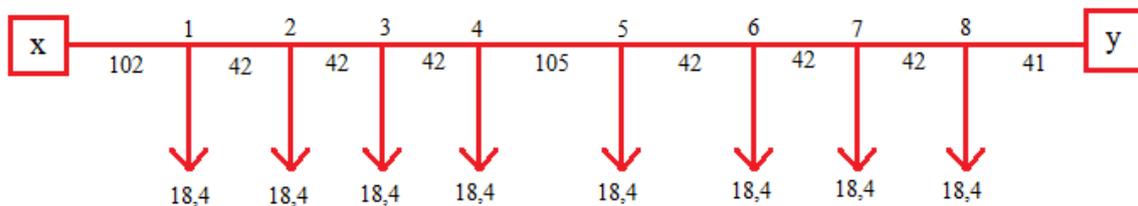
Todo esto da una potencia total de 147,2 kW con una longitud total del anillo de 500 m.

Figura 2.9: Distribución del anillo 3



Punto de mínima tensión del anillo 3

Figura 2.10: Desglose del anillo 3



$$P_y = \frac{18,4(102 + 144 + 186 + 228 + 333 + 375 + 417 + 459)}{500} = 85,5792 \text{ kW}$$

$$P_x = 147,2 - 85,5792 = 64,6208 \text{ kW}$$

Para localizar el punto de mínima tensión del anillo, usaremos:

$$P' = P_x - P_i, \text{ siendo } i \text{ el número del nodo de la red}$$

Por tanto:

$$P' = 64,6208 - P_1 = 64,6208 - 18,4 = 46,2208 \text{ kW}$$

$$P' = 46,2208 - P_2 = 46,2208 - 18,4 = 27,8208 \text{ kW}$$

$$P' = 27,8208 - P_3 = 27,8208 - 18,4 = 9,4208 \text{ kW}$$

$$P' = 9,4208 - P_4 = 9,4208 - 18,4 = -8,9792 \text{ kW}$$

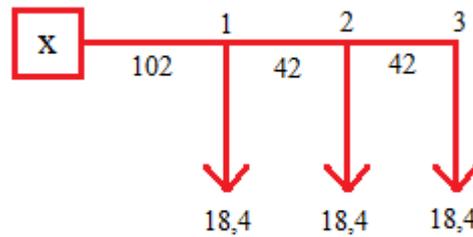
Por tanto, el punto de mínima tensión se encuentra en el nodo 4.

Línea x del anillo 3

Longitud de la línea x = 186 m

Número de viviendas unifamiliares = 6

Figura 2.11: Línea x del anillo 3



$$P_x = P \times c. s. = 9,2 \times 5,4 = 49,68 \text{ kW}$$

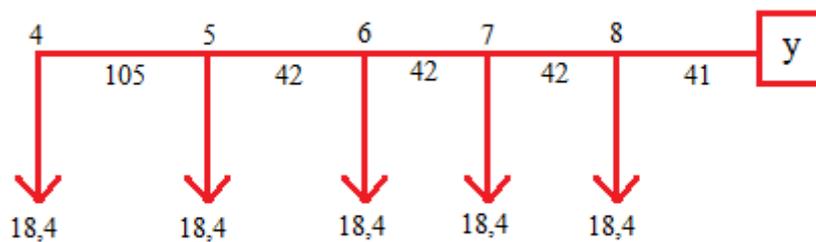
$$I_x = \frac{P_x}{\sqrt{3} \times U \times \cos \varphi} = \frac{49,68 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0,9} = 79,67 \text{ A}$$

Línea y del anillo 3

Longitud de la línea y = 272 m

Número de viviendas unifamiliares = 10

Figura 2.12: Línea y del anillo 3



$$P_y = P \times c. s. = 9,2 \times 8,5 = 78,2 \text{ kW}$$

$$I_y = \frac{P_y}{\sqrt{3} \times U \times \cos \varphi} = \frac{78,20 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0,9} = 125,41 \text{ A}$$

La corriente más elevada se da en la línea y con un valor de 125,41 A y mirando en la **tabla 2.1** obtenemos una sección de $3 \times 95/50 \text{ mm}^2$, con una corriente máxima de 175 A que es mayor que la que circula por el conductor, por lo que, de momento, es válido.

A continuación, debemos elegir el calibre del fusible “gG” que se debe colocar para protegerlo a cortocircuitos. La longitud máxima también se encuentra en la línea y con un valor de 272 metros, por lo que, con este valor y la sección mencionada anteriormente, se procede a la elección del fusible.

Mirando en la **tabla 2.2**, para un cable de 3x95/50 mm² la longitud máxima es 255 metros, por lo que debemos aumentar la sección del cable para proteger adecuadamente nuestra instalación, resultando una sección de 3x150/95 mm² (con una intensidad de 230 A) y con un calibre de fusible igual a 125 A.

Hay que mencionar la elección de un calibre de 125 frente al de 160 puesto que la longitud máxima que admite el cable es muy próxima a la de nuestra línea.

Criterio de protección frente a sobrecargas

$$I_2 = 1,6 \times I_n = 1,6 \times 125 = 200 \text{ A}$$

Por tanto, tenemos que:

$$I_2 = 200 < 1,45 \times I'_2 = 1,45 \times 230 = 333,5 \text{ A}$$

Por tanto, podemos concluir que el fusible de calibre 125 para el conductor de 3x150/95 mm² es válido.

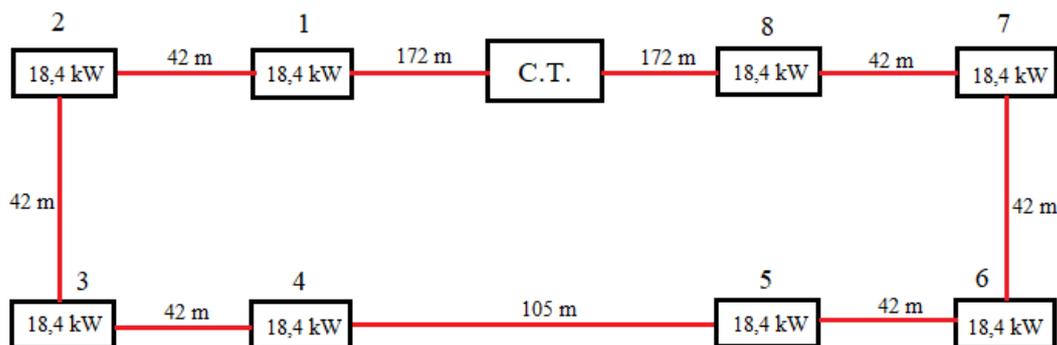
2.1.4. Anillo 4 – Viviendas 3

Este anillo se compone de:

- 16 viviendas de electrificación elevada: 16 x 9,2 = 147,2 kW

Todo esto da una potencia total de 147,2 kW con una longitud total del anillo de 701 m.

Figura 2.13: Distribución del anillo 4



Punto de mínima tensión del anillo 4

Figura 2.14: Desglose del anillo 4



$$P_y = \frac{18,4(172 + 214 + 256 + 298 + 403 + 445 + 487 + 529)}{701} = 73,6 \text{ kW}$$

$$P_x = 147,2 - 73,6 = 73,6 \text{ kW}$$

Para localizar el punto de mínima tensión del anillo, usaremos:

$$P' = P_x - P_i, \text{ siendo } i \text{ el número del nodo de la red}$$

Por tanto:

$$P' = 73,6 - P_1 = 73,6 - 18,4 = 55,2 \text{ kW}$$

$$P' = 55,2 - P_2 = 55,2 - 18,4 = 36,8 \text{ kW}$$

$$P' = 36,8 - P_3 = 36,8 - 18,4 = 18,4 \text{ kW}$$

$$P' = 18,4 - P_4 = 18,4 - 18,4 = 0 \text{ kW}$$

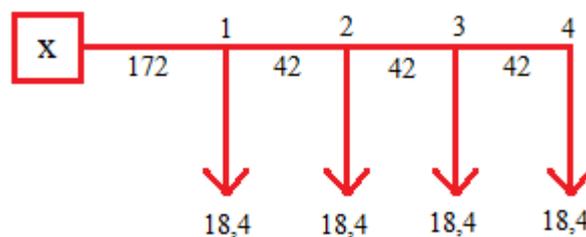
Por tanto, el punto de mínima tensión se encuentra en el nodo 4 inclusive.

Línea x del anillo 4

Longitud de la línea x = 298 m

Número de viviendas unifamiliares = 8

Figura 2.15: Línea x del anillo 2



$$P_x = P \times c. s. = 9,2 \times 7 = 64,4 \text{ kW}$$

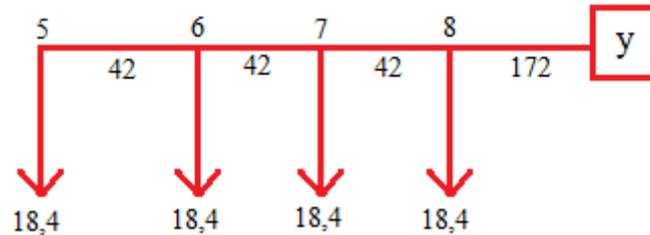
$$I_x = \frac{P_x}{\sqrt{3} \times U \times \cos \varphi} = \frac{64,4 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0,9} = 103,28 \text{ A}$$

Línea y del anillo 4

Longitud de la línea y = 298 m

Número de viviendas unifamiliares = 8

Figura 2.16: Línea y del anillo 2



$$P_y = P \times c. s. = 9,2 \times 7 = 64,4 \text{ kW}$$

$$I_y = \frac{P_y}{\sqrt{3} \times U \times \cos \varphi} = \frac{64,4 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0,9} = 103,28 \text{ A}$$

Ambas corrientes son iguales, con un valor de 103,28 amperios. Ahora, procedemos a sacar la sección inicial. Observando la **tabla 2.1** podemos decir como primera aproximación que es válido uno de 4x50 mm², con una corriente máxima de 115 A que es mayor que la que circularía por cada una de las líneas.

Si ahora nos fijamos en la **tabla 2.2** para elegir el fusible, nos damos cuenta de que para el cable de 4x50 mm² la longitud máxima admisible es menor que la que tenemos, por lo que procedemos a aumentar la sección.

Para el cable de 3x150/95 mm² ocurre lo mismo, no hay calibre de fusible que nos sea válida para el caso a estudio, por lo que nuevamente, aumentamos la sección.

En este caso, para un cable de 3x150/95 mm², ya tenemos solución. Como la longitud de ambas líneas es de 298 metros, elegimos un calibre de fusible de 125 A que da una longitud máxima de 371 metros.

Criterio de protección frente a sobrecargas

$$I_2 = 1,6 \times I_n = 1,6 \times 125 = 200 \text{ A}$$

Por tanto, tenemos que:

$$I_2 = 200 < 1,45 \times I'_z = 1,45 \times 230 = 333,5$$

Por tanto, podemos concluir que el fusible de calibre 125 para el conductor de 3x150/95 mm² es válido.

2.2. Cálculos del centro de transformación

2.2.1. Intensidad en alta tensión

En un transformador trifásico la intensidad del circuito primario I_p viene dada por la expresión:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_p}$$

S = Potencia del transformador en kVA.

U_p = Tensión compuesta primaria en kV.

I_p = Intensidad primaria en A.

Sustituyendo valores:

Tabla 2.4: Resultados lado de alta centro de transformación

| Transformador | Potencia (kVA) | Up (kV) | Ip (A) |
|---------------|----------------|---------|--------|
| Trafo 1 | 400 | 20 | 11,55 |
| Trafo 2 | 400 | 20 | 11,55 |

2.2.2. Intensidad en baja tensión

En un transformador trifásico la intensidad del circuito secundario I_s viene dada por la expresión:

$$I_s = (S \cdot 1000) / (1,732 \cdot U_s) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.

U_s = Tensión compuesta secundaria en V.

I_s = Intensidad secundaria en A.

Sustituyendo valores:

Tabla 2.5: Resultados lado de baja centro de transformación

| Transformador | Potencia (kVA) | Up (kV) | Ip (A) |
|---------------|----------------|---------|--------|
| Trafo 1 | 400 | 400 | 577,37 |
| Trafo 2 | 400 | 400 | 577,37 |

2.2.3. Cortocircuitos

2.2.3.1. Observaciones

Para el cálculo de la intensidad primaria de cortocircuito se tendrá en cuenta una potencia de cortocircuito de 500 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la

Compañía suministradora.

2.2.3.2. Cálculo de corrientes de cortocircuito

Para el cálculo de las corrientes de cortocircuito utilizaremos las siguientes expresiones:

- Intensidad primaria para cortocircuito en el lado de Alta Tensión:

$$I_{ccp} = S_{cc} / (1,732 \cdot U_p) ; \text{ siendo:}$$

S_{cc} = Potencia de cortocircuito de la red en MVA.

U_p = Tensión compuesta primaria en kV.

I_{ccp} = Intensidad de cortocircuito primaria en kA.

- Intensidad secundaria para cortocircuito en el lado de Baja Tensión (despreciando la impedancia de la red de Alta Tensión):

$$I_{ccs} = (100 \cdot S) / (1,732 \cdot U_{cc} (\%) \cdot U_s) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.

$U_{cc} (\%)$ = Tensión de cortocircuito en % del transformador.

U_s = Tensión compuesta en carga en el secundario en V.

I_{ccs} = Intensidad de cortocircuito secundaria en kA.

2.2.3.3. Cortocircuito en el lado de Alta Tensión

Utilizando las expresiones del apartado 2.2.3.2.

Tabla 2.6: Resultados cortocircuito lado de alta centro de transformación

| S_{cc} (MVA) | U_p (kV) | I_{ccp} (kA) |
|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| 500 | 20 | 14,43 |

2.2.3.4. Cortocircuito en el lado de Baja Tensión

Utilizando las expresiones del apartado 2.2.3.2.

Tabla 2.7: Resultados cortocircuito lado de baja centro de transformación

| Transformador | Potencia (kVA) | U_s (V) | U_{cc} (%) | I_{ccs} (kA) |
|----------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Trafo 1 | 400 | 400 | 4 | 14,43 |
| Trafo 2 | 400 | 400 | 4 | 14,43 |

2.2.4. Dimensionado del embarrado

Las características del embarrado son:
Intensidad asignada : 400 A.
Límite térmico, 1 s. : 16 kA eficaces.
Límite electrodinámico : 40 kA cresta.

Por lo tanto, dicho embarrado debe soportar la intensidad nominal sin superar la temperatura de régimen permanente (comprobación por densidad de corriente), así como los esfuerzos electrodinámicos y térmicos que se produzcan durante un cortocircuito.

2.2.4.1. Comprobación por densidad de corriente

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor que constituye el embarrado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin sobrepasar la densidad de corriente máxima en régimen permanente. Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa vigente, se garantiza lo indicado para la intensidad asignada de 400 A.

2.2.4.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica

La resistencia mecánica de los conductores deberá verificar, en caso de cortocircuito que:

$$s_{\text{máx}}^3 (I_{\text{ccp}}^2 \cdot L^2) / (60 \cdot d \cdot W), \text{ siendo:}$$

$s_{\text{máx}}$ = Valor de la carga de rotura de tracción del material de los conductores. Para cobre semiduro 2800 kg/cm².

I_{ccp} = Intensidad permanente de cortocircuito trifásico, en kA.

L = Separación longitudinal entre apoyos, en cm.

d = Separación entre fases, en cm.

W = Módulo resistente de los conductores, en cm³.

Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa vigente se garantiza el cumplimiento de la expresión anterior.

2.2.4.3. Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito

La sobreintensidad máxima admisible en cortocircuito para el embarrado se determina:

$$I_{\text{th}} = a \cdot S \cdot \sqrt[3]{(DT / t)}, \text{ siendo:}$$

I_{th} = Intensidad eficaz, en A.

$a = 13$ para el Cu.

S = Sección del embarrado, en mm².

DT = Elevación o incremento máximo de temperatura, 150°C para Cu.

t = Tiempo de duración del cortocircuito, en s.

Puesto que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa vigente, se garantiza que:

$$I_{\text{th}}^3 \text{ 16 kA durante 1 s.}$$

2.2.5. Selección de las protecciones de alta y baja tensión

Los transformadores están protegidos tanto en AT como en BT. En Alta tensión la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, y en baja tensión la protección se incorpora en los cuadros de BT.

Protección Trafo 1

La protección del transformador en AT de este CT se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles combinados, siendo éstos los que efectúan la protección ante cortocircuitos. Estos fusibles son limitadores de corriente, produciéndose su fusión antes de que la corriente de cortocircuito haya alcanzado su valor máximo.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío.
- Soportar la intensidad nominal en servicio continuo.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia:

Tabla 2.8: Fusible transformador 1

| Potencia (kVA) | In fusibles (A) |
|----------------|-----------------|
| 400 | 40 |

Para la protección contra sobrecargas y homopolar se instalará un relé electrónico con captadores de intensidad por fase y rodeando las tres fases, cuya señal alimentará a un disparador electromecánico liberando el dispositivo de retención del interruptor.

Asimismo, dispondrá de termómetro para la protección propia del transformador por elevación de temperatura.

Protección Trafo 2

La protección del transformador en AT de este CT se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles combinados, siendo éstos los que efectúan la protección ante cortocircuitos. Estos fusibles son limitadores de corriente, produciéndose su fusión antes de que la corriente de cortocircuito haya alcanzado su valor máximo.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío.
- Soportar la intensidad nominal en servicio continuo.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia:

Tabla 2.9: Fusible transformador 2

| Potencia (kVA) | In fusibles (A) |
|----------------|-----------------|
| 400 | 40 |

Para la protección contra sobrecargas y homopolar se instalará un relé electrónico con captadores de intensidad por fase y rodeando las tres fases, cuya señal alimentará a un disparador electromecánico liberando el dispositivo de retención del interruptor.

Asimismo, dispondrá de termómetro para la protección propia del transformador por elevación de temperatura.

Protección en Baja Tensión

En el circuito de baja tensión de cada transformador según RU6302 se instalará un Cuadro de Distribución de 4 salidas con posibilidad de extensionamiento. Se instalarán fusibles en todas las salidas, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad exigida a esa salida, y un poder de corte mayor o igual a la corriente de cortocircuito en el lado de baja tensión, calculada en el apartado 3.4.

La descarga del trafo al cuadro de Baja Tensión se realizará con conductores XLPE 0,6/1kV 240 mm² Al unipolares instalados al aire cuya intensidad admisible a 40°C de temperatura ambiente es de 390 A.

Para el trafo 1, cuya potencia es de 400 kVA y cuya intensidad en Baja Tensión se ha calculado en el apartado 2, se emplearán 2 conductores por fase y 1 para el neutro.

Para el trafo 2, cuya potencia es de 400 kVA y cuya intensidad en Baja Tensión se ha calculado en el apartado 2, se emplearán 2 conductores por fase y 1 para el neutro.

2.2.6. Dimensionado de la ventilación del centro de transformación

Para el cálculo de la superficie mínima de las rejillas de entrada de aire en el edificio del centro de transformación, se utiliza la siguiente expresión:

$$S_r = (W_{cu} + W_{fe}) / (0,24 \cdot k \cdot \sqrt{h \cdot DT^3}), \text{ siendo:}$$

W_{cu} = Pérdidas en el cobre del transformador, en kW.

W_{fe} = Pérdidas en el hierro del transformador, en kW.

k = Coeficiente en función de la forma de las rejillas de entrada de aire, 0,5.

h = Distancia vertical entre centros de las rejillas de entrada y salida, en m.

DT = Diferencia de temperatura entre el aire de salida y el de entrada, 15°C.

S_r = Superficie mínima de la rejilla de entrada de ventilación del transformador, en m².

No obstante, puesto que se utilizan edificios prefabricados de Orma-mn éstos han sufrido ensayos de homologación en cuanto al dimensionado de la ventilación del centro de transformación.

2.2.7. Dimensionado del pozo apagafuegos

El pozo de recogida de aceite será capaz de alojar la totalidad del volumen que contiene el transformador, y así es dimensionado por el fabricante al tratarse de un edificio

prefabricado.

2.2.8. Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra

2.2.8.1. Investigación de las características del suelo

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determina una resistividad media superficial de 300 Wxm.

2.2.8.2. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto

En instalaciones de Alta Tensión de tercera categoría los parámetros de la red que intervienen en los cálculos de faltas a tierras son:

Tipo de neutro

El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, o a través de impedancia (resistencia o reactancia), lo cual producirá una limitación de las corrientes de falta a tierra.

Tipo de protecciones en el origen de la línea

Cuando se produce un defecto, éste es eliminado mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un relé de intensidad, el cual puede actuar en un tiempo fijo (relé a tiempo independiente), o según una curva de tipo inverso (relé a tiempo dependiente).

Asimismo pueden existir reenganches posteriores al primer disparo que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a 0,5 s.

Según los datos de la red proporcionados por la compañía suministradora, se tiene:

- Intensidad máxima de defecto a tierra, $I_{d\text{máx}}$ (A): 300.
- Duración de la falta.

Desconexión inicial:

Tiempo máximo de eliminación del defecto (s): 0.7.

2.2.8.3. Diseño de la instalación de tierra

Para los cálculos a realizar se emplearán los procedimientos del “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría”, editado por UNESA.

Tierra de protección

Se conectarán a este sistema las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente, pero pueden estarlo por defectos de aislamiento, averías o causas fortuitas, tales como chasis y bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes metálicas de las cabinas prefabricadas y carcasas de los transformadores.

Tierra de servicio

Se conectarán a este sistema el neutro del transformador y la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Para la puesta a tierra de servicio se utilizarán picas en hilera de diámetro 14 mm. y longitud 2 m., unidas mediante conductor desnudo de Cu de 50 mm² de sección. El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 37 W.

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo se realizará con cable de Cu de 50 mm², aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

2.2.8.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra

Las características de la red de alimentación son:

- Tensión de servicio, $U = 20000 \text{ V}$.
- Puesta a tierra del neutro:
 - Rígidamente unida a tierra.
- Nivel de aislamiento de las instalaciones de Baja Tensión, $U_{bt} = 10000 \text{ V}$.
- Características del terreno:
 - r terreno (Wxm): 300.
 - r_H hormigón (Wxm): 3000.

Tierra de protección

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas (R_t), la intensidad y tensión de defecto (I_d , U_E), se utilizarán las siguientes fórmulas:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra, R_t :

$$R_t = K_r \cdot r \text{ (W)}$$

- Intensidad de defecto, I_d :

$$I_d = I_{d\text{máx}} \text{ (A)}$$

- Aumento del potencial de tierra, U_E :

$$U_E = R_t \cdot I_d \text{ (V)}$$

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 70-25/5/82.
- Geometría: Anillo.
- Dimensiones (m): 7x2.5.
- Profundidad del electrodo (m): 0.5.
- Número de picas: 8.

- Longitud de las picas (m): 2.

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia, $K_r (W/Wxm) = 0.076$.
- De la tensión de paso, $K_p (V/((Wxm)A)) = 0.0162$.
- De la tensión de contacto exterior, $K_c (V/((Wxm)A)) = 0.0335$.

Sustituyendo valores en las expresiones anteriores, se tiene:

$$R_t = K_r \cdot r = 0.076 \cdot 300 = 22.8 \text{ W.}$$

$$I_d = I_{d\text{máx}} = 300 \text{ A.}$$

$$U_E = R_t \cdot I_d = 22.8 \cdot 300 = 6840 \text{ V.}$$

Tierra de servicio

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 5/42.
- Geometría: Picas en hilera.
- Profundidad del electrodo (m): 0.5.
- Número de picas: 4.
- Longitud de las picas (m): 2.
- Separación entre picas (m): 3.

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia, $K_r (W/Wxm) = 0.104$.

Sustituyendo valores:

$$R_{t\text{NEUTRO}} = K_r \cdot r = 0.104 \cdot 300 = 31.2 \text{ W.}$$

2.2.8.5. Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación

Con el fin de evitar la aparición de tensiones de contacto elevadas en el exterior de la instalación, las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico alguno con masas conductoras que, a causa de defectos o averías, sean susceptibles de quedar sometidas a tensión.

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que estas serán prácticamente nulas. Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá dada por las características del electrodo y la resistividad del terreno según la expresión:

$$U'_p = K_p \cdot r \cdot I_d = 0.0162 \cdot 300 \cdot 300 = 1458 \text{ V.}$$

2.2.8.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación

En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo electrosoldado, con rondos de diámetro no inferior a 4 mm. formando una retícula no superior a 0,30x0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos opuestos de la puesta a tierra de protección del Centro.

Dicho mallazo estará cubierto por una capa de hormigón de 10 cm. como mínimo.

Con esta medida se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, estará sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo de la tensión de contacto y de paso interior.

De esta forma no será necesario el cálculo de las tensiones de contacto y de paso en el interior, ya que su valor será prácticamente cero.

Asimismo, la existencia de una superficie equipotencial conectada al electrodo de tierra, hace que la tensión de paso en el acceso sea equivalente al valor de la tensión de contacto exterior.

$$U_p(\text{acc}) = K_c \cdot r \cdot I_d = 0.0335 \cdot 300 \cdot 300 = 3015 \text{ V.}$$

2.2.8.7. Cálculo de las tensiones aplicadas

Para la obtención de los valores máximos admisibles de la tensión de paso exterior y en el acceso, se utilizan las siguientes expresiones:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 6 \cdot r_s \cdot C_s) / 1000) \text{ V.}$$

$$U_{p(\text{acc})} = 10 \cdot U_{ca} \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot U_{ca} + 3 \cdot r_s \cdot C_s + 3 \cdot r_H}{1000}\right)$$

$$U_p(\text{acc}) = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 3 \cdot r_s \cdot C_s + 3 \cdot r_H) / 1000) \text{ V.}$$

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot [(1 - r / r_s) / (2 \cdot h_s + 0,106)].$$

$$t = t' + t'' \text{ s.}$$

Siendo:

U_p = Tensión de paso admisible en el exterior, en voltios.

$U_p(\text{acc})$ = Tensión en el acceso admisible, en voltios.

U_{ca} = Tensión de contacto aplicada admisible según ITC-RAT 13, en voltios.

R_{ac} = Resistencias adicionales, como calzado, aislamiento de la torre, etc, en W.

C_s = Coeficiente reductor de la resistencia superficial del suelo.

h_s = Espesor de la capa superficial del terreno, en m.

r = Resistividad natural del terreno, en Wxm.

r_s = Resistividad superficial del suelo, en Wxm.

r_H = Resistividad del hormigón, 3000 Wxm.

t = Tiempo de duración de la falta, en segundos.

t' = Tiempo de desconexión inicial, en segundos.

t'' = Tiempo de la segunda desconexión, en segundos.

Según el punto 8.2. el tiempo de duración de la falta es:

$$t' = 0.7 \text{ s.}$$

$$t = t' = 0.7 \text{ s.}$$

Sustituyendo valores:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 6 \cdot r_s \cdot C_s) / 1000) = 10 \cdot 165.2 \cdot (1 + (2 \cdot 2000 + 6 \cdot 150 \cdot 1.35) / 1000) = 10261.83 \text{ V.}$$

$$U_p(\text{acc}) = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 3 \cdot r_s \cdot C_s + 3 \cdot r_H) / 1000) = 10 \cdot 165.2 \cdot (1 + (2 \cdot 2000 + 3 \cdot 150 \cdot 1.35 + 3 \cdot 3000) / 1000) = 24128.92 \text{ V.}$$

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot [(1 - r / r_s) / (2 \cdot h_s + 0,106)] = 1 - 0,106 \cdot [(1 - 300 / 150) / (2 \cdot 0.1 + 0,106)] = 1.35$$

Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tensión de paso en el exterior y de paso en el acceso

Tabla 2.10: Resultados tensión de paso en el exterior y de paso en el acceso

| Concepto | Valor calculado | Condición | Valor admisible |
|--------------------------------|------------------------------------|-----------|--|
| Tensión de paso en el exterior | $U_p = 1458 \text{ V}$ | \leq | $U_p = 10261,83 \text{ V}$ |
| Tensión de paso en el acceso | $U_p(\text{acc}) = 3015 \text{ V}$ | \leq | $U_p(\text{acc}) = 24128,92 \text{ V}$ |

Tensión e intensidad de defecto

Tabla 2.11: Resultados tensión e intensidad de defecto

| Concepto | Valor calculado | Condición | Valor admisible |
|---------------------------------|------------------------|-----------|----------------------------|
| Aumento del potencial de tierra | $U_E = 6840 \text{ V}$ | \leq | $U_{bt} = 10000 \text{ V}$ |
| Intensidad de defecto | $I_d = 300 \text{ A}$ | $>$ | |

2.2.8.8. Investigación de las tensiones transferibles al exterior

Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario un estudio para su reducción o eliminación.

No obstante, para garantizar que el sistema de puesta a tierra de servicio no alcance tensiones elevadas cuando se produce un defecto, existirá una distancia de separación mínima (D_{n-p}), entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio.

$$D_{n-p} = \sqrt[3]{(r \cdot I_d) / (2000 \cdot p)} = \sqrt[3]{(300 \cdot 300) / (2000 \cdot p)} = 14.32 \text{ m.}$$

Siendo:

r = Resistividad del terreno en Wxm .

I_d = Intensidad de defecto en A.

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo de servicio se realizará con cable de Cu de 50 mm^2 , aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

2.2.8.9. Corrección del diseño inicial

No se considera necesario la corrección del sistema proyectado según se pone de manifiesto en las tablas del punto 2.2.8.7.

2.3. Cálculos red de baja tensión

Fórmulas Generales

Emplearemos las siguientes:

Sistema Trifásico

$$I = P_c / 1,732 \times U \times \text{Cos}j = \text{amp (A)}$$

$$e = 1.732 \times I [(L \times \text{Cos}j / k \times S \times n) + (X_u \times L \times \text{Sen}j / 1000 \times n)] = \text{voltios (V)}$$

Sistema Monofásico:

$$I = P_c / U \times \text{Cos}j = \text{amp (A)}$$

$$e = 2 \times I [(L \times \text{Cos}j / k \times S \times n) + (X_u \times L \times \text{Sen}j / 1000 \times n)] = \text{voltios (V)}$$

En donde:

P_c = Potencia de Cálculo en Watios.

L = Longitud de Cálculo en metros.

e = Caída de tensión en Voltios.

K = Conductividad.

I = Intensidad en Amperios.

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

S = Sección del conductor en mm^2 .

$\text{Cos}j$ = Coseno de ϕ . Factor de potencia.

n = N° de conductores por fase.

X_u = Reactancia por unidad de longitud en mW/m .

Fórmula Conductividad Eléctrica

$$K = 1/r$$

$$r = r_{20}[1+a(T-20)]$$

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

Siendo,

K = Conductividad del conductor a la temperatura T.

r = Resistividad del conductor a la temperatura T.

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

$$Cu = 0.018$$

$$Al = 0.029$$

a = Coeficiente de temperatura:

$$Cu = 0.00392$$

$$Al = 0.00403$$

T = Temperatura del conductor (°C).

T_0 = Temperatura ambiente (°C):

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

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

T_{\max} = Temperatura máxima admisible del conductor (°C):

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

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

I = Intensidad prevista por el conductor (A).

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

Fórmulas Sobrecargas

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 I_z$$

Donde:

I_b : intensidad utilizada en el circuito.

I_z : intensidad admisible de la canalización según la norma UNE 20-460/5-523.

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

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

- a la intensidad de funcionamiento en el tiempo convencional, para los interruptores automáticos (1,45 In como máximo).
- a la intensidad de fusión en el tiempo convencional, para los fusibles (1,6 In).

2.3.1. Cálculos red de baja tensión

Red Baja Tensión 1

Las características generales de la red son:

Tensión(V): Trifásica 400, Monofásica 230

C.d.t. máx.(%): 5,5

Cos j : 0,9

Coef. Simultaneidad: 1

Temperatura cálculo conductividad eléctrica (°C):

- XLPE, EPR: 20

- PVC: 20

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Tabla 2.12: Resultados de las líneas de la red de baja 1

| Linea | Nudo Orig. | Nudo Dest. | Long. (m) | Metal/ Xu(mW/m) | Canal./Aislam/Polar. | I.Cálculo (A) | In/Ireg (A) | In/Sens. Dif(A/mA) | Sección (mm ²) | I. Admisi. (A)/Fc | D.tubo (mm) |
|-------|------------|------------|-----------|-----------------|------------------------------------|---------------|-------------|--------------------|----------------------------|-------------------|-------------|
| 2 | 2 | 3 | 61 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 102,52 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |
| 3 | 3 | 4 | 23 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 102,52 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |
| 4 | 4 | 5 | 42 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 73,01 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |
| 5 | 5 | 6 | 42 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 43,5 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |
| 6 | 6 | 7 | 42 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 13,99 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |
| 7 | 7 | 8 | 22 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | -15,52 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |
| 8 | 8 | 9 | 61 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | -15,52 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |
| 9 | 9 | 10 | 22 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | -15,52 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |
| 10 | 10 | 11 | 42 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | -45,03 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |
| 11 | 11 | 12 | 42 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | -74,54 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |
| 12 | 12 | 13 | 42 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | -104,05 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |
| 13 | 13 | 2 | 23 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | -133,56 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |
| 15 | 14 | 15 | 81 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 129,5 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |
| 16 | 15 | 16 | 9 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 129,5 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |
| 17 | 16 | 17 | 20 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 69,72 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |
| 18 | 17 | 18 | 20 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 69,72 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |
| 19 | 18 | 19 | 87 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 58,25 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |

| | | | | | | | | | | | |
|----|----|----|-----|----|------------------------------------|---------|--|--|----------|---------|-----|
| 20 | 19 | 20 | 42 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 28,74 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |
| 21 | 20 | 21 | 22 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | -0,76 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |
| 22 | 21 | 22 | 61 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | -0,76 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |
| 23 | 22 | 23 | 22 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | -0,76 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |
| 24 | 23 | 24 | 42 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | -30,27 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |
| 25 | 24 | 25 | 108 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | -59,78 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |
| 26 | 25 | 16 | 21 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | -59,78 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |
| 26 | 2 | 1 | 18 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | -236,08 | | | 3x150/95 | 264/0,8 | 180 |
| 26 | 14 | 26 | 9 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | -129,5 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |
| 27 | 26 | 1 | 9 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | -129,5 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |

Tabla 2.13: Resultados de los nudos de la red de baja 1

| Nudo | C.d.t.(V) | Tensión Nudo(V) | C.d.t.(%) | Carga Nudo |
|------|-----------|-----------------|-----------|---------------------|
| 1 | 0 | 400 | 0 | 365,579(227,946 kW) |
| 2 | -1,262 | 398,738 | 0,315 | 0 A(0 kW) |
| 3 | -6,832 | 393,168 | 1,708 | 0 A(0 kW) |
| 4 | -8,933 | 391,067 | 2,233 | -29,51 A(-18,4 kW) |
| 5 | -11,664 | 388,336 | 2,916 | -29,51 A(-18,4 kW) |
| 6 | -13,292 | 386,708 | 3,323 | -29,51 A(-18,4 kW) |
| 7 | -13,815 | 386,185 | 3,454 | -29,51 A(-18,4 kW) |
| 8 | -13,511 | 386,489 | 3,378 | 0 A(0 kW) |
| 9 | -12,668 | 387,332 | 3,167 | 0 A(0 kW) |
| 10 | -12,364 | 387,636 | 3,091 | -29,51 A(-18,4 kW) |
| 11 | -10,679 | 389,321 | 2,67 | -29,51 A(-18,4 kW) |
| 12 | -7,89 | 392,11 | 1,973 | -29,51 A(-18,4 kW) |
| 13 | -3,998 | 396,002 | 0,999 | -29,51 A(-18,4 kW) |
| 14 | -2,076 | 397,924 | 0,519 | 0 A(0 kW) |
| 15 | -11,42 | 388,58 | 2,855 | 0 A(0 kW) |
| 16 | -12,458 | 387,542 | 3,114 | 0 A(0 kW) |
| 17 | -13,7 | 386,3 | 3,425 | 0 A(0 kW) |
| 18 | -14,942 | 385,058 | 3,735 | -11,46 A(-7,15 kW) |
| 19 | -19,456 | 380,544 | 4,864 | -29,51 A(-18,4 kW) |
| 20 | -20,532 | 379,468 | 5,133* | -29,51 A(-18,4 kW) |
| 21 | -20,517 | 379,483 | 5,129 | 0 A(0 kW) |
| 22 | -20,475 | 379,525 | 5,119 | 0 A(0 kW) |
| 23 | -20,46 | 379,54 | 5,115 | -29,51 A(-18,4 kW) |
| 24 | -19,328 | 380,672 | 4,832 | -29,51 A(-18,4 kW) |
| 25 | -13,576 | 386,424 | 3,394 | 0 A(0 kW) |
| 26 | -1,038 | 398,962 | 0,26 | 0 A(0 kW) |

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

Red Baja Tensión 2

Las características generales de la red son:

Tensión(V): Trifásica 400, Monofásica 230

C.d.t. máx.(%): 5,5

Cos φ : 0,9

Coef. Simultaneidad: 1

Temperatura cálculo conductividad eléctrica (°C):

- XLPE, EPR: 20

- PVC: 20

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Tabla 2.14: Resultados de las líneas de la red de baja 2

| Línea | Nudo Orig. | Nudo Dest. | Long. (m) | Metal/ Xu(mΩ/m) | Canal./Aislam/Polar. | I.Cálculo (A) | In/Ireg (A) | In/Sens. Dif(A/mA) | Sección (mm ²) | I. Admisi. (A)/Fc | D.tubo (mm) |
|-------|------------|------------|-----------|-----------------|------------------------------------|---------------|-------------|--------------------|----------------------------|-------------------|-------------|
| 1 | 1 | 2 | 9 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 236,08 | | | 3x150/95 | 264/0,8 | 180 |
| 3 | 3 | 4 | 9 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 236,08 | | | 3x150/95 | 264/0,8 | 180 |
| 4 | 4 | 5 | 30 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 118,04 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |
| 5 | 5 | 6 | 24 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 118,04 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |
| 6 | 6 | 7 | 42 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 88,53 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |
| 7 | 7 | 8 | 42 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 59,02 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |
| 8 | 8 | 9 | 42 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 29,51 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |
| 9 | 9 | 10 | 22 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 0 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |
| 10 | 10 | 11 | 61 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 0 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |
| 11 | 11 | 12 | 22 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 0 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |
| 12 | 12 | 13 | 42 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | -29,51 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |
| 15 | 15 | 16 | 42 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | -88,53 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |
| 16 | 16 | 17 | 24 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | -118,04 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |
| 17 | 17 | 4 | 30 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | -118,04 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |
| 17 | 3 | 18 | 91 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | -236,08 | | | 3x150/95 | 264/0,8 | 180 |
| 18 | 18 | 2 | 9 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | -236,08 | | | 3x150/95 | 264/0,8 | 180 |
| 19 | 1 | 19 | 18 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 236,08 | | | 3x150/95 | 264/0,8 | 180 |

| | | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|---------------------------------------|---------|--|--|------|---------|-----|
| 20 | 19 | 20 | 61 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 102,52 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |
| 21 | 20 | 21 | 23 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 102,52 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |
| 22 | 21 | 22 | 42 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 73,01 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |
| 23 | 22 | 23 | 42 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 43,5 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |
| 24 | 23 | 24 | 42 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 13,99 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |
| 25 | 24 | 25 | 22 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | -15,52 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |
| 26 | 25 | 26 | 61 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | -15,52 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |
| 27 | 26 | 27 | 22 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | -15,52 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |
| 28 | 27 | 28 | 42 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | -45,03 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |
| 29 | 28 | 29 | 42 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | -74,54 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |
| 30 | 29 | 30 | 42 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | -104,05 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |
| 31 | 30 | 19 | 23 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | -133,56 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |
| 30 | 13 | 15 | 42 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | -59,02 | | | 4x50 | 144/0,8 | 140 |

Tabla 2.15: Resultados de los nudos de la red de baja 2

| Nudo | C.d.t.(V) | Tensión Nudo(V) | C.d.t.(%) | Carga Nudo |
|------|-----------|--------------------|-----------|--------------------|
| 1 | 0 | 400 | 0 | 472,158(294,4 kW) |
| 2 | -0,631 | 399,369 | 0,158 | 0 A(0 kW) |
| 3 | -7,64 | 392,36 | 1,91 | 0 A(0 kW) |
| 4 | -8,271 | 391,729 | 2,068 | 0 A(0 kW) |
| 5 | -11,426 | 388,574 | 2,856 | 0 A(0 kW) |
| 6 | -13,949 | 386,051 | 3,487 | -29,51 A(-18,4 kW) |
| 7 | -17,261 | 382,739 | 4,315 | -29,51 A(-18,4 kW) |
| 8 | -19,469 | 380,531 | 4,867 | -29,51 A(-18,4 kW) |
| 9 | -20,573 | 379,427 | 5,143* | -29,51 A(-18,4 kW) |
| 10 | -20,573 | 379,427 | 5,143 | 0 A(0 kW) |
| 11 | -20,573 | 379,427 | 5,143 | 0 A(0 kW) |
| 12 | -20,573 | 379,427 | 5,143 | -29,51 A(-18,4 kW) |
| 13 | -19,469 | 380,531 | 4,867 | -29,51 A(-18,4 kW) |
| 15 | -17,261 | 382,739 | 4,315 | -29,51 A(-18,4 kW) |
| 16 | -13,949 | 386,051 | 3,487 | -29,51 A(-18,4 kW) |
| 17 | -11,426 | 388,574 | 2,856 | 0 A(0 kW) |
| 18 | -1,262 | 398,738 | 0,315 | 0 A(0 kW) |
| 19 | -1,262 | 398,738 | 0,315 | 0 A(0 kW) |
| 20 | -6,832 | 393,168 | 1,708 | 0 A(0 kW) |

| | | | | |
|----|---------|---------|-------|--------------------|
| 21 | -8,933 | 391,067 | 2,233 | -29,51 A(-18,4 kW) |
| 22 | -11,664 | 388,336 | 2,916 | -29,51 A(-18,4 kW) |
| 23 | -13,292 | 386,708 | 3,323 | -29,51 A(-18,4 kW) |
| 24 | -13,815 | 386,185 | 3,454 | -29,51 A(-18,4 kW) |
| 25 | -13,511 | 386,489 | 3,378 | 0 A(0 kW) |
| 26 | -12,668 | 387,332 | 3,167 | 0 A(0 kW) |
| 27 | -12,364 | 387,636 | 3,091 | -29,51 A(-18,4 kW) |
| 28 | -10,679 | 389,321 | 2,67 | -29,51 A(-18,4 kW) |
| 29 | -7,89 | 392,11 | 1,973 | -29,51 A(-18,4 kW) |
| 30 | -3,998 | 396,002 | 0,999 | -29,51 A(-18,4 kW) |

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

2.3.2. Cálculos red de baja tensión en situación de cortocircuito

Fórmulas Cortocircuito

$$* I_{k3} = ct U / \sqrt{3} (Z_Q + Z_T + Z_L)$$

$$* I_{k2} = ct U / 2 (Z_Q + Z_T + Z_L)$$

$$* I_{k1} = ct U / \sqrt{3} (Z_Q + Z_T + Z_L + (Z_N \text{ ó } Z_{PE}))$$

¡ATENCIÓN!: La suma de las impedancias es vectorial, son números complejos y se suman partes reales por un lado (R) e imaginarias por otro (X).

* La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:

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

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

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

Siendo:

I_{k3}: Intensidad permanente de c.c. trifásico (simétrico).

Ik2: Intensidad permanente de c.c. bifásico (F-F).

Ik1: Intensidad permanente de c.c. Fase-Neutro o Fase PE (conductor de protección).

ct: Coeficiente de tensión.(Condiciones generales de cc según Ikmax o Ikmin), UNE_EN 60909.

U: Tensión F-F.

ZQ: Impedancia de la red de Alta Tensión que alimenta nuestra instalación. Scc (MVA) Potencia cc AT.

$$ZQ = ct U^2 / Scc$$

UNE_EN 60909

$$XQ = 0.995 ZQ$$

$$RQ = 0.1 XQ$$

ZT: Impedancia de cc del Transformador. Sn (KVA) Potencia nominal Trafo, ucc% e urcc% Tensiones cc Trafo.

$$ZT = (ucc\%/100) (U^2 / Sn) \quad RT = (urcc\%/100) (U^2 / Sn) \quad XT = (ZT^2 - RT^2)^{1/2}$$

ZL,ZN,ZPE: Impedancias de los conductores de fase, neutro y protección eléctrica respectivamente.

$$R = r L / S \cdot n$$

$$X = Xu \cdot L / n$$

R: Resistencia de la línea.

X: Reactancia de la línea.

L: Longitud de la línea en m.

r: Resistividad conductor, (Ikmax se evalúa a 20°C, Ikmin a la temperatura final de cc según condiciones generales de cc).

S: Sección de la línea en mm². (Fase, Neutro o PE)

Xu: Reactancia de la línea, en mohm por metro.

n: n° de conductores por fase.

* Curvas válidas.(Interruptores automáticos dotados de Relé electromagnético).

CURVA B IMAG = 5 In

CURVA C IMAG = 10 In

CURVA D IMAG = 20 In

Red Baja Tensión 1

Las características generales de la red son:

Tensión(V): Trifásica 400, Monofásica 230.9

C.d.t. máx.(%): 5,5

Cos j : 0,9

Coef. Simultaneidad: 1

Temperatura cálculo conductividad eléctrica (°C):

- XLPE, EPR: 20

- PVC: 20

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Tabla 2.16: Resultados de las líneas de la red de baja 1 en situación de cortocircuito

| Linea | Nudo Orig. | Nudo Dest. | Long. (m) | Metal/ Xu(mΩ/m) | Canal./Design./Polar. | I.Cálculo (A) | In/Ireg (A) | In/Sens. Dif(A/mA) | Sección (mm2) | I. Admisi. (A)/Fc | D.tubo (mm) |
|-------|------------|------------|-----------|-----------------|--------------------------------|---------------|-------------|--------------------|---------------|-------------------|-------------|
| 2 | 2 | 3 | 61 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | 88,53 | | | 4x50 | 115/1 | 140 |
| 3 | 3 | 4 | 23 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | 88,53 | | | 4x50 | 115/1 | 140 |
| 4 | 4 | 5 | 42 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | 59,02 | | | 4x50 | 115/1 | 140 |
| 5 | 5 | 6 | 42 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | 29,51 | | | 4x50 | 115/1 | 140 |
| 7 | 7 | 8 | 22 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | -29,51 | | | 4x50 | 115/1 | 140 |
| 8 | 8 | 9 | 61 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | -29,51 | | | 4x50 | 115/1 | 140 |
| 9 | 9 | 10 | 22 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | -29,51 | | | 4x50 | 115/1 | 140 |
| 10 | 10 | 11 | 42 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | -59,02 | | | 4x50 | 115/1 | 140 |
| 11 | 11 | 12 | 42 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | -88,53 | | | 4x50 | 115/1 | 140 |
| 12 | 12 | 13 | 42 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | -118,04 | | | 3x95/50 | 175/1 | 140 |
| 13 | 13 | 2 | 23 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | -147,55 | | | 3x95/50 | 175/1 | 140 |
| 15 | 14 | 15 | 81 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | 129,5 | | | 3x95/50 | 175/1 | 140 |
| 16 | 15 | 16 | 9 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | 129,5 | | | 3x95/50 | 175/1 | 140 |
| 17 | 16 | 17 | 20 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | 70,48 | | | 4x50 | 115/1 | 140 |
| 18 | 17 | 18 | 20 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | 70,48 | | | 4x50 | 115/1 | 140 |
| 19 | 18 | 19 | 87 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | 59,02 | | | 4x50 | 115/1 | 140 |
| 20 | 19 | 20 | 42 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | 29,51 | | | 4x50 | 115/1 | 140 |

| | | | | | | | | | | | |
|----|----|----|-----|----|--------------------------------|---------|--|--|-----------|-------|-----|
| 24 | 23 | 24 | 42 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | -29,51 | | | 4x50 | 115/1 | 140 |
| 25 | 24 | 25 | 108 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | -59,02 | | | 4x50 | 115/1 | 140 |
| 26 | 25 | 16 | 21 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | -59,02 | | | 4x50 | 115/1 | 140 |
| 26 | 2 | 1 | 18 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | -236,07 | | | 3x240/150 | 305/1 | 225 |
| 26 | 14 | 26 | 9 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | -129,5 | | | 3x95/50 | 175/1 | 140 |
| 27 | 26 | 1 | 9 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | -129,5 | | | 3x95/50 | 175/1 | 140 |

Tabla 2.17: Resultados de los nudos de la red de baja 1 en situación de cortocircuito

| Nudo | C.d.t.(V) | Tensión Nudo(V) | C.d.t.(%) | Carga Nudo | Ik3Max (kA) | Ik1Max (kA) | Ik1Min (kA) | Ik2Max (kA) | Ik2Min (kA) |
|------|-----------|-----------------|-----------|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | 0 | 400 | 0 | 365,569(227,946 kW) | 23,11053 | | 20,97308 | | |
| 2 | 0,78 | | 0,195 | 0 A(0 kW) | 19,43964 | | 11,9601 | | |
| 3 | 5,539 | | 1,385 | 0 A(0 kW) | 5,74476 | | 1,48703 | | |
| 4 | 7,333 | | 1,833 | -29,51 A(-18,4 kW) | 4,4092 | | 1,10994 | | |
| 5 | 9,517 | | 2,379 | -29,51 A(-18,4 kW) | 3,0836 | | 0,75833 | | |
| 6 | 10,609 | | 2,652 | -29,51 A(-18,4 kW) | 2,3672 | | 0,57582 | | |
| 7 | 12,844 | | 3,211 | -29,51 A(-18,4 kW) | 1,80445 | | 0,40973 | | |
| 8 | 12,272 | | 3,068 | 0 A(0 kW) | 1,98936 | | 0,45012 | | |
| 9 | 10,686 | | 2,671 | 0 A(0 kW) | 2,77566 | | 0,61937 | | |
| 10 | 10,114 | | 2,528 | -29,51 A(-18,4 kW) | 3,23421 | | 0,7165 | | |
| 11 | 7,93 | | 1,982 | -29,51 A(-18,4 kW) | 4,70276 | | 1,02241 | | |
| 12 | 4,653 | | 1,163 | -29,51 A(-18,4 kW) | 8,33686 | | 1,78094 | | |
| 13 | 2,354 | | 0,588 | -29,51 A(-18,4 kW) | 13,81236 | | 4,08017 | | |
| 14 | 1,081 | | 0,27 | 0 A(0 kW) | 17,40363 | | 6,31984 | | |
| 15 | 5,946 | | 1,486 | 0 A(0 kW) | 6,64052 | | 1,29921 | | |
| 16 | 6,486 | | 1,622 | 0 A(0 kW) | 6,18535 | | 1,19314 | | |
| 17 | 7,728 | | 1,932 | 0 A(0 kW) | 4,84545 | | 0,96449 | | |
| 18 | 8,97 | | 2,243 | -11,46 A(-7,15 kW) | 3,96896 | | 0,80928 | | |
| 19 | 13,495 | | 3,374 | -29,51 A(-18,4 kW) | 2,20353 | | 0,47588 | | |
| 20 | 14,587 | | 3,647* | -29,51 A(-18,4 kW) | 1,81142 | | 0,39691 | | |
| 23 | 14,287 | | 3,572 | -29,51 A(-18,4 kW) | 1,79618 | | 0,39379 | | |
| 24 | 13,195 | | 3,299 | -29,51 A(-18,4 kW) | 2,18108 | | 0,47141 | | |
| 25 | 7,578 | | 1,895 | 0 A(0 kW) | 4,7929 | | 0,95533 | | |
| 26 | 0,541 | | 0,135 | 0 A(0 kW) | 20,17757 | | 10,56516 | | |

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

Caída de tensión total en los distintos itinerarios:

1-2-3-4-5-6 = 2.65 %

1-2-13-12-11-10-9-8-7 = 3.21 %

1-26-14-15-16-17-18-19-20 = 3.65 %

1-26-14-15-16-25-24-23 = 3.57 %

Resultados Cortocircuito:

Tabla 2.18: Resultados de cortocircuito de la red de baja 1

| Linea | Nudo Orig. | Nudo Dest. | IkMax (kA) | P de C (kA) | IkMin (kA) | In;Curvas |
|-------|------------|------------|------------|-------------|------------|-----------|
| 2 | 2 | 3 | 19,43964 | 25 | 1,48703 | C, D |
| 3 | 3 | 4 | 5,74476 | 15 | 1,10994 | C, D |
| 4 | 4 | 5 | 4,4092 | 15 | 0,75833 | C, D |
| 5 | 5 | 6 | 3,0836 | 15 | 0,57582 | C, D |
| 7 | 7 | 8 | 1,98936 | 15 | 0,40973 | C, D |
| 8 | 8 | 9 | 2,77566 | 15 | 0,45012 | C, D |
| 9 | 9 | 10 | 3,23421 | 15 | 0,61937 | C, D |
| 10 | 10 | 11 | 4,70276 | 15 | 0,7165 | C, D |
| 11 | 11 | 12 | 8,33686 | 15 | 1,02241 | C, D |
| 12 | 12 | 13 | 13,81236 | 15 | 1,78094 | C, D |
| 13 | 13 | 2 | 19,43964 | 25 | 4,08017 | C, D |
| 15 | 14 | 15 | 17,40363 | 25 | 1,29921 | C, D |
| 16 | 15 | 16 | 6,64052 | 15 | 1,19314 | C, D |
| 17 | 16 | 17 | 6,18535 | 15 | 0,96449 | C, D |
| 18 | 17 | 18 | 4,84545 | 15 | 0,80928 | C, D |
| 19 | 18 | 19 | 3,96896 | 15 | 0,47588 | C, D |
| 20 | 19 | 20 | 2,20353 | 15 | 0,39691 | C, D |
| 24 | 23 | 24 | 2,18108 | 15 | 0,39379 | C, D |
| 25 | 24 | 25 | 4,7929 | 15 | 0,47141 | C, D |
| 26 | 25 | 16 | 6,18535 | 15 | 0,95533 | C, D |
| 26 | 2 | 1 | 23,11054 | 25 | 11,9601 | C, D |
| 26 | 14 | 26 | 20,17757 | 25 | 6,31984 | C, D |
| 27 | 26 | 1 | 23,11054 | 25 | 10,56516 | C, D |

Red Baja Tensión 2

Las características generales de la red son:

Tensión(V): Trifásica 400, Monofásica 230.9

C.d.t. máx.(%): 5,5

Cos φ : 0,9

Coef. Simultaneidad: 1

Temperatura cálculo conductividad eléctrica (°C):

- XLPE, EPR: 20

- PVC: 20

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Tabla 2.19: Resultados de las líneas de la red de baja 2 en situación de cortocircuito

| Linea | Nudo Orig. | Nudo Dest. | Long. (m) | Metal/ Xu(m Ω /m) | Canal./Design./Polar. | I.Cálculo (A) | In/Ireg (A) | In/Sens. Dif(A/mA) | Sección (mm ²) | I. Admisi. (A)/Fc | D.tubo (mm) |
|-------|------------|------------|-----------|-----------------------------|-----------------------------------|---------------|-------------|--------------------|----------------------------|-------------------|-------------|
| 1 | 1 | 2 | 9 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | 236,07 | | | 3x240/150 | 305/1 | 225 |
| 3 | 3 | 4 | 9 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | 236,07 | | | 3x240/150 | 305/1 | 225 |
| 4 | 4 | 5 | 30 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | 118,04 | | | 3x95/50 | 175/1 | 140 |
| 5 | 5 | 6 | 24 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | 118,04 | | | 3x95/50 | 175/1 | 140 |
| 6 | 6 | 7 | 42 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | 88,53 | | | 4x50 | 115/1 | 140 |
| 7 | 7 | 8 | 42 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | 59,02 | | | 4x50 | 115/1 | 140 |
| 8 | 8 | 9 | 42 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | 29,51 | | | 4x50 | 115/1 | 140 |
| 12 | 12 | 13 | 42 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | -29,51 | | | 4x50 | 115/1 | 140 |
| 15 | 15 | 16 | 42 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | -88,53 | | | 4x50 | 115/1 | 140 |
| 16 | 16 | 17 | 24 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | -118,04 | | | 3x95/50 | 175/1 | 140 |
| 17 | 17 | 4 | 30 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | -118,04 | | | 3x95/50 | 175/1 | 140 |
| 17 | 3 | 18 | 91 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | -236,07 | | | 3x240/150 | 305/1 | 225 |
| 18 | 18 | 2 | 9 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | -236,07 | | | 3x240/150 | 305/1 | 225 |
| 19 | 1 | 19 | 18 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | 236,07 | | | 3x240/150 | 305/1 | 225 |
| 20 | 19 | 20 | 61 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | 88,53 | | | 4x50 | 115/1 | 140 |
| 21 | 20 | 21 | 23 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | 88,53 | | | 4x50 | 115/1 | 140 |
| 22 | 21 | 22 | 42 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | 59,02 | | | 4x50 | 115/1 | 140 |
| 23 | 22 | 23 | 42 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | 29,51 | | | 4x50 | 115/1 | 140 |
| 25 | 24 | 25 | 22 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | -29,51 | | | 4x50 | 115/1 | 140 |

| | | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|-----------------------------------|---------|--|--|---------|-------|-----|
| 26 | 25 | 26 | 61 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | -29,51 | | | 4x50 | 115/1 | 140 |
| 27 | 26 | 27 | 22 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | -29,51 | | | 4x50 | 115/1 | 140 |
| 28 | 27 | 28 | 42 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | -59,02 | | | 4x50 | 115/1 | 140 |
| 29 | 28 | 29 | 42 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | -88,53 | | | 4x50 | 115/1 | 140 |
| 30 | 29 | 30 | 42 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | -118,04 | | | 3x95/50 | 175/1 | 140 |
| 31 | 30 | 19 | 23 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | -147,55 | | | 3x95/50 | 175/1 | 140 |
| 30 | 13 | 15 | 42 | Al | Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp. | -59,02 | | | 4x50 | 115/1 | 140 |

Tabla 2.20: Resultados de los nudos de la red de baja 2 en situación de cortocircuito

| Nudo | C.d.t.(V) | Tensión Nudo(V) | C.d.t.(%) | Carga Nudo | Ik3Max (kA) | Ik1Max (kA) | Ik1Min (kA) | Ik2Max (kA) | Ik2Min (kA) |
|------|-----------|-----------------|-----------|--------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | 0 | 400 | 0 | 472,144(294,4 kW) | 23,11053 | | 20,97308 | | |
| 2 | 0,39 | | 0,098 | 0 A(0 kW) | 21,16981 | | 15,80552 | | |
| 3 | 4,724 | | 1,181 | 0 A(0 kW) | 10,01111 | | 3,04452 | | |
| 4 | 5,114 | | 1,278 | 0 A(0 kW) | 9,52893 | | 2,83008 | | |
| 5 | 6,756 | | 1,689 | 0 A(0 kW) | 7,26131 | | 1,73609 | | |
| 6 | 8,07 | | 2,018 | -29,51 A(-18,4 kW) | 6,03903 | | 1,32167 | | |
| 7 | 11,346 | | 2,837 | -29,51 A(-18,4 kW) | 3,89458 | | 0,85353 | | |
| 8 | 13,531 | | 3,383 | -29,51 A(-18,4 kW) | 2,83986 | | 0,6296 | | |
| 9 | 14,623 | | 3,656* | -29,51 A(-18,4 kW) | 2,22708 | | 0,49859 | | |
| 12 | 14,623 | | 3,656 | -29,51 A(-18,4 kW) | 2,22708 | | 0,49859 | | |
| 13 | 13,531 | | 3,383 | -29,51 A(-18,4 kW) | 2,83986 | | 0,6296 | | |
| 15 | 11,346 | | 2,837 | -29,51 A(-18,4 kW) | 3,89458 | | 0,85353 | | |
| 16 | 8,07 | | 2,018 | -29,51 A(-18,4 kW) | 6,03903 | | 1,32167 | | |
| 17 | 6,756 | | 1,689 | 0 A(0 kW) | 7,26131 | | 1,73609 | | |
| 18 | 0,78 | | 0,195 | 0 A(0 kW) | 19,43964 | | 11,9601 | | |
| 19 | 0,78 | | 0,195 | 0 A(0 kW) | 19,43964 | | 11,9601 | | |
| 20 | 5,539 | | 1,385 | 0 A(0 kW) | 5,74476 | | 1,48703 | | |
| 21 | 7,333 | | 1,833 | -29,51 A(-18,4 kW) | 4,4092 | | 1,10994 | | |
| 22 | 9,517 | | 2,379 | -29,51 A(-18,4 kW) | 3,0836 | | 0,75833 | | |
| 23 | 10,609 | | 2,652 | -29,51 A(-18,4 kW) | 2,3672 | | 0,57582 | | |
| 24 | 12,844 | | 3,211 | -29,51 A(-18,4 kW) | 1,80445 | | 0,40973 | | |
| 25 | 12,272 | | 3,068 | 0 A(0 kW) | 1,98936 | | 0,45012 | | |
| 26 | 10,686 | | 2,671 | 0 A(0 kW) | 2,77566 | | 0,61937 | | |
| 27 | 10,114 | | 2,528 | -29,51 A(-18,4 kW) | 3,23421 | | 0,7165 | | |
| 28 | 7,93 | | 1,982 | -29,51 A(-18,4 kW) | 4,70276 | | 1,02241 | | |
| 29 | 4,653 | | 1,163 | -29,51 A(-18,4 kW) | 8,33686 | | 1,78094 | | |
| 30 | 2,354 | | 0,588 | -29,51 A(-18,4 kW) | 13,81236 | | 4,08017 | | |

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

Caída de tensión total en los distintos itinerarios:

1-2-18-3-4-5-6-7-8-9 = 3.66 %

1-2-18-3-4-17-16-15-13-12 = 3.66 %

1-19-20-21-22-23 = 2.65 %

1-19-30-29-28-27-26-25-24 = 3.21 %

Resultados Cortocircuito:

Tabla 2.21: Resultados de cortocircuito de la red de baja 2

| Línea | Nudo Orig. | Nudo Dest. | IkMax (kA) | P de C (kA) | IkMin (kA) | In;Curvas |
|-------|------------|------------|------------|-------------|------------|-----------|
| 1 | 1 | 2 | 23,11054 | 25 | 15,80552 | C, D |
| 3 | 3 | 4 | 10,01111 | 15 | 2,83008 | C, D |
| 4 | 4 | 5 | 9,52893 | 15 | 1,73609 | C, D |
| 5 | 5 | 6 | 7,26131 | 15 | 1,32167 | C, D |
| 6 | 6 | 7 | 6,03903 | 15 | 0,85353 | C, D |
| 7 | 7 | 8 | 3,89458 | 15 | 0,6296 | C, D |
| 8 | 8 | 9 | 2,83986 | 15 | 0,49859 | C, D |
| 12 | 12 | 13 | 2,83986 | 15 | 0,49859 | C, D |
| 15 | 15 | 16 | 6,03903 | 15 | 0,85353 | C, D |
| 16 | 16 | 17 | 7,26131 | 15 | 1,32167 | C, D |
| 17 | 17 | 4 | 9,52893 | 15 | 1,73609 | C, D |
| 17 | 3 | 18 | 19,43964 | 25 | 3,04452 | C, D |
| 18 | 18 | 2 | 21,16981 | 25 | 11,9601 | C, D |
| 19 | 1 | 19 | 23,11054 | 25 | 11,9601 | C, D |
| 20 | 19 | 20 | 19,43964 | 25 | 1,48703 | C, D |
| 21 | 20 | 21 | 5,74476 | 15 | 1,10994 | C, D |
| 22 | 21 | 22 | 4,4092 | 15 | 0,75833 | C, D |
| 23 | 22 | 23 | 3,0836 | 15 | 0,57582 | C, D |
| 25 | 24 | 25 | 1,98936 | 15 | 0,40973 | C, D |
| 26 | 25 | 26 | 2,77566 | 15 | 0,45012 | C, D |
| 27 | 26 | 27 | 3,23421 | 15 | 0,61937 | C, D |
| 28 | 27 | 28 | 4,70276 | 15 | 0,7165 | C, D |
| 29 | 28 | 29 | 8,33686 | 15 | 1,02241 | C, D |
| 30 | 29 | 30 | 13,81236 | 15 | 1,78094 | C, D |
| 31 | 30 | 19 | 19,43964 | 25 | 4,08017 | C, D |
| 30 | 13 | 15 | 3,89458 | 15 | 0,6296 | C, D |

2.4. Cálculos red de alumbrado público

Fórmulas Generales

Emplearemos las siguientes:

Sistema Trifásico

$$I = P_c / 1,732 \times U \times \cos\phi = \text{amp (A)}$$

$$e = 1,732 \times I [(L \times \cos\phi / k \times S \times n) + (X_u \times L \times \text{Sen}\phi / 1000 \times n)] = \text{voltios (V)}$$

Sistema Monofásico:

$$I = P_c / U \times \cos\phi = \text{amp (A)}$$

$$e = 2 \times I [(L \times \cos\phi / k \times S \times n) + (X_u \times L \times \text{Sen}\phi / 1000 \times n)] = \text{voltios (V)}$$

En donde:

P_c = Potencia de Cálculo en Watios.

L = Longitud de Cálculo en metros.

e = Caída de tensión en Voltios.

K = Conductividad.

I = Intensidad en Amperios.

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

S = Sección del conductor en mm^2 .

$\cos\phi$ = Coseno de ϕ . Factor de potencia.

n = N° de conductores por fase.

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

Fórmula Conductividad Eléctrica

$$K = 1/\rho$$

$$\rho = \rho_{20}[1 + \alpha (T - 20)]$$

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

Siendo,

K = Conductividad del conductor a la temperatura T .

ρ = Resistividad del conductor a la temperatura T .

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

$$Cu = 0.018$$

$$Al = 0.029$$

α = Coeficiente de temperatura:

$$Cu = 0.00392$$

$$Al = 0.00403$$

T = Temperatura del conductor (°C).

T₀ = Temperatura ambiente (°C):

Cables enterrados = 25°C

Cables al aire = 40°C

T_{max} = Temperatura máxima admisible del conductor (°C):

XLPE, EPR = 90°C

PVC = 70°C

I = Intensidad prevista por el conductor (A).

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

Fórmulas Sobrecargas

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 I_z$$

Donde:

I_b: intensidad utilizada en el circuito.

I_z: intensidad admisible de la canalización según la norma UNE 20-460/5-523.

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

I₂: intensidad que asegura efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección. En la práctica I₂ se toma igual:

- a la intensidad de funcionamiento en el tiempo convencional, para los interruptores automáticos (1,45 I_n como máximo).

- a la intensidad de fusión en el tiempo convencional, para los fusibles (1,6 I_n).

Red Alumbrado Público 1

Las características generales de la red son:

Tensión(V): Trifásica 400, Monofásica 230

C.d.t. máx.(%): 3

Cos φ : 0,9

Temperatura cálculo conductividad eléctrica (°C):

- XLPE, EPR: 20

- PVC: 20

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Tabla 2.22: Resultados líneas de la red de alumbrado público

| Linea | Nudo Orig. | Nudo Dest. | Long. (m) | Metal/ Xu(mΩ/m) | Canal./Aislam/Polar. | I.Cálculo (A) | In/Ireg (A) | In/Sens. Dif(A/mA) | Sección (mm ²) | I. Admisi. (A)/Fc | D.tubo (mm) |
|-------|------------|------------|-----------|-----------------|------------------------------------|---------------|-------------|--------------------|----------------------------|-------------------|-------------|
| 1 | 1 | 2 | 8 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 2,22 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 4 | 4 | 5 | 44 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,61 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 5 | 5 | 6 | 31 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,58 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 6 | 6 | 7 | 13 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,58 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 7 | 7 | 8 | 44 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,55 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 8 | 8 | 9 | 44 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,52 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 9 | 9 | 10 | 44 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,49 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 10 | 10 | 11 | 46 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,46 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 11 | 11 | 12 | 44 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,43 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 12 | 12 | 13 | 44 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,4 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 13 | 13 | 14 | 44 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,37 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 14 | 14 | 15 | 44 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,34 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 15 | 15 | 16 | 44 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,3 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 16 | 16 | 17 | 44 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,27 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 17 | 17 | 18 | 26 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,24 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 18 | 18 | 19 | 18 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,24 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 19 | 19 | 20 | 44 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,21 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 20 | 20 | 21 | 44 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,18 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 21 | 21 | 22 | 44 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,15 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |

| | | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|------------------------------------|------|--|--|-----|----------|----|
| 22 | 22 | 23 | 39 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,12 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 23 | 23 | 24 | 44 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,09 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 24 | 24 | 25 | 44 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,06 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 25 | 25 | 26 | 46 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,03 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 26 | 3 | 27 | 11 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 1,58 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 27 | 27 | 28 | 15 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 1,55 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 28 | 28 | 29 | 29 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,85 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 29 | 29 | 30 | 44 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,81 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 30 | 30 | 31 | 44 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,78 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 31 | 31 | 32 | 44 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,75 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 32 | 32 | 33 | 10 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,72 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 33 | 33 | 34 | 31 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,72 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 34 | 34 | 35 | 30 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,69 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 35 | 35 | 36 | 9 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,12 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 36 | 35 | 37 | 14 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,57 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 37 | 37 | 38 | 44 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,54 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 38 | 38 | 39 | 44 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,51 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 39 | 39 | 40 | 44 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,48 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 40 | 40 | 41 | 25 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,45 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 41 | 41 | 42 | 9 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,45 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 42 | 42 | 43 | 34 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,45 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 43 | 43 | 44 | 7 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,42 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 44 | 44 | 45 | 30 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,18 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 45 | 45 | 46 | 44 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,15 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 46 | 46 | 47 | 43 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,12 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 47 | 47 | 48 | 43 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,09 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |

| | | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|---------------------------------------|------|--|--|-----|----------|----|
| 48 | 48 | 49 | 13 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,06 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 49 | 49 | 50 | 13 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,06 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 50 | 50 | 51 | 44 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,03 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 51 | 36 | 52 | 35 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,12 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 52 | 52 | 53 | 44 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,09 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 53 | 53 | 54 | 44 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,06 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 54 | 54 | 55 | 44 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,03 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 55 | 44 | 56 | 9 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,24 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 56 | 56 | 57 | 14 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,2 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 57 | 57 | 58 | 17 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,17 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 58 | 58 | 59 | 14 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,13 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 59 | 59 | 60 | 17 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,1 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 60 | 60 | 61 | 12 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,07 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 61 | 61 | 62 | 11 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,03 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 62 | 28 | 63 | 9 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,7 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 63 | 63 | 64 | 6 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,7 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 64 | 64 | 65 | 44 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,67 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 65 | 65 | 66 | 44 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,64 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 66 | 66 | 67 | 44 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,61 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 67 | 67 | 68 | 33 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,58 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 68 | 68 | 69 | 3 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,58 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 69 | 69 | 70 | 44 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,55 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 70 | 70 | 71 | 14 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,52 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 71 | 71 | 72 | 9 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,37 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 72 | 71 | 73 | 30 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,15 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 73 | 73 | 74 | 44 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,12 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |

| | | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|------------------------------------|------|--|--|-----|----------|----|
| 74 | 74 | 75 | 44 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,09 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 75 | 75 | 76 | 44 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,06 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 76 | 76 | 77 | 9 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,03 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 77 | 77 | 78 | 33 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,03 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 78 | 72 | 79 | 22 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,37 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 79 | 79 | 80 | 39 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,34 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 80 | 80 | 81 | 30 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,3 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 81 | 81 | 82 | 44 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,27 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 82 | 82 | 83 | 44 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,24 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 83 | 83 | 84 | 44 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,21 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 84 | 84 | 85 | 9 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,18 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 85 | 85 | 86 | 14 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,18 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 86 | 86 | 87 | 44 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,15 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 87 | 87 | 88 | 3 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,12 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 88 | 88 | 89 | 33 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,12 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 89 | 89 | 90 | 44 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,09 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 90 | 90 | 91 | 44 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,06 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 91 | 91 | 92 | 42 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,03 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 90 | 2 | 93 | 30 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 2,22 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 91 | 93 | 3 | 9 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 1,58 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 92 | 93 | 4 | 18 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,64 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |

Tabla 2.23: Resultados nudos de la red de alumbrado público

| Nudo | C.d.t.(V) | Tensión Nudo(V) | C.d.t.(%) | Carga Nudo |
|------|-----------|-----------------|-----------|------------|
| 1 | 0 | 400 | 0 | (1.382 W) |
| 2 | -0,082 | 399,918 | 0,021 | (0 W) |



| | | | | |
|----|--------|---------|-------|---------|
| 3 | -0,457 | 399,543 | 0,114 | (0 W) |
| 4 | -0,444 | 399,556 | 0,111 | (-19 W) |
| 5 | -0,569 | 399,431 | 0,142 | (-19 W) |
| 6 | -0,652 | 399,348 | 0,163 | (0 W) |
| 7 | -0,687 | 399,313 | 0,172 | (-19 W) |
| 8 | -0,799 | 399,201 | 0,2 | (-19 W) |
| 9 | -0,904 | 399,096 | 0,226 | (-19 W) |
| 10 | -1,004 | 398,996 | 0,251 | (-19 W) |
| 11 | -1,102 | 398,898 | 0,275 | (-19 W) |
| 12 | -1,189 | 398,811 | 0,297 | (-19 W) |
| 13 | -1,269 | 398,73 | 0,317 | (-19 W) |
| 14 | -1,344 | 398,656 | 0,336 | (-19 W) |
| 15 | -1,413 | 398,587 | 0,353 | (-19 W) |
| 16 | -1,475 | 398,525 | 0,369 | (-19 W) |
| 17 | -1,531 | 398,469 | 0,383 | (-19 W) |
| 18 | -1,56 | 398,44 | 0,39 | (0 W) |
| 19 | -1,581 | 398,419 | 0,395 | (-19 W) |
| 20 | -1,624 | 398,376 | 0,406 | (-19 W) |
| 21 | -1,661 | 398,339 | 0,415 | (-19 W) |
| 22 | -1,692 | 398,308 | 0,423 | (-19 W) |
| 23 | -1,715 | 398,285 | 0,429 | (-19 W) |
| 24 | -1,733 | 398,267 | 0,433 | (-19 W) |
| 25 | -1,746 | 398,254 | 0,436 | (-19 W) |
| 26 | -1,752 | 398,248 | 0,438 | (-19 W) |
| 27 | -0,537 | 399,463 | 0,134 | (-19 W) |
| 28 | -0,645 | 399,355 | 0,161 | (0 W) |
| 29 | -0,758 | 399,242 | 0,19 | (-19 W) |
| 30 | -0,925 | 399,075 | 0,231 | (-19 W) |
| 31 | -1,085 | 398,915 | 0,271 | (-19 W) |
| 32 | -1,239 | 398,761 | 0,31 | (-19 W) |
| 33 | -1,272 | 398,728 | 0,318 | (0 W) |
| 34 | -1,376 | 398,624 | 0,344 | (-19 W) |
| 35 | -1,473 | 398,527 | 0,368 | (0 W) |
| 36 | -1,478 | 398,522 | 0,369 | (0 W) |
| 37 | -1,51 | 398,49 | 0,377 | (-19 W) |
| 38 | -1,62 | 398,38 | 0,405 | (-19 W) |
| 39 | -1,724 | 398,276 | 0,431 | (-19 W) |
| 40 | -1,822 | 398,178 | 0,456 | (-19 W) |
| 41 | -1,874 | 398,126 | 0,469 | (0 W) |
| 42 | -1,893 | 398,107 | 0,473 | (0 W) |
| 43 | -1,964 | 398,036 | 0,491 | (-19 W) |
| 44 | -1,977 | 398,023 | 0,494 | (0 W) |



| | | | | |
|----|--------|---------|--------|---------|
| 45 | -2,003 | 397,997 | 0,501 | (-19 W) |
| 46 | -2,034 | 397,966 | 0,508 | (-19 W) |
| 47 | -2,058 | 397,942 | 0,515 | (-19 W) |
| 48 | -2,076 | 397,924 | 0,519 | (-19 W) |
| 49 | -2,08 | 397,92 | 0,52 | (0 W) |
| 50 | -2,084 | 397,916 | 0,521 | (-19 W) |
| 51 | -2,09 | 397,91 | 0,522* | (-19 W) |
| 52 | -1,497 | 398,503 | 0,374 | (-19 W) |
| 53 | -1,516 | 398,484 | 0,379 | (-19 W) |
| 54 | -1,529 | 398,471 | 0,382 | (-19 W) |
| 55 | -1,535 | 398,465 | 0,384 | (-19 W) |
| 56 | -1,987 | 398,013 | 0,497 | (-21 W) |
| 57 | -2 | 398 | 0,5 | (-21 W) |
| 58 | -2,014 | 397,986 | 0,503 | (-21 W) |
| 59 | -2,022 | 397,978 | 0,506 | (-21 W) |
| 60 | -2,03 | 397,97 | 0,508 | (-21 W) |
| 61 | -2,034 | 397,966 | 0,508 | (-21 W) |
| 62 | -2,036 | 397,964 | 0,509 | (-21 W) |
| 63 | -0,674 | 399,326 | 0,168 | (0 W) |
| 64 | -0,693 | 399,307 | 0,173 | (-19 W) |
| 65 | -0,83 | 399,17 | 0,208 | (-19 W) |
| 66 | -0,961 | 399,039 | 0,24 | (-19 W) |
| 67 | -1,085 | 398,915 | 0,271 | (-19 W) |
| 68 | -1,174 | 398,826 | 0,293 | (0 W) |
| 69 | -1,182 | 398,818 | 0,295 | (-19 W) |
| 70 | -1,294 | 398,706 | 0,323 | (-19 W) |
| 71 | -1,328 | 398,672 | 0,332 | (0 W) |
| 72 | -1,343 | 398,657 | 0,336 | (0 W) |
| 73 | -1,349 | 398,651 | 0,337 | (-19 W) |
| 74 | -1,374 | 398,626 | 0,343 | (-19 W) |
| 75 | -1,392 | 398,608 | 0,348 | (-19 W) |
| 76 | -1,405 | 398,595 | 0,351 | (-19 W) |
| 77 | -1,406 | 398,594 | 0,352 | (0 W) |
| 78 | -1,411 | 398,589 | 0,353 | (-19 W) |
| 79 | -1,38 | 398,62 | 0,345 | (-19 W) |
| 80 | -1,441 | 398,559 | 0,36 | (-19 W) |
| 81 | -1,483 | 398,517 | 0,371 | (-19 W) |
| 82 | -1,539 | 398,461 | 0,385 | (-19 W) |
| 83 | -1,589 | 398,411 | 0,397 | (-19 W) |
| 84 | -1,633 | 398,367 | 0,408 | (-19 W) |
| 85 | -1,64 | 398,36 | 0,41 | (0 W) |
| 86 | -1,652 | 398,348 | 0,413 | (-19 W) |

| | | | | |
|----|--------|---------|-------|---------|
| 87 | -1,683 | 398,317 | 0,421 | (-19 W) |
| 88 | -1,685 | 398,315 | 0,421 | (0 W) |
| 89 | -1,703 | 398,297 | 0,426 | (-19 W) |
| 90 | -1,722 | 398,278 | 0,431 | (-19 W) |
| 91 | -1,735 | 398,265 | 0,434 | (-19 W) |
| 92 | -1,741 | 398,259 | 0,435 | (-19 W) |
| 93 | -0,391 | 399,609 | 0,098 | (0 W) |

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

Caída de tensión total en los distintos itinerarios:

1-2-93-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26 = 0.44 %

1-2-93-3-27-28-29-30-31-32-33-34-35-37-38-39-40-41-42-43-44-45-46-47-48-49-50-51 = 0.52 %

1-2-93-3-27-28-29-30-31-32-33-34-35-36-52-53-54-55 = 0.38 %

1-2-93-3-27-28-29-30-31-32-33-34-35-37-38-39-40-41-42-43-44-56-57-58-59-60-61-62 = 0.51 %

1-2-93-3-27-28-63-64-65-66-67-68-69-70-71-73-74-75-76-77-78 = 0.35 %

1-2-93-3-27-28-63-64-65-66-67-68-69-70-71-72-79-80-81-82-83-84-85-86-87-88-89-90-91-92 = 0.44 %

Cálculo de la Puesta a Tierra:

- La resistividad del terreno es 300 ohmiosxm.

- El electrodo en la puesta a tierra, se constituye con los siguientes elementos:

M. conductor de Cu desnudo 35 mm² 30 m.

M. conductor de Acero galvanizado 95 mm²

Picas verticales de Cobre 14 mm

de Acero recubierto Cu 14 mm 1 picas de 2m.

de Acero galvanizado 25 mm

Con lo que se obtendrá una Resistencia de tierra de 17,65 ohmios.

3. Pliego de condiciones

3.1. 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.

3.2. Campo de aplicación

Este Pliego de Condiciones se refiere a la construcción de redes aéreas o subterráneas de alta tensión hasta 132 kV, así como a centros de transformación.

Los Pliegos de Condiciones particulares podrán modificar las presentes prescripciones.

3.3. Disposiciones generales

El Contratista está obligado al cumplimiento de la Reglamentación del Trabajo correspondiente, la contratación del Seguro Obligatorio, Subsidio familiar y de vejez, Seguro de Enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicten. En particular, deberá cumplir lo dispuesto en la Norma UNE 24042 “Contratación de Obras. Condiciones Generales”, siempre que no lo modifique el presente Pliego de Condiciones.

El Contratista deberá estar clasificado, según Orden del Ministerio de Hacienda, en el Grupo, Subgrupo y Categoría correspondientes al Proyecto y que se fijará en el Pliego de Condiciones Particulares, en caso de que proceda. Igualmente deberá ser Instalador, provisto del correspondiente documento de calificación empresarial.

El Contratista está obligado al cumplimiento de la Reglamentación de trabajo, la contratación del Seguro Obligatorio, Subsidio familiar y de vejez, Seguro de Enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicten.

El Contratista deberá tomar todas las precauciones máximas en todas las operaciones y usos de equipos para proteger a las personas, animales y cosas de los peligros procedentes del trabajo, siendo de su cuenta las responsabilidades que por tales accidentes se ocasionen.

El Contratista mantendrá póliza de Seguros que proteja suficientemente a él y a sus empleados y obreros frente a las responsabilidades por daños, responsabilidad civil, etc. en que uno y otros pudieran incurrir para con el Contratista o para terceros, como consecuencia de la ejecución de los trabajos.

3.3.1. Condiciones facultativas legales

Las obras del Proyecto, además de lo prescrito en el presente Pliego de Condiciones, se registrarán por lo especificado en:

- a) Reglamentación General de Contratación según Decreto 3410/75, de 25 de noviembre.
- b) Pliego de Condiciones Generales para la Contratación de Obras Públicas aprobado por Decreto 3854/70, de 31 de diciembre.
- c) Artículo 1588 y siguientes del Código Civil, en los casos que sea procedente su aplicación al contrato de que se trate.
- d) Decreto de 12 de marzo de 1954 por el que se aprueba el Reglamento de Verificaciones eléctricas y Regularidad en el suministro de energía.
- e) Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- f) Real Decreto 223/2008 de 15 de Febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión y sus ITC.
- g) Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto de 2002).
- h) Normas particulares y de normalización de la Cía. Suministradora de Energía Eléctrica.
- i) Ley 31/1995, de 8 de noviembre, sobre Prevención de Riesgos laborales y RD 162/97 sobre Disposiciones mínimas en materia de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción.

3.3.2. Seguridad en el trabajo

El Contratista está obligado a cumplir las condiciones que se indican en el apartado “i” del párrafo 3.1. de este Pliego de Condiciones y cuantas en esta materia fueran de pertinente aplicación.

Asimismo, deberá proveer cuanto fuese preciso para el mantenimiento de las máquinas, herramientas, materiales y útiles de trabajo en debidas condiciones de seguridad.

Mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos en tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal; los metros, reglas, mangos de aceiteras, útiles limpiadores, etc., que se utilicen no deben ser de material conductor. Se llevarán las herramientas o equipos en bolsas y se utilizará calzado aislante o al menos sin herrajes ni clavos en suelas.

El personal de la Contrata viene obligado a usar todos los dispositivos y medios de protección personal, herramientas y prendas de seguridad exigidos para eliminar o reducir los riesgos profesionales tales como casco, gafas, banqueta aislante, etc., pudiendo el Director de Obra suspender los trabajos, si estima que el personal de la Contrata está expuesto a peligros que son corregibles.

El Director de Obra podrá exigir del Contratista, ordenándolo por escrito, el cese en la obra de cualquier empleado u obrero que, por imprudencia temeraria, fuera capaz de producir accidentes que hicieran peligrar la integridad física del propio trabajador o de sus compañeros.

El Director de Obra podrá exigir del Contratista en cualquier momento, antes o después de la iniciación de los trabajos, que presente los documentos acreditativos de haber formalizado los regímenes de Seguridad Social de todo tipo (afiliación, accidente, enfermedad, etc.) en la forma legalmente establecida.

3.3.3. Seguridad publica

El Contratista deberá tomar todas las precauciones máximas en todas las operaciones y usos de equipos para proteger a las personas, animales y cosas de los peligros procedentes del trabajo, siendo de su cuenta las responsabilidades que por tales accidentes se ocasionen.

El Contratista mantendrá póliza de Seguros que proteja suficientemente a él y a sus empleados u obreros frente a las responsabilidades por daños, responsabilidad civil, etc., que en uno y otro pudieran incurrir para el Contratista o para terceros, como consecuencia de la ejecución de los trabajos.

3.4. 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 Obra, al amparo de las condiciones siguientes:

3.4.1. Datos de la obra

Se entregará al Contratista una copia de los planos y pliegos de condiciones del Proyecto, así como cuantos planos o datos necesite para la completa ejecución de la Obra.

El Contratista podrá tomar nota o sacar copia a su costa de la Memoria, Presupuesto y Anexos del Proyecto, así como segundas copias de todos los documentos.

El Contratista se hace responsable de la buena conservación de los originales de donde obtenga las copias, los cuales serán devueltos al Director de Obra después de su utilización.

Por otra parte, en un plazo máximo de dos meses, después de la terminación de los trabajos, el Contratista deberá actualizar los diversos planos y documentos existentes, de acuerdo con las características de la obra terminada, entregando al Director de Obra dos expedientes completos relativos a los trabajos realmente ejecutados.

No se harán por el Contratista alteraciones, correcciones, omisiones, adiciones o variaciones sustanciales en los datos fijados en el Proyecto, salvo aprobación previa por escrito del Director de Obra.

3.4.2. Replanteo de la obra

El Director de Obra, una vez que el Contratista esté en posesión del Proyecto y antes de comenzar las obras, deberá hacer el replanteo de las mismas, con especial atención en los puntos singulares, entregando al Contratista las referencias y datos necesarios para fijar completamente la ubicación de los mismos.

Se levantará por duplicado Acta, en la que constarán, claramente, los datos entregados, firmado por el Director de Obra y por el representante del Contratista.

Antes de comenzar las obras la Dirección Técnica hará el replanteo de las mismas, con especial atención a los puntos singulares, siendo obligación del Contratista la custodia y reposición de las señales que se establezcan en el replanteo.

Los gastos de replanteo serán de cuenta del Contratista.

3.4.3. Mejoras y variaciones del proyecto

No se considerarán como mejoras ni variaciones del Proyecto más que aquellas que hayan sido ordenadas expresamente por escrito por el Director de Obra y convenido precio antes de proceder a su ejecución.

Las obras accesorias o delicadas, no incluidas en los precios de adjudicación, podrán ejecutarse con personal independiente del Contratista.

3.4.4. Recepción del material

El Director de Obra de acuerdo con el Contratista dará a su debido tiempo su aprobación sobre el material suministrado y confirmará que permite una instalación correcta.

La vigilancia y conservación del material suministrado será por cuenta del Contratista.

3.4.5. Materiales

Los materiales que hayan de ser empleados en las obras serán de primera calidad y no podrán utilizarse sin antes haber sido reconocidos por la Dirección Técnica, que podrá rechazar si no reuniesen, a su juicio, las condiciones exigibles para conseguir debidamente el objeto que motivara su empleo.

3.4.6. Organización

El Contratista actuará de patrono legal, aceptando todas las responsabilidades correspondientes y quedando obligado al pago de los salarios y cargas que legalmente están establecidas, y en general, a todo cuanto se legisle, decrete u ordene sobre el particular antes o durante la ejecución de la obra.

Dentro de lo estipulado en el Pliego de Condiciones, la organización de la Obra, así como la determinación de la procedencia de los materiales que se empleen, estará a cargo del Contratista a quien corresponderá la responsabilidad de la seguridad contra accidentes.

El Contratista deberá, sin embargo, informar al Director de Obra de todos los planes de organización técnica de la Obra, así como de la procedencia de los materiales y cumplimentar cuantas órdenes le de éste en relación con datos extremos.

En las obras por administración, el Contratista deberá dar cuenta diaria al Director de Obra de la admisión de personal, compra de materiales, adquisición o alquiler de elementos auxiliares y cuantos gastos haya de efectuar. Para los contratos de trabajo, compra de material o alquiler de elementos auxiliares, cuyos salarios, precios o cuotas sobrepasen en más de un 5% de los normales en el mercado, solicitará la aprobación previa del Director de Obra, quien deberá responder dentro de los ocho días siguientes a la petición, salvo casos de reconocida urgencia, en los que se dará cuenta posteriormente.

3.4.7. Facilidades para la inspección

El Contratista proporcionará al Director de Obra o Delegados y colaboradores, toda clase de facilidades para los replanteos, reconocimientos, mediciones y pruebas de los materiales, así como la mano de obra necesaria para los trabajos que tengan por objeto comprobar el cumplimiento de las condiciones establecidas, permitiendo el acceso a todas

las partes de la obra e incluso a los talleres o fábricas donde se produzcan los materiales o se realicen trabajos para las obras.

3.4.8. Ensayos

Los ensayos, análisis y pruebas que deban realizarse para comprobar si los materiales reúnen las condiciones exigibles, se verificarán por la Dirección Técnica, o bien, si ésta lo estima oportuno, por el correspondiente Laboratorio Oficial.

Todos los gastos de pruebas y análisis serán de cuenta del Contratista.

3.4.9. Limpieza y seguridad en las obras

Es obligación del Contratista mantener limpias las obras y sus inmediaciones de escombros y materiales, y hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean precisas, así como adoptar las medidas y ejecutar los trabajos necesarios para que las obras ofrezcan un buen aspecto a juicio de la Dirección técnica.

Se tomarán las medidas oportunas de tal modo que durante la ejecución de las obras se ofrezca seguridad absoluta, en evitación de accidentes que puedan ocurrir por deficiencia en esta clase de precauciones; durante la noche estarán los puntos de trabajo perfectamente alumbrados y cercados los que por su índole fueran peligrosos.

3.4.10. Medios auxiliares

No se abonarán en concepto de medios auxiliares más cantidades que las que figuren explícitamente consignadas en presupuesto, entendiéndose que en todos los demás casos el costo de dichos medios está incluido en los correspondientes precios del presupuesto.

3.4.11. Ejecución de las obras

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

El Contratista, salvo aprobación por escrito del Director de Obra, no podrá hacer ninguna alteración o modificación de cualquier naturaleza tanto en la ejecución de la obra en relación con el Proyecto como en las Condiciones Técnicas especificadas, sin perjuicio de lo que en cada momento pueda ordenarse por el Director de Obra a tenor de los dispuesto en el último párrafo del apartado 4.1.

El Contratista no podrá utilizar en los trabajos personal que no sea de su exclusiva cuenta y cargo, salvo lo indicado en el apartado 4.3.

Igualmente, será de su exclusiva cuenta y cargo aquel personal ajeno al propiamente manual y que sea necesario para el control administrativo del mismo.

El Contratista deberá tener al frente de los trabajos un técnico suficientemente especializado a juicio del Director de Obra.

El Contratista informará al Director de Obra de todos los planes de organización técnica de las obras, así como de la procedencia de los materiales, y deberá cumplimentar cuantas órdenes le dé éste en relación con datos extremos.

La ejecución de las obras será confiada a personal cuyos conocimientos técnicos y prácticos les permita realizar el trabajo correctamente, debiendo tener al frente del mismo un técnico suficientemente especializado a juicio del Director de Obra.

3.4.12. Subcontratación de las obras

Salvo que el contrato disponga lo contrario o que de su naturaleza y condiciones se deduzca que la Obra ha de ser ejecutada directamente por el adjudicatario, podrá éste concertar con terceros la realización de determinadas unidades de obra.

La celebración de los subcontratos estará sometida al cumplimiento de los siguientes requisitos:

a) Que se dé conocimiento por escrito al Director de Obra del subcontrato a celebrar, con indicación de las partes de obra a realizar y sus condiciones económicas, a fin de que aquél lo autorice previamente.

b) Que las unidades de obra que el adjudicatario contrate con terceros no excedan del 50% del presupuesto total de la obra principal.

En cualquier caso, el Contratista no quedará vinculado en absoluto ni reconocerá ninguna obligación contractual entre él y el subcontratista y cualquier subcontratación de obras no eximirá al Contratista de ninguna de sus obligaciones respecto al Contratante.

3.4.13. Gastos por cuenta del contratista

Serán de cuenta del Contratista los gastos de replanteo, inspección y liquidación de las

mismas, con arreglo a las disposiciones vigentes.

Serán también de cuenta del Contratista los gatos que se originen por inspección y vigilancia no facultativa, cuando la Dirección Técnica estime preciso establecerla.

3.4.14. Plazo de ejecución

Los plazos de ejecución, total y parciales, indicados en el contrato, se empezarán a contar a partir de la fecha de replanteo.

El Contratista estará obligado a cumplir con los plazos que se señalen en el contrato para la ejecución de las obras y que serán improrrogables.

No obstante, lo anteriormente indicado, los plazos podrán ser objeto de modificaciones cuando así resulte por cambios determinados por el Director de Obra debidos a exigencias de la realización de las obras y siempre que tales cambios influyan realmente en los plazos señalados en el contrato.

Si por cualquier causa, ajena por completo al Contratista, no fuera posible empezar los trabajos en la fecha prevista o tuvieran que ser suspendidos una vez empezados, se concederá por el Director de Obra, la prórroga estrictamente necesaria.

3.4.15. Recepción provisional

Una vez terminadas las obras y a los quince días siguientes a la petición del Contratista se hará la recepción provisional de las mismas por el Contratante, requiriendo para ello la presencia del Director de Obra y del representante del Contratista, levantándose la correspondiente Acta, en la que se hará constar la conformidad con los trabajos realizados, si este es el caso. Dicho Acta será firmada por el Director de Obra y el representante del Contratista, dándose la obra por recibida si se ha ejecutado correctamente de acuerdo con las especificaciones dadas en el Pliego de Condiciones Técnicas y en el Proyecto correspondiente, comenzándose entonces a contar el plazo de garantía.

En el caso de no hallarse la Obra en estado de ser recibida, se hará constar así en el Acta y se darán al Contratista las instrucciones precisas y detalladas para remediar los defectos observados, fijándose un plazo de ejecución. Expirado dicho plazo, se hará un nuevo reconocimiento. Las obras de reparación serán por cuenta y a cargo del Contratista. Si el Contratista no cumpliera estas prescripciones podrá declararse rescindido el contrato con pérdida de la fianza.

La forma de recepción se indica en el Pliego de Condiciones Técnicas correspondiente.

3.4.16. Periodos de garantía

El periodo de garantía será el señalado en el contrato y empezará a contar desde la fecha de aprobación del Acta de Recepción.

Hasta que tenga lugar la recepción definitiva, el Contratista es responsable de la conservación de la Obra, siendo de su cuenta y cargo las reparaciones por defectos de ejecución o mala calidad de los materiales.

Durante este periodo, el Contratista garantizará al Contratante contra toda reclamación de terceros, fundada en causa y por ocasión de la ejecución de la Obra.

3.4.17. Recepción definitiva

Al terminar el plazo de garantía señalado en el contrato o en su defecto a los seis meses de la recepción provisional, se procederá a la recepción definitiva de las obras, con la concurrencia del Director de Obra y del representante del Contratista levantándose el Acta correspondiente, por duplicado (si las obras son conformes), que quedará firmada por el Director de Obra y el representante del Contratista y ratificada por el Contratante y el Contratista.

3.4.18. Pago de obras

El pago de obras realizadas se hará sobre Certificaciones parciales que se practicarán mensualmente. Dichas Certificaciones contendrán solamente las unidades de obra totalmente terminadas que se hubieran ejecutado en el plazo a que se refieran. La relación valorada que figure en las Certificaciones, se hará con arreglo a los precios establecidos, reducidos en un 10% y con la cubicación, planos y referencias necesarias para su comprobación.

Serán de cuenta del Contratista las operaciones necesarias para medir unidades ocultas o enterradas, si no se ha advertido al Director de Obra oportunamente para su medición, los gastos de replanteo, inspección y liquidación de las mismas, con arreglo a las disposiciones vigentes, y los gastos que se originen por inspección y vigilancia facultativa, cuando la Dirección Técnica estime preciso establecerla.

La comprobación, aceptación o reparos deberán quedar terminadas por ambas partes en un plazo máximo de quince días.

El Director de Obra expedirá las Certificaciones de las obras ejecutadas que tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta, rectificables por la liquidación definitiva o por cualquiera de las Certificaciones siguientes, no suponiendo por otra parte,

aprobación ni recepción de las obras ejecutadas y comprendidas en dichas Certificaciones.

3.4.19. Abono de materiales acopiados

Cuando a juicio del Director de Obra no haya peligro de que desaparezca o se deterioren los materiales acopiados y reconocidos como útiles, se abonarán con arreglo a los precios descompuestos de la adjudicación. Dicho material será indicado por el Director de Obra que lo reflejará en el Acta de recepción de Obra, señalando el plazo de entrega en los lugares previamente indicados. El Contratista será responsable de los daños que se produzcan en la carga, transporte y descarga de este material.

La restitución de las bobinas vacías se hará en el plazo de un mes, una vez que se haya instalado el cable que contenían. En caso de retraso en su restitución, deterioro o pérdida, el Contratista se hará también cargo de los gastos suplementarios que puedan resultar.

3.5. Disposición final

La concurrencia a cualquier Subasta, Concurso o Concurso-Subasta cuyo Proyecto incluya el presente Pliego de Condiciones Generales, presupone la plena aceptación de todas y cada una de sus cláusulas.

3.6. Condiciones Técnicas para la Obra Civil y Montaje de Centros de Transformación de Interior prefabricados

3.6.1. Objeto

Este Pliego de Condiciones determina las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de las obras de construcción y montaje de centros de transformación, así como de las condiciones técnicas del material a emplear.

3.6.2. Obra civil

Corresponde al Contratista la responsabilidad en la ejecución de los trabajos que deberán realizarse conforme a las reglas del arte.

3.6.2.1. Emplazamiento

El lugar elegido para la instalación del centro debe permitir la colocación y reposición de todos los elementos del mismo, concretamente los que son pesados y grandes, como transformadores. Los accesos al centro deben tener las dimensiones adecuadas para

permitir el paso de dichos elementos.

El emplazamiento del centro debe ser tal que esté protegido de inundaciones y filtraciones.

En el caso de terrenos inundables el suelo del centro debe estar, como mínimo, 0,20 m por encima del máximo nivel de aguas conocido, o si no al centro debe proporcionársele una estanquidad perfecta hasta dicha cota.

El local que contiene el centro debe estar construido en su totalidad con materiales incombustibles.

3.6.2.2. Excavación

Se efectuará la excavación con arreglo a las dimensiones y características del centro y hasta la cota necesaria indicada en el Proyecto.

La carga y transporte a vertedero de las tierras sobrantes será por cuenta del Contratista.

3.6.2.3. Acondicionamiento

Como norma general, una vez realizada la excavación se extenderá una capa de arena de 10 cm de espesor aproximadamente, procediéndose a continuación a su nivelación y compactación.

En caso de ubicaciones especiales, y previo a la realización de la nivelación mediante el lecho de arena, habrá que tener presente las siguientes medidas:

- Terrenos no compactados. Será necesario realizar un asentamiento adecuado a las condiciones del terreno, pudiendo incluso ser necesaria la construcción de una bancada de hormigón de forma que distribuya las cargas en una superficie más amplia.
- Terrenos en ladera. Se realizará la excavación de forma que se alcance una plataforma de asiento en zona suficientemente compactada y de las dimensiones necesarias para que el asiento sea completamente horizontal. Puede ser necesaria la canalización de las aguas de lluvia de la parte alta, con objeto de que el agua no arrastre el asiento del CT.
- Terrenos con nivel freático alto. En estos casos, o bien se eleva la capa de asentamiento del CT por encima del nivel freático, o bien se protege al CT mediante un revestimiento impermeable que evite la penetración de agua en el hormigón.

3.6.2.4. Edificio prefabricado de hormigón

Los distintos edificios prefabricados de hormigón se ajustarán íntegramente a las distintas Especificaciones de Materiales de la compañía suministradora, verificando su diseño los siguientes puntos:

- Los suelos estarán previstos para las cargas fijas y rodantes que implique el material.
- Se preverán, en lugares apropiados del edificio, orificios para el paso del interior al exterior de los cables destinados a la toma de tierra, y cables de B.T. y M.T. Los orificios estarán inclinados y desembocarán hacia el exterior a una profundidad de 0,40 m del suelo como mínimo.
- También se preverán los agujeros de empotramiento para herrajes del equipo eléctrico y el emplazamiento de los carriles de rodamiento de los transformadores. Asimismo, se tendrán en cuenta los pozos de aceite, sus conductos de drenaje, las tuberías para conductores de tierra, registros para las tomas de tierra y canales para los cables A.T. y B.T. En los lugares de paso, estos canales estarán cubiertos por losas amovibles.
- Los muros prefabricados de hormigón podrán estar constituidos por paneles convenientemente ensamblados, o bien formando un conjunto con la cubierta y la solera, de forma que se impida totalmente el riesgo de filtraciones.
- La cubierta estará debidamente impermeabilizada de forma que no quede comprometida su estanquidad, ni haya riesgo de filtraciones. Su cara interior podrá quedar como resulte después del desencofrado. No se efectuará en ella ningún empotramiento que comprometa su estanquidad.
- El acabado exterior del centro será normalmente liso y preparado para ser recubierto por pinturas de la debida calidad y del color que mejor se adapte al medio ambiente. Cualquier otra terminación: canto rodado, recubrimientos especiales, etc., podrá ser aceptada. Las puertas y recuadros metálicos estarán protegidos contra la oxidación.
- La cubierta estará calculada para soportar la sobrecarga que corresponda a su destino, para lo cual se tendrá en cuenta lo que al respecto fija la Norma UNE-EN 61330.
- Las puertas de acceso al centro de transformación desde el exterior cumplirán íntegramente lo que al respecto fija la Norma UNE-EN 61330. En cualquier caso, serán incombustibles, suficientemente rígidas y abrirán hacia afuera de forma que puedan abatirse sobre el muro de fachada.

Se realizará el transporte, la carga y descarga de los elementos constitutivos del edificio prefabricado, sin que éstos sufran ningún daño en su estructura. Para ello deberán usarse los medios de fijación previstos por el fabricante para su traslado y ubicación, así como las recomendaciones para su montaje.

De acuerdo con la Recomendación UNESA 1303-A, el edificio prefabricado estará construido de tal manera que, una vez instalado, su interior sea una superficie equipotencial. Todas las varillas metálicas embebidas en el hormigón que constituyan la armadura del sistema equipotencial estarán unidas entre sí mediante soldaduras eléctricas. Las conexiones entre varillas metálicas pertenecientes a diferentes elementos, se

efectuarán de forma que se consiga la equipotencialidad entre éstos.

Ningún elemento metálico unido al sistema equipotencial podrá ser accesible desde el exterior del edificio, excepto las piezas que, insertadas en el hormigón, estén destinadas a la manipulación de las paredes y de la cubierta, siempre que estén situadas en las partes superiores de éstas.

Cada pieza de las que constituyen el edificio deberá disponer de dos puntos metálicos, lo más separados entre sí, y fácilmente accesibles, para poder comprobar la continuidad eléctrica de la armadura. La continuidad eléctrica podrá conseguirse mediante los elementos mecánicos del ensamblaje.

3.6.2.5. Evacuación y extinción del aceite aislante

Las paredes y techos de las celdas que han de alojar aparatos con baño de aceite, deberán estar construidas con materiales resistentes al fuego, que tengan la resistencia estructural adecuada para las condiciones de empleo.

Con el fin de permitir la evacuación y extinción del aceite aislante, se preverán pozos con revestimiento estanco, teniendo en cuenta el volumen de aceite que puedan recibir. En todos los pozos se preverán apagafuegos superiores, tales como lechos de guijarros de 5 cm de diámetro aproximadamente, sifones en caso de varios pozos con colector único, etc. Se recomienda que los pozos sean exteriores a la celda y además inspeccionables.

3.6.2.5. Ventilación

Los locales estarán provistos de ventilación para evitar la condensación y, cuando proceda, refrigerar los transformadores.

Normalmente se recurrirá a la ventilación natural, aunque en casos excepcionales podrá utilizarse también la ventilación forzada.

Cuando se trate de ubicaciones de superficie, se empleará una o varias tomas de aire del exterior, situadas a 0,20 m. del suelo como mínimo, y en la parte opuesta una o varias salidas, situadas lo más altas posible.

En ningún caso las aberturas darán sobre locales a temperatura elevada o que contengan polvo perjudicial, vapores corrosivos, líquidos, gases, vapores o polvos inflamables.

Todas las aberturas de ventilación estarán dispuestas y protegidas de tal forma que se garantice un grado de protección mínimo de personas contra el acceso a zonas peligrosas, contra la entrada de objetos sólidos extraños y contra la entrada del agua IP23D, según

Norma UNE-EN 61330.

3.6.3. Instalación eléctrica

3.6.3.1. Aparamenta A.T.

Las celdas empleadas serán prefabricadas, con envolvente metálica y tipo "modular". De esta forma, en caso de avería, será posible retirar únicamente la celda dañada, sin necesidad de desaprovechar el resto de las funciones.

Utilizarán el hexafluoruro de azufre (SF_6) como elemento de corte y extinción. El aislamiento integral en SF_6 confiere a la aparamenta sus características de resistencia al medio ambiente, bien sea a la polución del aire, a la humedad, o incluso a la eventual sumersión del centro de transformación por efecto de riadas. Por ello, esta característica es esencial especialmente en las zonas con alta polución, en las zonas con clima agresivo (costas marítimas y zonas húmedas) y en las zonas más expuestas a riadas o entrada de agua en el centro. El corte en SF_6 resulta también más seguro que el aire, debido a lo expuesto anteriormente.

Las celdas empleadas deberán permitir la extensibilidad in situ del centro de transformación, de forma que sea posible añadir más líneas o cualquier otro tipo de función, sin necesidad de cambiar la aparamenta previamente existente en el centro.

Las celdas podrán incorporar protecciones del tipo autoalimentado, es decir, que no necesitan imperativamente alimentación. Igualmente, estas protecciones serán electrónicas, dotadas de curvas CEI normalizadas (bien sean normalmente inversas, muy inversas o extremadamente inversas), y entrada para disparo por termostato sin necesidad de alimentación auxiliar.

Los cables se conexionarán desde la parte frontal de las cabinas. Los accionamientos manuales irán reagrupados en el frontal de la celda a una altura ergonómica a fin de facilitar la explotación.

El interruptor y el seccionador de puesta a tierra será un único aparato, de tres posiciones (cerrado, abierto y puesto a tierra), asegurando así la imposibilidad de cierre simultáneo del interruptor y seccionador de puesta a tierra. La posición de seccionador abierto y seccionador de puesta a tierra cerrado serán visibles directamente a través de mirillas, a fin de conseguir una máxima seguridad de explotación en cuanto a la protección de personas se refiere.

Las celdas responderán en su concepción y fabricación a la definición de aparamenta bajo envolvente metálica compartimentada de acuerdo con la norma UNE 20099. Se deberán distinguir al menos los siguientes compartimentos:

- Compartimento de aparellaje. Estará relleno de SF₆ y sellado de por vida. El sistema de sellado será comprobado individualmente en fabricación y no se requerirá ninguna manipulación del gas durante toda la vida útil de la instalación (hasta 30 años). Las maniobras de cierre y apertura de los interruptores y cierre de los seccionadores de puesta a tierra se efectuarán con la ayuda de un mecanismo de acción brusca independiente del operador.
- Compartimento del juego de barras. Se compondrá de tres barras aisladas conexas mediante tornillos.
- Compartimento de conexión de cables. Se podrán conectar cables secos y cables con aislamiento de papel impregnado. Las extremidades de los cables serán simplificadas para cables secos y termorretráctiles para cables de papel impregnado.
- Compartimento de mando. Contiene los mandos del interruptor y del seccionador de puesta a tierra, así como la señalización de presencia de tensión. Se podrán montar en obra motorizaciones, bobinas de cierre y/o apertura y contactos auxiliares si se requieren posteriormente.
- Compartimento de control. En el caso de mandos motorizados, este compartimento estará equipado de bornas de conexión y fusibles de baja tensión. En cualquier caso, este compartimento será accesible con tensión, tanto en barras como en los cables.

Las características generales de las celdas son las siguientes, en función de la tensión nominal (Un):

Un ≤ 20 kV

- Tensión asignada: 24 kV
- Tensión soportada a frecuencia industrial durante 1 minuto:
 - A tierra y entre fases: 50 kV
 - A la distancia de seccionamiento: 60 kV.
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo (valor de cresta):
 - A tierra y entre fases: 125 kV
 - A la distancia de seccionamiento: 145 kV.

3.6.3.2. Transformadores

El transformador o transformadores serán trifásicos, con neutro accesible en el secundario, refrigeración natural, en baño de aceite preferiblemente, con regulación de tensión primaria mediante conmutador.

Estos transformadores se instalarán, en caso de incluir un líquido refrigerante, sobre una plataforma ubicada encima de un foso de recogida, de forma que en caso de que se derrame e incendie, el fuego quede confinado en la celda del transformador, sin difundirse

por los pasos de cables ni otras aberturas al resto del centro.

Los transformadores, para mejor ventilación, estarán situados en la zona de flujo natural de aire, de forma que la entrada de aire esté situada en la parte inferior de las paredes adyacentes al mismo, y las salidas de aire en la zona superior de esas paredes.

3.6.3.3. Equipos de medida

Cuando el centro de transformación sea tipo "abonado", se instalará un equipo de medida compuesto por transformadores de medida, ubicados en una celda de medida de A.T., y un equipo de contadores de energía activa y reactiva, ubicado en el armario de contadores, así como de sus correspondientes elementos de conexión, instalación y precintado.

Los transformadores de medida deberán tener las dimensiones adecuadas de forma que se puedan instalar en la celda de A.T. guardando las distancias correspondientes a su aislamiento. Por ello será preferible que sean suministrados por el propio fabricante de las celdas, ya instalados en ellas. En el caso de que los transformadores no sean suministrados por el fabricante de las celdas se le deberá hacer la consulta sobre el modelo exacto de transformadores que se van a instalar, a fin de tener la garantía de que las distancias de aislamiento, pletinas de interconexión, etc. serán las correctas.

Los contadores de energía activa y reactiva estarán homologados por el organismo competente.

Los cables de los circuitos secundarios de medida estarán constituidos por conductores unipolares, de cobre de 1 kV de tensión nominal, del tipo no propagador de la llama, de polietileno reticulado o etileno-propileno, de 4 mm² de sección para el circuito de intensidad y para el neutro y de 2,5 mm² para el circuito de tensión. Estos cables irán instalados bajo tubos de acero (uno por circuito) de 36 mm de diámetro interior, cuyo recorrido será visible o registrable y lo más corto posible.

La tierra de los secundarios de los transformadores de tensión y de intensidad se llevarán directamente de cada transformador al punto de unión con la tierra para medida y de aquí se llevará, en un solo hilo, a la regleta de verificación.

La tierra de medida estará unida a la tierra del neutro de Baja Tensión constituyendo la tierra de servicio, que será independiente de la tierra de protección.

En general, para todo lo referente al montaje del equipo de medida, precintabilidad, grado de protección, etc. se tendrán en cuenta lo indicado a tal efecto en la normativa de la compañía suministradora.

3.6.3.4. Acometidas subterráneas

Los cables de alimentación subterránea entrarán en el centro, alcanzando la celda que corresponda, por un canal o tubo. Las secciones de estos canales y tubos permitirán la colocación de los cables con la mayor facilidad posible. Los tubos serán de superficie interna lisa, siendo su diámetro 1,6 veces el diámetro del cable como mínimo, y preferentemente de 15 cm. La disposición de los canales y tubos será tal que los radios de curvatura a que deban someterse los cables serán como mínimo igual a 10 veces su diámetro, con un mínimo de 0,60 m.

Después de colocados los cables se obstruirá el orificio de paso por un tapón al que, para evitar la entrada de roedores, se incorporarán materiales duros que no dañen el cable.

En el exterior del centro los cables estarán directamente enterrados, excepto si atraviesan otros locales, en cuyo caso se colocarán en tubos o canales. Se tomarán las medidas necesarias para asegurar en todo momento la protección mecánica de los cables, y su fácil identificación.

Los conductores de alta tensión y baja tensión estarán constituidos por cables unipolares de aluminio con aislamiento seco termoestable, y un nivel de aislamiento acorde a la tensión de servicio.

3.6.3.5. Alumbrado

El alumbrado artificial, siempre obligatorio, será preferiblemente de incandescencia.

Los focos luminosos estarán colocados sobre soportes rígidos y dispuestos de manera que los aparatos de seccionamiento no queden en una zona de sombra; permitirán además la lectura correcta de los aparatos de medida. Se situarán de tal manera que la sustitución de lámparas pueda efectuarse sin necesidad de interrumpir la media tensión y sin peligro para el operario.

Los interruptores de alumbrado se situarán en la proximidad de las puertas de acceso.

La instalación para el servicio propio del CT llevará un interruptor diferencial de alta sensibilidad (30 mA).

3.6.3.6. Puestas a tierra

Las puestas a tierra se realizarán en la forma indicada en el proyecto, debiendo cumplirse estrictamente lo referente a separación de circuitos, forma de constitución y valores

deseados para las puestas a tierra.

Condiciones de los circuitos de puesta a tierra

- No se unirán al circuito de puesta a tierra las puertas de acceso y ventanas metálicas de ventilación del CT.
- La conexión del neutro a su toma se efectuará, siempre que sea posible, antes del dispositivo de seccionamiento B.T.
- En ninguno de los circuitos de puesta a tierra se colocarán elementos de seccionamiento.
- Cada circuito de puesta a tierra llevará un borne para la medida de la resistencia de tierra, situado en un punto fácilmente accesible.
- Los circuitos de tierra se establecerán de manera que se eviten los deterioros debidos a acciones mecánicas, químicas o de otra índole.
- La conexión del conductor de tierra con la toma de tierra se efectuará de manera que no haya peligro de aflojarse o soltarse.
- Los circuitos de puesta a tierra formarán una línea continua, en la que no podrán incluirse en serie las masas del centro. Siempre la conexión de las masas se efectuará por derivación.
- Los conductores de tierra enterrados serán de cobre, y su sección nunca será inferior a 50 mm².
- Cuando la alimentación a un centro se efectúe por medio de cables subterráneos provistos de cubiertas metálicas, se asegurará la continuidad de éstas por medio de un conductor de cobre lo más corto posible, de sección no inferior a 50 mm². La cubierta metálica se unirá al circuito de puesta a tierra de las masas.
- La continuidad eléctrica entre un punto cualquiera de la masa y el conductor de puesta a tierra, en el punto de penetración en el suelo, satisfará la condición de que la resistencia eléctrica correspondiente sea inferior a 0,4 ohmios.

3.6.4. Normas de ejecución de las instalaciones

Todas las normas de construcción e instalación del centro se ajustarán, en todo caso, a los planos, mediciones y calidades que se expresan, así como a las directrices que la

Dirección Facultativa estime oportunas.

Además del cumplimiento de lo expuesto, las instalaciones se ajustarán a las normativas que le pudieran afectar, emanadas por organismos oficiales y en particular las de la compañía suministradora de la electricidad.

El acopio de materiales se hará de forma que estos no sufran alteraciones durante su depósito en la obra, debiendo retirar y reemplazar todos los que hubieran sufrido alguna descomposición o defecto durante su estancia, manipulación o colocación en la obra.

La admisión de materiales no se permitirá sin la previa aceptación por parte del Director de Obra. En este sentido, se realizarán cuantos ensayos y análisis indique el D.O., aunque no estén indicados en este Pliego de Condiciones. Para ello se tomarán como referencia las distintas Recomendaciones UNESA, Normas UNE, etc. que les sean de aplicación.

3.6.5. Pruebas reglamentarias

La aparamenta eléctrica que compone la instalación deberá ser sometida a los diferentes ensayos de tipo y de serie que contemplen las normas UNE o recomendaciones UNESA conforme a las cuales esté fabricada.

Una vez ejecutada la instalación se procederá, por parte de entidad acreditada por los organismos públicos competentes al efecto, a la medición reglamentaria de los siguientes valores:

- Resistencia de aislamiento de la instalación.
- Resistencia del sistema de puesta a tierra.
- Tensiones de paso y de contacto.

Las pruebas y ensayos a que serán sometidas las celdas una vez terminadas su fabricación serán las siguientes:

- Prueba de operación mecánica.
- Prueba de dispositivos auxiliares, hidráulicos, neumáticos y eléctricos.
- Verificación de cableado.
- Ensayo de frecuencia industrial.
- Ensayo dieléctrico de circuitos auxiliares y de control.
- Ensayo de onda de choque 1,2/50 ms.
- Verificación del grado de protección.

3.6.6. Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad

3.6.6.1. Prevenciones generales

Queda terminantemente prohibida la entrada en el local a toda persona ajena al servicio y siempre que el encargado del mismo se ausente, deberá dejarlo cerrado con llave.

Se pondrán en sitio visible del local, y a su entrada, placas de aviso de "Peligro de muerte".

En el interior del local no habrá más objetos que los destinados al servicio al centro de transformación, como banqueta, guantes, etc.

No está permitido fumar ni encender cerillas ni cualquier otra clase de combustible en el interior del local del centro de transformación y en caso de incendio no se empleará nunca agua.

No se tocará ninguna parte de la instalación en tensión, aunque se esté aislado.

Todas las maniobras se efectuarán colocándose convenientemente sobre la banqueta.

Cada grupo de celdas llevará una placa de características con los siguientes datos:

- Nombre del fabricante.
- Tipo de aparata y número de fabricación.
- Año de fabricación.
- Tensión nominal.
- Intensidad nominal.
- Intensidad nominal de corta duración.
- Frecuencia industrial.

Junto al accionamiento de la aparata de las celdas se incorporarán, de forma gráfica y clara, las marcas e indicaciones necesarias para la correcta manipulación de dicha aparata.

En sitio bien visible estarán colocadas las instrucciones relativas a los socorros que deben prestarse en los accidentes causados por electricidad, debiendo estar el personal instruido prácticamente a este respecto, para aplicarlas en caso necesario. También, y en sitio

visible, debe figurar el presente Reglamento y esquema de todas las conexiones de la instalación, aprobado por la Consejería de Industria, a la que se pasará aviso en el caso de introducir alguna modificación en este centro de transformación, para su inspección y aprobación, en su caso.

3.6.6.2. Puesta en servicio

Se conectarán primero los seccionadores de alta y a continuación el interruptor de alta, dejando en vacío el transformador. Posteriormente, se conectará el interruptor general de baja, procediendo en último término a la maniobra de la red de baja tensión.

Si al poner en servicio una línea se disparase el interruptor automático o hubiera fusión de cartuchos fusibles, antes de volver a conectar se reconocerá detenidamente la línea e instalaciones y, si se observase alguna irregularidad, se dará cuenta de modo inmediato a la empresa suministradora de energía.

3.6.6.3. Separación de servicio

Se procederá en orden inverso al determinado en el apartado anterior, o sea, desconectando la red de baja tensión y separando después el interruptor de alta y seccionadores.

3.6.6.4. Mantenimiento

El mantenimiento consistirá en la limpieza, engrasado y verificado de los componentes fijos y móviles de todos aquellos elementos que fuese necesario.

A fin de asegurar un buen contacto en las mordazas de los fusibles y cuchillas de los interruptores, así como en las bornas de fijación de las líneas de alta y de baja tensión, la limpieza se efectuará con la debida frecuencia. Esta se hará sobre banqueta, con trapos perfectamente secos, y teniendo muy presente que el aislamiento que es necesario para garantizar la seguridad personal, sólo se consigue teniendo en perfectas condiciones y sin apoyar en metales u otros materiales derivados a tierra.

Si es necesario cambiar los fusibles, se emplearán de las mismas características de resistencia y curva de fusión.

La temperatura del líquido refrigerante no debe sobrepasar los 60°C.

Deben humedecerse con frecuencia las tomas de tierra. Se vigilará el buen estado de los aparatos, y cuando se observase alguna anomalía en el funcionamiento del centro de transformación, se pondrá en conocimiento de la compañía suministradora, para

corregirla de acuerdo con ella.

3.6.7. Certificados y documentación

Se aportará, para la tramitación de este proyecto ante los organismos públicos, la documentación siguiente:

- Autorización administrativa.
- Proyecto, suscrito por técnico competente.
- Certificado de tensiones de paso y contacto, por parte de empresa homologada.
- Certificado de Dirección de obra.
- Contrato de mantenimiento.
- Escrito de conformidad por parte de la compañía suministradora.

3.6.8. Libro de ordenes

Se dispondrá en el centro de transformación de un libro de órdenes, en el que se harán constar las incidencias surgidas en el transcurso de su ejecución y explotación, incluyendo cada visita, revisión, etc.

3.6.9. 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. En la recepción de la instalación se incluirán los siguientes conceptos:

- Aislamiento. Consistirá en la medición de la resistencia de aislamiento del conjunto de la instalación y de los aparatos más importantes.
- Ensayo dieléctrico. Todo el material que forma parte del equipo eléctrico del centro deberá haber soportado por separado las tensiones de prueba a frecuencia industrial y a impulso tipo rayo.
- Instalación de puesta a tierra. Se comprobará la medida de las resistencias de tierra, las tensiones de contacto y de paso, la separación de los circuitos de tierra y el estado y resistencia de los circuitos de tierra.
- Regulación y protecciones. Se comprobará el buen estado de funcionamiento de los relés de protección y su correcta regulación, así como los calibres de los fusibles.

- Transformadores. Se medirá la acidez y rigidez dieléctrica del aceite de los transformadores.

3.7. Condiciones Técnicas para la Ejecución de Redes Subterráneas de Distribución en Baja Tensión

3.7.1. Objeto

Este Pliego de Condiciones determina las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de las obras de instalación de redes subterráneas de distribución.

3.7.2. Campo de aplicación

Este Pliego de Condiciones se refiere al suministro e instalación de materiales necesarios en la ejecución de redes subterráneas de Baja Tensión.

Los Pliegos de Condiciones particulares podrán modificar las presentes prescripciones.

3.7.3. Ejecución del trabajo

Corresponde al Contratista la responsabilidad en la ejecución de los trabajos que deberán realizarse conforme a las reglas del arte.

3.7.3.1. Trazado

Las canalizaciones, salvo casos de fuerza mayor, se ejecutarán en terrenos de dominio público, bajos las aceras o calzadas, evitando ángulos pronunciados. El trazado será lo más rectilíneo posible, paralelo en toda su longitud a bordillos o fachadas de los edificios principales.

Antes de comenzar los trabajos, se marcarán en el pavimento las zonas donde se abrirán las zanjas, marcando tanto su anchura como su longitud y las zonas donde se dejen llaves para la contención del terreno. Si ha habido posibilidad de conocer las acometidas de otros servicios a las fincas construidas, se indicarán sus situaciones con el fin de tomar las precauciones debidas.

Antes de proceder a la apertura de zanjas se abrirán calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto.

Se estudiará la señalización de acuerdo con las normas municipales y se determinarán las protecciones precisas tanto de la zanja como de los pasos que sean necesarios para los accesos a los portales, comercios, garajes, etc., así como las chapas de hierro que hayan de colocarse sobre la zanja para el paso de vehículos.

Al marcar el trazado de las zanjas se tendrá en cuenta el radio mínimo que hay que dejar en la curva con arreglo a la sección del conductor o conductores que se vayan a canalizar.

3.7.3.2. Apertura de zanjas

Las zanjas se harán verticales hasta la profundidad escogida, colocándose en los casos en que la naturaleza del terreno lo haga preciso.

Se procurará dejar un paso de 50 cm entre la zanja y las tierras extraídas, con el fin de facilitar la circulación del personal de la obra y evitar la caída de tierras en la zanja.

Se deben tomar todas las precauciones precisas para no tapar con tierras registros de gas, teléfono, bocas de riego, alcantarillas, etc.

Durante la ejecución de los trabajos en la vía pública se dejarán pasos suficientes para vehículos y peatones, así como los accesos a los edificios, comercios y garajes. Si es necesario interrumpir la circulación se precisará una autorización especial.

Las dimensiones mínimas de las zanjas serán las siguientes:

- Profundidad de 60 cm y anchura de 40 cm para canalizaciones de baja tensión bajo acera.
- Profundidad de 80 cm y anchura de 60 cm para canalizaciones de baja tensión bajo calzada.

3.7.3.3. Canalización

Los cruces de vías públicas o privadas se realizarán con tubos ajustándose a las siguientes condiciones:

- Se colocará en posición horizontal y recta y estarán hormigonados en toda su longitud.
- Deberá preverse para futuras ampliaciones uno o varios tubos de reserva dependiendo el número de la zona y situación del cruce (en cada caso se fijará el número de tubos de reserva).
- Los extremos de los tubos en los cruces llegarán hasta los bordillos de las aceras, debiendo construirse en los extremos un tabique para su fijación.

- En las salidas, el cable se situará en la parte superior del tubo, cerrando los orificios con yeso.

- Siempre que la profundidad de zanja bajo la calzada sea inferior a 60 cm en el caso de B.T. se utilizarán chapas o tubos de hierro u otros dispositivos que aseguren una resistencia mecánica equivalente, teniendo en cuenta que dentro del mismo tubo deberán colocarse las tres fases y neutro.

- Los cruces de vías férreas, cursos de agua, etc., deberán proyectarse con todo detalle.

3.7.3.3.1. Zanja

Cuando en una zanja coincidan cables de distintas tensiones se situarán en bandas horizontales a distinto nivel de forma que cada banda se agrupen cables de igual tensión.

La separación entre dos cables multipolares o ternas de cables unipolares de B.T. dentro de una misma banda será como mínimo de 10 cm (25 cm si alguno de los cables es de A.T).

La profundidad de las respectivas bandas de cables dependerá de las tensiones, de forma que la mayor profundidad corresponda a la mayor tensión.

3.7.3.3.1.1. Cable directamente enterrado

En el lecho de la zanja irá una capa de arena de 10 cm de espesor sobre la que se colocará el cable. Por encima del cable irá otra capa de arena de 10 cm de espesor. Ambas capas cubrirán la anchura total de la zanja.

La arena que se utilice para la protección de cables será limpia, suelta y áspera, exenta de sustancias orgánicas, arcilla o partículas terrosas, para lo cual se tamizará o lavará convenientemente si fuera necesario. Se empleará arena de mina o de río indistintamente, siempre que reúna las condiciones señaladas anteriormente y las dimensiones de los granos serán de 2 a 3 mm como máximo.

Cuando se emplee la arena procedente de la misma zanja, además de necesitar la aprobación del Director de Obra, será necesario su cribado.

Los cables deben estar enterrados a profundidad no inferior a 0,6 m, excepción hecha en el caso en que se atraviesen terrenos rocosos. Salvo casos especiales los eventuales obstáculos deben ser evitados pasando el cable por debajo de los mismos.

Todos los cables deben tener una protección (ladrillos, medias cañas, tejas, losas de piedra, etc. formando bovedillas) que sirva para indicar su presencia durante eventuales trabajos de excavación.

3.7.3.3.1.2. Cable entubado

El cable en parte o en todo su recorrido irá en el interior de tubos de cemento, fibrocemento, fundición de hierro, materiales plásticos, etc., de superficie interna lisa, siendo su diámetro interior no inferior al indicado en la ITC-BT-21, tabla 9.

Los tubos estarán hormigonados en todo su recorrido o simplemente con sus uniones recibidas con cemento, en cuyo caso, para permitir su unión correcta, el fondo de la zanja en la que se alojen deberá ser nivelada cuidadosamente después de echar una capa de arena fina o tierra cribada.

Se debe evitar posible acumulación de agua o de gas a lo largo de la canalización situando convenientemente pozos de escape en relación al perfil altimétrico.

En los tramos rectos, cada 15 ó 20 m. según el tipo de cable, para facilitar su tendido se dejarán calas abiertas de una longitud mínima de 2 m. en las que se interrumpirá la continuidad de la tubería.

Una vez tendido el cable, estas calas se tapanán recubriendo previamente el cable con canales o medios tubos, recibiendo sus uniones con cemento.

En los cambios de dirección se construirán arquetas de hormigón o ladrillo, siendo sus dimensiones mínimas las necesarias para que el radio de curvatura de tendido sea como mínimo 20 veces el diámetro exterior del cable. No se admitirán ángulos inferiores a 90° y aún éstos se limitarán a los indispensables. En general, los cambios de dirección se harán con ángulos grandes, siendo la longitud mínima (perímetro) de la arqueta de 2 metros.

En la arqueta, los tubos quedarán a unos 25 cm. por encima del fondo para permitir la colocación de rodillos en las operaciones de tendido. Una vez tendido el cable, los tubos se taponarán con yeso de forma que el cable quede situado en la parte superior del tubo. La arqueta se rellenará con arena hasta cubrir el cable como mínimo.

La situación de los tubos en la arqueta será la que permita el máximo radio de curvatura.

Las arquetas podrán ser registrables o cerradas. En el primer caso deberán tener tapas metálicas o de hormigón armado; provistas de argollas o ganchos que faciliten su apertura. El fondo de estas arquetas será permeable de forma que permita la filtración del

agua de lluvia.

Si las arquetas no son registrables se cubrirán con los materiales necesarios.

3.7.3.3.2. Cruzamientos

Calles y carreteras

Los cables se colocarán en el interior de tubos protectores, recubiertos de hormigón en toda su longitud a una profundidad mínima de 0,80 m. Siempre que sea posible, el cruce se hará perpendicular al eje del vial.

Ferrocarriles

Los cables se colocarán en el interior de tubos protectores, recubiertos de hormigón, y siempre que sea posible, perpendiculares a la vía, a una profundidad mínima de 1,3 m respecto a la cara inferior de la traviesa. Dichos tubos rebasarán las vías férreas en 1,5 m por cada extremo.

Otros cables de energía eléctrica

Siempre que sea posible, se procurará que los cables de baja tensión discurren por encima de los de alta tensión.

La distancia mínima entre un cable de baja tensión y otros cables de energía eléctrica será: 0,25 m con cables de alta tensión y 0,10 m con cables de baja tensión. La distancia del punto de cruce a los empalmes será superior a 1 m.

Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada.

Cables de telecomunicación

La separación mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,20 m. La distancia del punto de cruce a los empalmes, tanto del cable de energía como del cable de telecomunicación, será superior a 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada.

Estas restricciones no se deben aplicar a los cables de fibra óptica con cubiertas dieléctricas. Todo tipo de protección en la cubierta del cable debe ser aislante.

Canalizaciones de agua y gas

Siempre que sea posible, los cables se instalarán por encima de las canalizaciones de agua.

La distancia mínima entre cables de energía eléctrica y canalizaciones de agua o gas será de 0,20 m. Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de las canalizaciones de agua o gas, o de los empalmes de la canalización eléctrica, situando unas y otros a una distancia superior a 1 m del cruce. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, la canalización instalada más recientemente se dispondrá entubada.

Conducciones de alcantarillado

Se procurará pasar los cables por encima de las conducciones de alcantarillado.

No se admitirá incidir en su interior. Se admitirá incidir en su pared (por ejemplo, instalando tubos, etc), siempre que se asegure que ésta no ha quedado debilitada. Si no es posible, se pasará por debajo, y los cables se dispondrán en canalizaciones entubadas.

Depósitos de carburante

Los cables se dispondrán en canalizaciones entubadas y distarán, como mínimo, 0,20 m del depósito. Los extremos de los tubos rebasarán al depósito, como mínimo 1,5 m por cada extremo.

3.7.3.3.3. Proximidades y paralelismos

Otros cables de energía eléctrica

Los cables de baja tensión podrán instalarse paralelamente a otros de baja o alta tensión, manteniendo entre ellos una distancia mínima de 0,10 m con los cables de baja tensión y 0,25 m con los cables de alta tensión. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada.

Cables de telecomunicación

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,20 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada.

Canalizaciones de agua

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de agua será de 0,20 m. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de las canalizaciones de agua será de 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, la canalización instalada más recientemente se dispondrá entubada.

Se procurará mantener una distancia mínima de 0,20 m en proyección horizontal, y que la canalización de agua quede por debajo del nivel del cable eléctrico.

Por otro lado, las arterias principales de agua se dispondrán de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos de baja tensión.

Canalizaciones de gas

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de gas será de 0,20 m, excepto para canalizaciones de gas de alta presión (más de 4 bar), en que la distancia será de 0,40 m. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de las canalizaciones de gas será de 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, la canalización instalada más recientemente se dispondrá entubada.

Se procurará mantener una distancia mínima de 0,20 m en proyección horizontal.

Por otro lado, las arterias importantes de gas se dispondrán de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos de baja tensión.

Acometidas (conexiones de servicio)

En el caso de que el cruzamiento o paralelismo entre cables eléctricos y canalizaciones de los servicios descritos anteriormente, se produzcan en el tramo de acometida a un edificio deberá mantenerse una distancia mínima de 0,20 m.

Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, la canalización instalada más recientemente se dispondrá entubada.

3.7.3.4. Transporte de bobinas de cables

La carga y descarga, sobre camiones o remolques apropiados, se hará siempre mediante una barra adecuada que pase por el orificio central de la bobina.

Bajo ningún concepto se podrá retener la bobina con cuerdas, cables o cadenas que abracen la bobina y se apoyen sobre la capa exterior del cable enrollado; asimismo no se podrá dejar caer la bobina al suelo desde el camión o remolque.

Cuando se desplace la bobina por tierra rodándola, habrá que fijarse en el sentido de rotación, generalmente indicado con una flecha, con el fin de evitar que se afloje el cable enrollado en la misma.

Las bobinas no deben almacenarse sobre un suelo blando.

Antes de empezar el tendido del cable se estudiará el lugar más adecuado para colocar la bobina con objeto de facilitar el tendido. En el caso de suelo con pendiente es preferible realizar el tendido en sentido descendente.

Para el tendido de la bobina estará siempre elevada y sujeta por barra y gatos adecuados al peso de la misma y dispositivos de frenado.

3.7.3.5. Tendido de cables

Los cables deben ser siempre desenrollados y puestos en su sitio con el mayor cuidado evitando que sufran torsión, hagan bucles, etc. y teniendo siempre en cuenta que el radio de curvatura del cable debe ser superior a 20 veces su diámetro durante su tendido y superior a 10 veces su diámetro una vez instalado. En todo caso el radio de curvatura de cables no debe ser inferior a los valores indicados en las Normas UNE correspondientes relativas a cada tipo de cable.

Cuando los cables se tiendan a mano, los operarios estarán distribuidos de una manera uniforme a lo largo de la zanja.

También se puede tender mediante cabrestantes tirando del extremo del cable al que se le habrá adoptado una cabeza apropiada y con un esfuerzo de tracción por milímetro cuadrado de conductor que no debe pasar del indicado por el fabricante del mismo. Será imprescindible la colocación de dinamómetros para medir dicha tracción.

El tendido se hará obligatoriamente por rodillos que puedan girar libremente y contruidos de forma que no dañen el cable.

Durante el tendido se tomarán precauciones para evitar que el cable no sufra esfuerzos importantes ni golpes ni rozaduras.

No se permitirá desplazar lateralmente el cable por medio de palancas u otros útiles; deberá hacerse siempre a mano.

Sólo de manera excepcional se autorizará desenrollar el cable fuera de la zanja, siempre bajo la vigilancia del Director de Obra.

Cuando la temperatura ambiente sea inferior a cero grados, no se permitirá hacer el tendido del cable debido a la rigidez que toma el aislamiento.

No se dejará nunca el cable tendido en una zanja abierta sin haber tomado antes la precaución de cubrirlo con una capa de 10 cm de arena fina y la protección de rasilla.

La zanja en toda su longitud deberá estar cubierta con una capa de arena fina en el fondo antes de proceder al tendido del cable.

En ningún caso se dejarán los extremos del cable en la zanja sin haber asegurado antes una buena estanquidad de los mismos.

Cuando dos cables que se canalicen vayan a ser empalmados, se solaparán al menos en una longitud de 0,50 m.

Las zanjas se recorrerán con detenimiento antes de tender el cable para comprobar que se encuentran sin piedras u otros elementos duros que puedan dañar a los cables en su tendido.

Si con motivo de las obras de canalización aparecieran instalaciones de otros servicios, se tomarán todas las precauciones para no dañarlas, dejándolas al terminar los trabajos en las mismas condiciones en que se encontraban primitivamente.

Si involuntariamente se causara alguna avería en dichos servicios, se avisará con toda urgencia al Director de Obra y a la Empresa correspondiente con el fin de que procedan a su reparación. El encargado de la obra por parte del Contratista deberá conocer la dirección de los servicios públicos, así como su número de teléfono para comunicarse en caso de necesidad.

Si las pendientes son muy pronunciadas y el terreno es rocoso e impermeable, se corre el riesgo de que la zanja de canalización sirva de drenaje originando un arrastre de la arena que sirve de lecho a los cables. En este caso se deberá entubar la canalización asegurada con cemento en el tramo afectado.

En el caso de canalizaciones con cables unipolares:

- Se recomienda colocar en cada metro y medio por fase y neutro unas vueltas de cinta adhesiva para indicar el color distintivo de dicho conductor.
- Cada metro y medio, envolviendo las tres fases y el neutro en B.T., se colocará una sujeción que agrupe dichos conductores y los mantenga unidos.

Se evitarán en lo posible las canalizaciones con grandes tramos entubados y si ésto no fuera posible se construirán arquetas intermedias en los lugares marcados en el Proyecto o, en su defecto, donde señale el Director de Obra.

Una vez tendido el cable, los tubos se tapanán con yute y yeso, de forma que el cable quede en la parte superior del tubo.

3.7.3.6. Protección mecánica

Las líneas eléctricas subterráneas deben estar protegidas contra posibles averías producidas por hundimiento de tierras, por contacto con cuerpos duros y por choque de herramientas metálicas. Para ello se colocará una capa protectora de rasilla o ladrillo, siendo su anchura de 25 cm cuando se trate de proteger un solo cable. La anchura se incrementará en 12,5 cm. por cada cable que se añada en la misma capa horizontal.

Los ladrillos o rasillas serán cerámicos y duros.

3.7.3.7. Señalización

Todo cable o conjunto de cables debe estar señalado por una cinta de atención de acuerdo con la Recomendación UNESA 0205 colocada como mínimo a 0,20 m. por encima del ladrillo. Cuando los cables o conjuntos de cables de categorías de tensión diferentes estén superpuestos, debe colocarse dicha cinta encima de cada uno de ellos.

3.7.3.8. Identificación

Los cables deberán llevar marcas que se indiquen el nombre del fabricante, el año de fabricación y sus características.

3.7.3.9. Cierre de zanjas

Una vez colocadas al cable las protecciones señaladas anteriormente, se rellenará toda la zanja con tierra de excavación apisonada, debiendo realizarse los veinte primeros centímetros de forma manual, y para el resto deberá usarse apisonado mecánico.

El cierre de las zanjas deberá hacerse por capas sucesivas de 10 cm. de espesor, las cuales serán apisonada y regadas si fuese necesario, con el fin de que quede suficientemente consolidado el terreno.

El Contratista será responsable de los hundimientos que se produzcan por la deficiente realización de esta operación y, por lo tanto, serán de su cuenta las posteriores reparaciones que tengan que ejecutarse.

La carga y transporte a vertederos de las tierras sobrantes está incluida en la misma unidad de obra que el cierre de las zanjas con objeto de que el apisonado sea lo mejor posible.

3.7.3.10. Reposición de pavimentos

Los pavimentos serán repuestos de acuerdo con las normas y disposiciones dictadas por el propietario de los mismos.

Deberá lograrse una homogeneidad de forma que quede el pavimento nuevo lo más igualado posible al antiguo, haciendo su reconstrucción por piezas nuevas si está compuesto por losas, adoquines, etc.

En general se utilizarán materiales nuevos salvo las losas de piedra, adoquines, bordillos de granito y otros similares.

3.7.3.11. Puesta a tierra

Cuando las tomas de tierra de pararrayos de edificios importantes se encuentren bajo la acera, próximas a cables eléctricos en que las envueltas no están conectadas en el interior de los edificios con la bajada del pararrayos conviene tomar alguna de las precauciones siguientes:

- Interconexión entre la bajada del pararrayos y las envueltas metálicas de los cables.
- Distancia mínima de 0,50 m entre el conductor de toma de tierra del pararrayos y los cables o bien interposición entre ellos de elementos aislantes.

3.7.3.12. Montajes diversos

La instalación de herrajes, cajas terminales y de empalme, etc., deben realizarse siguiendo las instrucciones y normas del fabricante.

3.7.3.12.1. Armario de distribución

La fundación de los armarios tendrá como mínimo 15 cm de altura sobre el nivel del suelo.

Al preparar esta fundación se dejarán los tubos o taladros necesarios para el posterior tendido de los cables, colocándolos con la mayor inclinación posible para conseguir que la entrada de cables a los tubos quede siempre 50 cm. como mínimo por debajo de la rasante del suelo.

3.7.4. Materiales

Los materiales empleados en la instalación serán entregados por el Contratista siempre que no se especifique lo contrario en el Pliego de Condiciones Particulares.

No se podrán emplear materiales que no hayan sido aceptados previamente por el Director de Obra.

Se realizarán cuantos ensayos y análisis indique el Director de Obra, aunque no estén indicados en este Pliego de Condiciones.

Los cables instalados serán los que figuran en el Proyecto y deberán estar de acuerdo con las Recomendaciones UNESA y las Normas UNE correspondientes.

3.7.5. Recepción de obra

Durante la obra o una vez finalizada la misma, el Director de Obra podrá verificar que los trabajos realizados están de acuerdo con las especificaciones de este Pliego de Condiciones. Esta verificación se realizará por cuenta del Contratista.

Una vez finalizadas las instalaciones, el Contratista deberá solicitar la oportuna recepción global de la obra.

En la recepción de la instalación se incluirá la medición de la conductividad de las tomas de tierra y las pruebas de aislamiento según la forma establecida en la Norma UNE relativa a cada tipo de cable.

El Director de Obra contestará por escrito al Contratista, comunicando su conformidad a la instalación o condicionando su recepción a la modificación de los detalles que estime susceptibles de mejora.

3.8. Condiciones Técnicas para la Ejecución de Alumbrados Públicos

3.8.1. Objeto y campo de aplicación

Artículo 1

Este Pliego de Condiciones determina las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de las obras de montaje de alumbrados públicos, especificadas en el correspondiente Proyecto.

Estas obras se refieren al suministro e instalación de los materiales necesarios en la construcción de alumbrados públicos.

Los Pliegos de Condiciones particulares podrán modificar las presentes prescripciones.

Artículo 2

El Contratista deberá atenerse a la Normativa de aplicación especificada en la Memoria del Proyecto.

3.8.2. Ejecución de los trabajos

CAPITULO I: MATERIALES

Artículo 3. Norma General

Todos los materiales empleados, de cualquier tipo y clase, aún los no relacionados en este Pliego, deberán ser de primera calidad.

Antes de la instalación, el contratista presentará a la Dirección Técnica los catálogos, cartas, muestras, etc, que ésta le solicite. No se podrán emplear materiales sin que previamente hayan sido aceptados por la Dirección Técnica.

Este control previo no constituye su recepción definitiva, pudiendo ser rechazados por la Dirección Técnica, aún después de colocados, si no cumpliesen con las condiciones exigidas en este Pliego de Condiciones, debiendo ser reemplazados por la contrata por otros que cumplan las calidades exigidas.

Artículo 4. Conductores

Serán de las secciones que se especifican en los planos y memoria.

Todos los cables serán multipolares o unipolares con conductores de cobre y tensión asignada 0,6/1 kV. La resistencia de aislamiento y la rigidez dieléctrica cumplirán lo establecido en el apartado 2.9 de la ITC-BT-19.

El Contratista informará por escrito a la Dirección Técnica, del nombre del fabricante de los conductores y le enviará una muestra de los mismos. Si el fabricante no reuniese la suficiente garantía a juicio de la Dirección Técnica, antes de instalar los conductores se comprobarán las características de éstos en un Laboratorio Oficial. Las pruebas se reducirán al cumplimiento de las condiciones anteriormente expuestas.

No se admitirán cables que no tengan la marca grabada en la cubierta exterior, que presente desperfectos superficiales o que no vayan en las bobinas de origen.

No se permitirá el empleo de conductores de procedencia distinta en un mismo circuito.

En las bobinas deberá figurar el nombre del fabricante, tipo de cable y sección.

Artículo 5. Lámparas

Se utilizarán el tipo y potencia de lámparas especificadas en memoria y planos. El fabricante deberá ser de reconocida garantía.

El bulbo exterior será de vidrio extraduro y las lámparas solo se montarán en la posición recomendada por el fabricante.

El consumo, en vatios, no debe exceder del +10% del nominal si se mantiene la tensión dentro del +- 5% de la nominal.

La fecha de fabricación de las lámparas no será anterior en seis meses a la de montaje en obra.

Artículo 6. Reactancias y condensadores

Serán las adecuadas a las lámparas. Su tensión será de 230 V.

Sólo se admitirán las reactancias y condensadores procedentes de una fábrica conocida y con gran solvencia en el mercado.

Llevarán inscripciones en las que se indique el nombre o marca del fabricante, la tensión o tensiones nominales en voltios, la intensidad nominal en amperios, la frecuencia en hertzios, el factor de potencia y la potencia nominal de la lámpara o lámparas para las cuales han sido previstos.

Si las conexiones se efectúan mediante bornes, regletas o terminales, deben fijarse de tal forma que no podrán soltarse o aflojarse al realizar la conexión o desconexión. Los terminales, bornes o regletas no deben servir para fijar ningún otro componente de la reactancia o condensador.

Las máximas pérdidas admisibles en el equipo de alto factor serán las siguientes:

- v.s.b.p. 18 W: 8 W.
- v.s.b.p. 35 W: 12 W.
- v.s.a.p. 70 W: 13 W.
- v.s.a.p. 150 W: 20 W.
- v.s.a.p. 250 W: 25 W.
- v.m.c.c. 80 W: 12 W.
- v.m.c.c. 125 W: 14 W.
- v.m.c.c. 250 W: 20 W.

La reactancia alimentada a la tensión nominal suministrará una corriente no superior al 5%, ni inferior al 10% de la nominal de la lámpara.

La capacidad del condensador debe quedar dentro de las tolerancias indicadas en las placas de características.

Durante el funcionamiento del equipo de alto factor no se producirán ruidos, ni vibraciones de ninguna clase.

En los casos que las luminarias no lleven el equipo incorporado, se utilizará una caja que contenga los dispositivos de conexión, protección y compensación.

Artículo 7. Protección contra cortocircuitos

Cada punto de luz llevará dos cartuchos A.P.R. de 6 A., los cuales se montarán en portafusibles seccionables de 20 A.

Artículo 8. Cajas de empalme y derivación

Estarán provistas de fichas de conexión y serán como mínimo P-549, es decir, con protección contra el polvo (5), contra las proyecciones de agua en todas direcciones (4) y contra una energía de choque de 20 julios (9).

Artículo 9. Brazos murales

Serán galvanizados, con un peso de cinc no inferior a 0,4 kg/m².

Las dimensiones serán como mínimo las especificadas en el proyecto, pero en cualquier caso resistirán sin deformación una carga que estará en función del peso de la luminaria, según los valores adjuntos. Dicha carga se suspenderá en el extremo donde se coloca la luminaria:

Tabla 3.1: Carga vertical según el peso de la luminaria

| Peso de la luminaria (kg) | Carga vertical (kg) |
|----------------------------------|----------------------------|
| 1 | 5 |
| 2 | 6 |
| 3 | 8 |
| 4 | 10 |
| 5 | 11 |
| 6 | 13 |
| 8 | 15 |
| 10 | 18 |
| 12 | 21 |
| 14 | 24 |

Los medios de sujeción, ya sean placas o garras, también serán galvanizados.

En los casos en que los brazos se coloquen sobre apoyos de madera, la placa tendrá una forma tal que se adapte a la curvatura del apoyo.

En los puntos de entrada de los conductores se colocará una protección suplementaria de material aislante a base de anillos de protección de PVC.

Artículo 10. Báculos y columnas

Serán galvanizados, con un peso de cinc no inferior a 0,4 kg/m².

Estarán contruidos en chapa de acero, con un espesor de 2,5 mm. cuando la altura útil no sea superior a 7 m. y de 3 mm. para alturas superiores.

Los báculos resistirán sin deformación una carga de 30 kg. suspendido en el extremo donde se coloca la luminaria, y las columnas o báculos resistirán un esfuerzo horizontal de acuerdo con los valores adjuntos, en donde se señala la altura de aplicación a partir de la superficie del suelo:

Tabla 3.2: Altura de aplicación de los báculos

| Altura (m) | Fuerza horizontal (kg) | Altura de aplicación (m) |
|------------|------------------------|--------------------------|
| 6 | 50 | 3 |
| 7 | 50 | 4 |
| 8 | 70 | 4 |
| 9 | 70 | 5 |
| 10 | 70 | 6 |
| 11 | 90 | 6 |
| 12 | 90 | 7 |

En cualquier caso, tanto los brazos como las columnas y los báculos resistirán las solicitaciones previstas en la ITC-BT-09, apdo. 6.1, con un coeficiente de seguridad no inferior a 2,5 particularmente teniendo en cuenta la acción del viento.

No deberán permitir la entrada de lluvia ni la acumulación de agua de condensación.

Las columnas y báculos deberán poseer una abertura de acceso para la manipulación de sus elementos de protección y maniobra, por lo menos a 0,30 m. del suelo, dotada de una puerta o trampilla con grado de protección contra la proyección de agua, que sólo se pueda abrir mediante el empleo de útiles especiales.

Cuando por su situación o dimensiones, las columnas o báculos fijados o incorporados a obras de fábrica no permitan la instalación de los elementos de protección o maniobra en la base, podrán colocarse éstos en la parte superior, en lugar apropiado, o en la propia obra de fábrica.

Las columnas y báculos llevarán en su parte interior y próximo a la puerta de registro, un tornillo con tuerca para fijar la terminal de la pica de tierra.

Artículo 11. Luminarias

Las luminarias cumplirán, como mínimo, las condiciones de las indicadas como tipo en el proyecto, en especial en:

- tipo de portalámpara.
- características fotométricas (curvas similares).
- resistencia a los agentes atmosféricos.
- facilidad de conservación e instalación.
- estética.
- facilidad de reposición de lámpara y equipos.
- condiciones de funcionamiento de la lámpara, en especial la temperatura (refrigeración, protección contra el frío o el calor, etc).
- protección, a lámpara y accesorios, de la humedad y demás agentes atmosféricos.
- protección a la lámpara del polvo y de efectos mecánicos.

Artículo 12. Cuadro de maniobra y control

Los armarios serán de poliéster con departamento separado para el equipo de medida, y como mínimo IP-549, es decir, con protección contra el polvo (5), contra las proyecciones del agua en todas las direcciones (4) y contra una energía de choque de 20 julios (9).

Todos los aparatos del cuadro estarán fabricados por casas de reconocida garantía y preparados para tensiones de servicio no inferior a 500 V.

Los fusibles serán APR, con bases apropiadas, de modo que no queden accesibles partes en tensión, ni sean necesarias herramientas especiales para la reposición de los cartuchos. El calibre será exactamente el del proyecto.

Los interruptores y conmutadores serán rotativos y provistos de cubierta, siendo las dimensiones de sus piezas de contacto suficientes para que la temperatura en ninguna de ellas pueda exceder de 65°C, después de funcionar una hora con su intensidad nominal. Su construcción ha de ser tal que permita realizar un mínimo de maniobras de apertura y cierre, del orden de 10.000, con su carga nominal a la tensión de trabajo sin que se produzcan desgastes excesivos o averías en los mismos.

Los contactores estarán probados a 3.000 maniobras por hora y garantizados para cinco millones de maniobras, los contactos estarán recubiertos de plata. La bobina de tensión tendrá una tensión nominal de 400 V., con una tolerancia del +- 10 %. Esta tolerancia se entiende en dos sentidos: en primer lugar, conectarán perfectamente siempre que la tensión varíe entre dichos límites, y en segundo lugar no se producirán calentamientos excesivos cuando la tensión se eleve indefinidamente un 10% sobre la nominal. La elevación de la temperatura de las piezas conductoras y contactos no podrá exceder de 65°C después de funcionar una hora con su intensidad nominal. Asimismo, en tres interrupciones sucesivas, con tres minutos de intervalo, de una corriente con la intensidad correspondiente a la capacidad de ruptura y tensión igual a la nominal, no se observarán arcos prolongados, deterioro en los contactos, ni averías en los elementos constitutivos del contactor.

En los interruptores horarios no se consideran necesarios los dispositivos astronómicos. El volante o cualquier otra pieza serán de materiales que no sufran deformaciones por la temperatura ambiente. La cuerda será eléctrica y con reserva para un mínimo de 36 horas.

Su intensidad nominal admitirá una sobrecarga del 20 % y la tensión podrá variar en un +- 20%. Se rechazará el que adelante o atrase más de cinco minutos al mes.

Los interruptores diferenciales estarán dimensionados para la corriente de fuga especificada en proyecto, pudiendo soportar 20.000 maniobras bajo la carga nominal. El tiempo de respuestas no será superior a 30 ms y deberán estar provistos de botón de prueba.

La célula fotoeléctrica tendrá alimentación a 230 V. +- 15%, con regulación de 20 a 200 lux.

Todo el resto de pequeño material será presentado previamente a la Dirección Técnica, la cual estimará si sus condiciones son suficientes para su instalación.

Artículo 13. Protección de bajantes

Se realizará en tubo de hierro galvanizado de 2" diámetro, provista en su extremo superior de un capuchón de protección de P.V.C., a fin de lograr estanquidad, y para evitar el rozamiento de los conductores con las aristas vivas del tubo, se utilizará un anillo de protección de P.V.C. La sujeción del tubo a la pared se realizará mediante accesorios compuestos por dos piezas, vástago roscado para empotrar y soporte en chapa plastificado de tuerca incorporada, provisto de cierre especial de seguridad de doble plegado.

Artículo 14. Tubería para canalizaciones subterráneas

Se utilizará exclusivamente tubería de PVC rígida de los diámetros especificados en el proyecto.

Artículo 15. Cable fiador

Se utilizará exclusivamente cable espiral galvanizado reforzado, de composición 1x19+0, de 6 mm. de diámetro, en acero de resistencia 140 kg/mm², lo que equivale a una carga de rotura de 2.890 kg.

El Contratista informará por escrito a la Dirección Técnica del nombre del fabricante y le enviará una muestra del mismo.

En las bobinas deberá figurar el nombre del fabricante, tipo del cable y diámetro.

CAPITULO II: EJECUCIÓN

Artículo 16. Replanteo

El replanteo de la obra se hará por la Dirección Técnica, con representación del contratista. Se dejarán estaquillas o cuantas señalizaciones estime conveniente la Dirección Técnica. Una vez terminado el replanteo, la vigilancia y conservación de la señalización correrán a cargo del contratista.

Cualquier nuevo replanteo que fuese preciso, por desaparición de las señalizaciones, será nuevamente ejecutado por la Dirección Técnica.

CAPITULO II-A: CONDUCCIONES SUBTERRANEAS

ZANJAS

Artículo 17. Excavación y relleno

Las zanjas no se excavarán hasta que vaya a efectuarse la colocación de los tubos protectores, y en ningún caso con antelación superior a ocho días. El contratista tomará las disposiciones convenientes para dejar el menor tiempo posible abiertas las excavaciones con objeto de evitar accidentes.

Si la causa de la constitución del terreno o por causas atmosféricas las zanjas amenazasen derrumbarse, deberán ser entibadas, tomándose las medidas de seguridad necesarias para evitar el desprendimiento del terreno y que éste sea arrastrado por las aguas.

En el caso en que penetrase agua en las zanjas, ésta deberá ser achicada antes de iniciar el relleno.

El fondo de las zanjas se nivelará cuidadosamente, retirando todos los elementos puntiagudos o cortantes. Sobre el fondo se depositará la capa de arena que servirá de asiento a los tubos.

En el relleno de las zanjas se emplearán los productos de las excavaciones, salvo cuando el terreno sea rocoso, en cuyo caso se utilizará tierra de otra procedencia. Las tierras de relleno estarán libres de raíces, fangos y otros materiales que sean susceptibles de descomposición o de dejar huecos perjudiciales. Después de rellenar las zanjas se apisonarán bien, dejándolas así algún tiempo para que las tierras vayan asentándose y no exista peligro de roturas posteriores en el pavimento, una vez que se haya repuesto.

La tierra sobrante de las excavaciones que no pueda ser utilizada en el relleno de las zanjas, deberá quitarse allanando y limpiando el terreno circundante. Dicha tierra deberá ser transportada a un lugar donde al depositarle no ocasione perjuicio alguno.

Artículo 18. Colocación de los tubos

Los conductos protectores de los cables serán conformes a la ITC-BT-21, tabla 9.

Los tubos descansarán sobre una capa de arena de espesor no inferior a 5 cm. La superficie exterior de los tubos quedará a una distancia mínima de 46 cm. por debajo del suelo o pavimento terminado.

Se cuidará la perfecta colocación de los tubos, sobre todo en las juntas, de manera que no queden cantos vivos que puedan perjudicar la protección del cable.

Los tubos se colocarán completamente limpios por dentro, y durante la obra se cuidará de que no entren materias extrañas.

A unos 25 cm por encima de los tubos y a unos 10 cm por debajo del nivel del suelo se situará la cinta señalizadora.

Artículo 19. Cruces con canalizaciones o calzadas

En los cruces con canalizaciones eléctricas o de otra naturaleza (agua, gas, etc.) y de calzadas de vías con tránsito rodado, se rodearán los tubos de una capa de hormigón en masa con un espesor mínimo de 10 cm.

En los cruces con canalizaciones, la longitud de tubo a hormigonar será, como mínimo, de 1 m. a cada lado de la canalización existente, debiendo ser la distancia entre ésta y la pared exterior de los tubos de 15 cm. por lo menos.

Al hormigonar los tubos se pondrá un especial cuidado para impedir la entrada de lechadas de cemento dentro de ellos, siendo aconsejable pegar los tubos con el producto apropiado.

Cimentación de báculos y columnas

Artículo 20. Excavación

Se refiere a la excavación necesaria para los macizos de las fundaciones de los báculos y columnas, en cualquier clase de terreno.

Esta unidad de obra comprende la retirada de la tierra y relleno de la excavación resultante después del hormigonado, agotamiento de aguas, entibado y cuantos elementos sean en cada caso necesarios para su ejecución.

Las dimensiones de las excavaciones se ajustarán lo más posible a las dadas en el proyecto o en su defecto a las indicadas por la Dirección Técnica. Las paredes de los hoyos serán verticales. Si por cualquier otra causa se originase un aumento en el volumen de la excavación, ésta sería por cuenta del contratista, certificándose solamente el volumen teórico. Cuando sea necesario variar las dimensiones de la excavación, se hará de acuerdo con la Dirección Técnica.

En terrenos inclinados, se efectuará una explanación del terreno. Como regla general se estipula que la profundidad de la excavación debe referirse al nivel medio antes citado. La explanación se prolongará hasta 30 cm., como mínimo, por fuera de la excavación prolongándose después con el talud natural de la tierra circundante.

El contratista tomará las disposiciones convenientes para dejar el menor tiempo posible abiertas las excavaciones, con el objeto de evitar accidentes.

Si a causa de la constitución del terreno o por causas atmosféricas los fosos amenazasen derrumbarse, deberán ser entibados, tomándose las medidas de seguridad necesarias para evitar el desprendimiento del terreno y que éste sea arrastrado por las aguas.

En el caso de que penetrase agua en los fosos, ésta deberá ser achicada antes del relleno de hormigón.

La tierra sobrante de las excavaciones que no pueda ser utilizada en el relleno de los fosos, deberá quitarse allanando y limpiando el terreno que lo circunda. Dicha tierra deberá ser

transportada a un lugar donde al depositarla no ocasione perjuicio alguno.

Se prohíbe el empleo de aguas que procedan de ciénagas, o estén muy cargadas de sales carbonosas o selenitosas.

Hormigón

El amasado de hormigón se efectuará en hormigonera o a mano, siendo preferible el primer procedimiento; en el segundo caso se hará sobre chapa metálica de suficientes dimensiones para evitar se mezcle con tierra y se procederá primero a la elaboración del mortero de cemento y arena, añadiéndose a continuación la grava, y entonces se le dará una vuelta a la mezcla, debiendo quedar ésta de color uniforme; si así no ocurre, hay que volver a dar otras vueltas hasta conseguir la uniformidad; una vez conseguida se añadirá a continuación el agua necesaria antes de verter al hoyo.

Se empleará hormigón cuya dosificación sea de 200 kg/m³. La composición normal de la mezcla será:

Cemento: 1
Arena: 3
Grava: 6

La dosis de agua no es un dato fijo, y varía según las circunstancias climatológicas y los áridos que se empleen.

El hormigón obtenido será de consistencia plástica, pudiéndose comprobar su docilidad por medio del cono de Abrams. Dicho cono consiste en un molde troncocónico de 30 cm. de altura y bases de 10 y 20 cm. de diámetro. Para la prueba se coloca el molde apoyado por su base mayor, sobre un tablero, llenándolo por su base menor, y una vez lleno de hormigón y enrasado se levanta dejando caer con cuidado la masa. Se mide la altura "H" del hormigón formado y en función de ella se conoce la consistencia:

Tabla 3.3: Consistencia del hormigón según la altura medida

| Consistencia | H (cm) |
|--------------|---------|
| Seca | 30 a 28 |
| Plástica | 28 a 20 |
| Blanda | 20 a 15 |
| Fluida | 15 a 10 |

En la prueba no se utilizará árido de más de 5 cm.

Otros trabajos

Artículo 22. Transporte e izado de báculos y columnas

Se emplearán los medios auxiliares necesarios para que durante el transporte no sufran las columnas y báculos deterioro alguno.

El izado y colocación de los báculos y columnas se efectuará de modo que queden

perfectamente aplomados en todas las direcciones.

Las tuercas de los pernos de fijación estarán provistas de arandelas.

La fijación definitiva se realizará a base de contratuercas, nunca por graneteo. Terminada esta operación se rematará la cimentación con mortero de cemento.

Artículo 23. Arquetas de registro

Serán de las dimensiones especificadas en el proyecto, dejando como fondo la tierra original a fin de facilitar el drenaje.

El marco será de angular 45x45x5 y la tapa, prefabricada, de hormigón de $R_k = 160$ kg/cm², armado con diámetro 10 o metálica y marco de angular 45x45x5. En el caso de aceras con terrazo, el acabado se realizará fundiendo losas de idénticas características.

El contratista tomará las disposiciones convenientes para dejar el menor tiempo posible abiertas las arquetas con el objeto de evitar accidentes.

Cuando no existan aceras, se rodeará el conjunto arqueta-cimentación con bordillos de 25x15x12 prefabricados de hormigón, debiendo quedar la rasante a 12 cm. sobre el nivel del terreno natural.

Artículo 24. Tendido de los conductores

El tendido de los conductores se hará con sumo cuidado, evitando la formación de cocas y torceduras, así como roces perjudiciales y tracciones exageradas.

No se dará a los conductores curvaturas superiores a las admisibles para cada tipo. El radio interior de curvatura no será menor que los valores indicados por el fabricante de los conductores.

Artículo 25. Acometidas

Serán de las secciones especificadas en el proyecto, se conectarán en las cajas situadas en el interior de las columnas y báculos, no existiendo empalmes en el interior de estos. Sólo se quitará el aislamiento de los conductores en la longitud que penetren en las bornas de conexión.

Las cajas estarán provistas de fichas de conexión (IV). La protección será, como mínimo, IP-437, es decir, protección contra cuerpos sólidos superiores a 1 mm. (4), contra agua de lluvia hasta 60° de la vertical (3) y contra energía de choque de 6 julios (7). Los fusibles (I) serán APR de 6 A, e irán en la tapa de la caja, de modo que ésta haga la función de seccionamiento. La entrada y salida de los conductores de la red se realizará por la cara inferior de la caja y la salida de la acometida por la cara superior.

Las conexiones se realizarán de modo que exista equilibrio entre fases.

Cuando las luminarias no lleven incorporado el equipo de reactancia y condensador, dicho equipo se fijará sólidamente en el interior del báculo o columna en lugar accesible.

Artículo 26. Empalmes y derivaciones

Los empalmes y derivaciones se realizarán preferiblemente en las cajas de acometidas descritas en el apartado anterior. De no resultar posible se harán en las arquetas, usando fichas de conexión (una por hilo), las cuales se encintarán con cinta auto soldable de una rigidez dieléctrica de 12 kV/mm, con capas a medio solape y encima de una cinta de vinilo con dos capas a medio solape.

Se reducirá al mínimo el número de empalmes, pero en ningún caso existirán empalmes a lo largo de los tendidos subterráneos.

Artículo 27. Tomas de tierra

La intensidad de defecto, umbral de desconexión de los interruptores diferenciales, será como máximo de 300 mA y la resistencia de puesta a tierra, medida en la puesta en servicio de la instalación, será como máximo de 30 Ohm. También se admitirán interruptores diferenciales de intensidad máxima de 500 mA o 1 A, siempre que la resistencia de puesta a tierra medida en la puesta en servicio de la instalación sea inferior o igual a 5 Ohm y a 1 Ohm, respectivamente. En cualquier caso, la máxima resistencia de puesta a tierra será tal que, a lo largo de la vida de la instalación y en cualquier época del año, no se puedan producir tensiones de contacto mayores de 24 V en las partes metálicas accesibles de la instalación (soportes, cuadros metálicos, etc).

La puesta a tierra de los soportes se realizará por conexión a una red de tierra común para todas las líneas que partan del mismo cuadro de protección, medida y control. En las redes de tierra, se instalará como mínimo un electrodo de puesta a tierra cada 5 soportes de luminarias, y siempre en el primero y en el último soporte de cada línea. Los conductores de la red de tierra que unen los electrodos deberán ser:

- Desnudos, de cobre, de 35 mm² de sección mínima, si forman parte de la propia red de tierra, en cuyo caso irán por fuera de las canalizaciones de los cables de alimentación.

- Aislados, mediante cables de tensión asignada 450/750 V, con recubrimiento de color verde-amarillo, con conductores de cobre, de sección mínima 16 mm² para redes subterráneas, y de igual sección que los conductores de fase para las redes posadas, en cuyo caso irán por el interior de las canalizaciones de los cables de alimentación.

El conductor de protección que une cada soporte con el electrodo o con la red de tierra, será de cable unipolar aislado, de tensión asignada 450/750 V, con recubrimiento de color verde-amarillo, y sección mínima de 16 mm² de cobre.

Todas las conexiones de los circuitos de tierra se realizarán mediante terminales, grapas, soldadura o elementos apropiados que garanticen un buen contacto permanente y protegido contra la corrosión.

Artículo 28. Bajantes

En las protecciones se utilizará, exclusivamente, el tubo y accesorios descritos en el

apartado 2.1.11.

Dicho tubo alcanzará una altura mínima de 2,50 m. sobre el suelo.

CAPITULO II-B. CONDUCCIONES AEREAS.

Artículo 29. Colocación de los conductores

Los conductores se dispondrán de modo que se vean lo menos posible, aprovechando para ello las posibilidades de ocultación que brinden las fachadas de los edificios.

Cuando se utilicen grapas, o cinta de aluminio, en las alineaciones rectas, la separación entre dos puntos de fijación consecutivos será, como máximo, de 40 cm. Las grapas quedarán bien sujetas a las paredes.

Cuando se utilicen tacos y abrazaderas, de las usuales para redes trenzadas, éstas serán del tipo especificado en el proyecto. Igualmente, la separación será, como máximo, la especificada en el proyecto.

Los conductores se fijarán de una parte a otra de los cambios de dirección y en la proximidad inmediata de su entrada en cajas de derivación u otros dispositivos.

No se darán a los conductores curvaturas superiores a las admisibles para cada tipo. El radio interior de curvatura no será menor que los valores indicados por el fabricante de los conductores.

El tendido se realizará con sumo cuidado, evitando la formación de cocas y torceduras, así como roces perjudiciales y tracciones exageradas.

Los conductores se fijarán a una altura no inferior a 2,50 m. del suelo.

Artículo 30. Acometidas

Serán de las secciones especificadas en el proyecto, se conectarán en el interior de cajas, no existiendo empalmes a lo largo de toda la acometida. Las cajas estarán provistas de fichas de conexión bimetálicas y a los conductores solo se quitará el aislamiento en la longitud que penetren en las bornas de conexión.

Si las luminarias llevan incorporada el equipo de reactancia y condensador, se utilizarán cajas de las descritas en el apartado 2.1.6, provistas de dos cartuchos A.P.R. de 6 A., los cuales se montarán en portafusibles seccionables de 20 A.

Si las luminarias no llevasen incorporado el equipo de reactancia y el condensador, se utilizarán cajas en chapa galvanizada de las descritas en el proyecto, en las que se colocarán las fichas de conexión, el equipo de encendido y los dos cartuchos APR de 6 A., los cuales se montarán en portafusibles seccionables de 20 A. La distancia de esta caja al suelo no será inferior a 2,50 m.

Sea cual fuese el tipo de caja, la entrada y salida de los conductores se hará por la cara inferior.

Las conexiones se realizarán de modo que exista equilibrio de fases.

Los conductores de la acometida no sufrirán deterioro o aplastamiento a su paso por el interior de los brazos. La parte roscada de los portalámparas, o su equivalente, se conectará al conductor que tenga menor tensión con respecto a tierra.

Artículo 31. Empalmes y derivaciones

Los empalmes y derivaciones se efectuarán exclusivamente en cajas de las descritas en el Artículo 8 y la entrada y salida de los conductores se hará por la cara inferior.

Se reducirá al mínimo el número de empalmes.

Artículo 32. Colocación de brazos murales

Se emplearán los medios auxiliares necesarios para que durante el transporte los brazos no sufran deterioro alguno.

Los brazos murales sólo se fijarán a aquellas partes de las construcciones que lo permitan por su naturaleza, estabilidad, solidez, espesor, etc., procurando dejar por encima del anclaje una altura de construcción al menos de 50 cm.

Los orificios de empotramiento serán reducidos al mínimo posible.

La puesta a tierra cumplirá las condiciones indicadas en el Capítulo II-A.

Artículo 33. Cruzamientos

Cuando se pase de un edificio a otro, o se crucen calles y vías transitadas, se utilizará cable fiador del tipo descrito en el Artículo 15. Dicho cable irá provisto de garras galvanizadas, 60x60x6 mm (una en cada extremo), perrillos galvanizados (dos en cada extremo), un tensor galvanizado de ½", como mínimo y guardacabos galvanizados.

En las calles y vías transitadas la altura mínima del conductor, en la condición de flecha más desfavorable, será de 6 m.

El tendido de este tipo de conducciones será tal que ambos extremos queden en la misma horizontal y procurando perpendicularidad con las fachadas.

Artículo 34. Paso a subterráneo

Se realizará según el Artículo 28.

Artículo 35. Palometas

Serán galvanizadas, en angular 60x60x6 mm., con garras de idéntico material. Su longitud será tal que alcanzado el tendido la altura necesaria en cada caso, los extremos queden en la misma horizontal.

Si fuesen necesarios tornapuntas serán de idéntico material, pero si lo necesario fuesen vientos, se utilizará el cable descrito en el Artículo 15, con los accesorios descritos en el Artículo 33. Los anclajes de los vientos se harán preferiblemente sobre edificios, en lugares que puedan absorber los esfuerzos a transmitir; nunca se usarán los árboles para los anclajes. Los vientos que puedan ser alcanzados sin medios especiales desde el suelo, terrazas, balcones, ventanas u otros lugares de fácil acceso a las personas, estarán interrumpidos por aisladores de retención apropiados.

En los tendidos verticales, los conductores se fijarán a las palometas mediante abrazaderas de doble collar de las usadas en líneas trenzadas.

Cuando las palometas sean accesibles llevarán una toma de tierra que estará de acuerdo a lo indicado en Capítulo II-A.

Artículo 36. Apoyos de madera

Tendrán la altura que se especifica en el proyecto, serán de madera creosotada, con 11 cm. de diámetro mínimo en cogolla y 18 cm. a 1,50 m. de las bases, con zanca de hormigón de 2 m. y 1.000 mkg. y dos abrazaderas sencillas galvanizadas.

La fijación del poste a la zanca se hará de modo que el mismo quede separado del suelo 15 cm., como mínimo, con el fin de preservar a la madera de la humedad de éste.

Si fuesen necesarios tirantes, se utilizará el cable descrito en el Artículo 15, los anclajes de estos pueden hacerse en el suelo o sobre edificios u otros elementos previstos para absorber los esfuerzos que aquellos puedan transmitir. No podrán utilizarse los árboles para el anclaje de los tirantes, y cuando estos anclajes se realicen en el suelo, se destacará su presencia hasta una altura de 2 m. Los tirantes estarán provistos de un tensor galvanizado, como mínimo de ½“, guardacabos galvanizados y dos perrillos galvanizados por extremo.

Los tirantes que puedan ser alcanzados sin medios especiales desde el suelo, terrazas, balcones, ventanas u otros lugares de fácil acceso a las personas, estarán interrumpidos por aisladores de retención apropiados.

Los tornapuntas se fijarán sobre los apoyos en el punto más próximo posible al de aplicación de la resultante de los esfuerzos actuantes sobre el mismo.

CAPITULO II-C. TRABAJOS COMUNES

Artículo 37. Fijación y regulación de las luminarias

Las luminarias se instalarán con la inclinación adecuada a la altura del punto de luz, ancho de calzada y tipo de luminaria. En cualquier caso, su plano transversal de simetría será perpendicular al de la calzada.

En las luminarias que tengan regulación de foco, las lámparas se situarán en el punto adecuado a su forma geométrica, a la óptica de la luminaria, a la altura del punto de luz y al ancho de la calzada.

Cualquiera que sea el sistema de fijación utilizado (brida, tornillo de presión, rosca, rótula, etc.) una vez finalizados el montaje, la luminaria quedará rígidamente sujeta, de modo que no pueda girar u oscilar respecto al soporte.

Artículo 38. Cuadro de maniobra y control

Todas las partes metálicas (bastidor, barras soporte, etc.) estarán estrictamente unidas entre sí y a la toma de tierra general, constituida según los especificado en el capítulo II-A.

La entrada y salida de los conductores se realizará de tal modo que no haga bajar el grado de estanquidad del armario.

Artículo 39. Célula fotoeléctrica

Se instalará orientada al Norte, de tal forma que no sea posible que reciba luz de ningún punto de luz de alumbrado público, de los faros de los vehículos o de ventanas próximas. De ser necesario se instalarán pantallas de chapa galvanizada o aluminio con las dimensiones y orientación que indique la Dirección Técnica.

Artículo 40. Medida de iluminación

La comprobación del nivel medio de alumbrado será verificada pasados los 30 días de funcionamiento de las instalaciones. Se tomará una zona de la calzada comprendida entre dos puntos de luz consecutivos de una misma banda si éstos están situados al tresbolillo, y entre tres en caso de estar pareados o dispuestos unilateralmente. Los puntos de luz que se escojan estarán separados una distancia que sea lo más cercana posible a la separación media.

En las horas de menos tráfico, e incluso cerrando éste, se dividirá la zona en rectángulos de dos a tres metros de largo midiéndose la iluminancia horizontal en cada uno de los vértices. Los valores obtenidos multiplicados por el factor de conservación, se indicará en un plano.

Las mediciones se realizarán a ras del suelo y, en ningún caso, a una altura superior a 50 cm., debiendo tomar las medidas necesarias para que no se interfiera la luz procedente de las diversas luminarias.

La célula fotoeléctrica del luxómetro se mantendrá perfectamente horizontal durante la lectura de iluminancia; en caso de que la luz incida sobre el plano de la calzada en ángulo comprendido entre 60° y 70° con la vertical, se tendrá en cuenta el "error de coseno". Si la adaptación de la escala del luxómetro se efectúa mediante filtro, se considerará dicho error a partir de los 50°.

Antes de proceder a esta medición se autorizará al adjudicatario a que efectúe una limpieza de polvo que se hubiera podido depositar sobre los reflectores y aparatos.

La iluminancia media se definirá como la relación de la mínima intensidad de iluminación, a la media intensidad de iluminación.

Artículo 41. Seguridad

Al realizar los trabajos en vías públicas, tanto urbanas como interurbanas o de cualquier tipo, cuya ejecución pueda entorpecer la circulación de vehículos, se colocarán las señales indicadoras que especifica el vigente Código de la Circulación. Igualmente se tomarán las oportunas precauciones en evitación de accidentes de peatones, como consecuencia de la ejecución de la obra.

3.8.3. Mantenimiento de la Eficiencia Energética de las Instalaciones

Para garantizar en el transcurso del tiempo el valor del factor de mantenimiento de la instalación, se realizarán las operaciones de reposición de lámparas y limpieza de luminarias con la periodicidad determinada por el cálculo del factor.

El titular de la instalación será el responsable de garantizar la ejecución del plan de mantenimiento de la instalación descrito en el proyecto o memoria técnica de diseño.

Las operaciones de mantenimiento relativas a la limpieza de las luminarias y a la sustitución de lámparas averiadas podrán ser realizadas directamente por el titular de la instalación o mediante subcontratación.

Las mediciones eléctricas y luminotécnicas incluidas en el plan de mantenimiento serán realizadas por un instalador autorizado en baja tensión, que deberá llevar un registro de operaciones de mantenimiento, en el que se reflejen los resultados de las tareas realizadas.

El registro podrá realizarse en un libro u hojas de trabajo o un sistema informatizado. En cualquiera de los casos, se numerarán correlativamente las operaciones de mantenimiento de la instalación de alumbrado exterior, debiendo figurar, como mínimo, la siguiente información:

- El titular de la instalación y la ubicación de ésta.
- El titular del mantenimiento.
- El número de orden de la operación de mantenimiento preventivo en la instalación.
- El número de orden de la operación de mantenimiento correctivo.
- La fecha de ejecución.
- Las operaciones realizadas y el personal que las realizó.

Además, con objeto de facilitar la adopción de medidas de ahorro energético, se registrará:

- Consumo energético anual.
- Tiempos de encendido y apagado de los puntos de luz.

- Medida y valoración de la energía activa y reactiva consumida, con discriminación horaria y factor de potencia.
- Niveles de iluminación mantenidos.

3.8.4. Mediciones Luminotécnicas en las Instalaciones de Alumbrado

3.8.4.1. Comprobaciones antes de realizar las medidas

3.8.4.1.1. Condiciones de validez para las medidas

a) Geometría de la instalación: los cálculos y medidas serán representativos para todas aquellas zonas que tengan la misma geometría en cuanto a:

- Distancia entre puntos de luz.
- Altura de montaje de los puntos de luz que intervienen en la medida.
- Longitud del brazo, saliente e inclinación.
- Ancho de calzada.
- Dimensiones de arceles, medianas, etc.

b) Tensión de alimentación: durante la medida se registrará el valor de la tensión de alimentación mediante un voltímetro registrador o, en su defecto, se realizarán medidas de la tensión de alimentación cada 30 minutos. Si se miden desviaciones o variaciones en la tensión de alimentación respecto al valor asignado de la instalación que pudieran afectar significativamente al flujo luminoso emitido por las lámparas, se aplicarán las correcciones correspondientes. En caso de utilizar sistema de regulación de flujo, la medición se llevará a cabo con los equipos a régimen nominal.

c) Influencia de otras instalaciones: Todas las lámparas próximas a una instalación ajenas a la misma deberán apagarse en el momento de las medidas (incluidos los faros de los vehículos, en cualquiera de los sentidos de circulación).

d) Condiciones meteorológicas: Aunque las exigencias de visibilidad son análogas para todas las condiciones meteorológicas, las medidas deben realizarse en tiempo seco y con los pavimentos limpios (salvo que se diseñe para pavimentos húmedos, de modo que las condiciones visuales no se deterioren notablemente durante los intervalos lluviosos). Además, no deben ejecutarse las medidas si la atmósfera no está completamente despejada de brumas o nieblas.

3.8.4.1.2. Medida de luminancias

La medida de la luminancia media y las uniformidades deberán realizarse sobre el terreno, comparándose los resultados obtenidos en el cálculo incluido en el proyecto con los de la medida. La medida requiere un pavimento usado durante cierto tiempo, y un tramo recto de calzada de longitud aproximada de 250 m.

a) Luminancias puntuales (L).

La medida deberá hacerse con luminancímetro, con un medidor de ángulo no mayor de

2' en la vertical, y entre 6' y 20' en la horizontal.

b) Luminancia media (Lm).

Para la medida de la luminancia media se utilizará un luminancímetro integrador, con limitadores de campo que correspondan a la superficie a medir: 100 m de longitud por el ancho de los carriles de circulación. El punto de observación estará situado a 60 m antes del límite anterior de la zona de medida, y el luminancímetro estará situado a 1,5 m de altura y a 1/4 del ancho de la calzada, medido desde el límite exterior en el último carril.

El método de referencia para comprobar la luminancia media dinámica consiste en hacer dos medidas con el luminancímetro integrador, una comenzando la zona de medida entre dos luminarias y otra coincidiendo con una de las luminarias (en el caso de una disposición al tresbolillo, entre dos luminarias en diferentes carriles).

La media de estas dos medidas es una buena aproximación a la luminancia media dinámica.

3.4.8.1.3. Medida de iluminancias

La medida se realizará con un iluminancímetro, también llamado luxómetro, que deberá cumplir las siguientes exigencias:

- a) Deberá tener un rango de medida adecuado, acorde a los niveles a medir y estar calibrado por un laboratorio acreditado.
- b) Deberá disponer de corrección del coseno hasta un ángulo de 85°.
- c) Tendrá corrección cromática, según CIE 69:1987 de acuerdo con la distribución espectral de las fuentes luminosas empleadas y su respuesta se ajustará a la curva media de sensibilidad V(I).
- d) El coeficiente de error por temperatura deberá estar especificado para margen de las temperaturas de funcionamiento previstas durante su uso.
- e) La fotocélula de luxómetro estará montada sobre un sistema que permita que ésta se mantenga horizontal en cualquier punto de medida.

Las medidas se realizarán sobre la capa de rodadura de la calzada, en los puntos determinados en la retícula de cálculo del proyecto. Todas las luminarias que intervienen en la medida y forman parte de la instalación de alumbrado, deben estar libres de obstáculos y podrán verse desde la fotocélula.

Una reducción de la retícula de medida, con respecto a la de cálculo, será admisible cuando no modifique los valores mínimos, máximos y medios en +- 5%.

1.4. Comprobación de las mediciones luminotécnicas

Los valores medios de las magnitudes medidas no diferirán más de un 10 % respecto a los valores de cálculo de proyecto.

3.8.4.2. Medida de luminancia

La luminancia en un punto de la calzada se obtiene mediante la fórmula:

$$L = S (I \cdot r/h^2)$$

donde el sumatorio (S) comprende todas las luminarias de la instalación considerada. Los valores de la intensidad luminosa (I) y del coeficiente de luminancia reducido (f) se obtienen por interpolación cuadrática en la matriz de intensidades de la luminaria y en la tabla de reflexión del pavimento. Por último, la variable (h) es la altura de la luminaria.

Una vez finalizada la instalación del alumbrado exterior, se procederá a efectuar las mediciones luminotécnicas, al objeto de comprobar los resultados del proyecto. La retícula de medida que se concreta más adelante es la que se utilizará en las medidas de campo. No obstante, podrán utilizarse otras retículas en el cálculo del proyecto siempre que incorporen un mayor número de puntos.

3.8.4.2.1. Selección de la retícula de medida

La retícula de medida es el conjunto de puntos en los que en el proyecto se calcularán los valores de luminancia. En sentido longitudinal, la retícula cubrirá el tramo de calzada comprendido entre dos luminarias consecutivas del mismo lado. En sentido transversal, deberá abarcar el ancho definido para el área de referencia (normalmente la anchura del carril de tráfico).

Los puntos de medida se dispondrán, uniformemente separados, como muestra la figura 1 de la ITC-EA-07, siendo su separación longitudinal D, no superior a 5 m, y su separación transversal d, no superior a 1,5 m. El número mínimo de puntos en la dirección longitudinal N, o transversal n, será de 3.

3.8.4.2.2. Posición del observador

El observador se colocará a 1,5 m de altura sobre la superficie de la calzada y en sentido longitudinal, a 60 m de la primera línea transversal de puntos de cálculo. En sentido transversal se situará a:

- a) 1/4 de ancho total de la calzada, medido desde el borde derecho de la misma (lado opuesto al de los puntos de luz en implantación unilateral), para la medida de la luminancia media L_m y de la uniformidad global U_o .
- b) en el centro de cada uno de los carriles del sentido considerado para la medida de la uniformidad longitudinal U_l , para cada sentido de circulación.

3.8.4.2.3. Área límite

Con el fin de evitar el efecto de otras instalaciones de alumbrado en los valores medidos de luminancia de una instalación, se establece un área límite dentro de la cual, deberá apagarse durante la medida cualquier luminaria que no pertenezca a dicha instalación.

La figura 4 de la ITC-EA-07 refleja el área límite citada anteriormente, siendo H la altura de montaje de las luminarias de la instalación considerada.

3.8.4.3. Medida de iluminancia

La iluminancia horizontal en un punto de la calzada se expresa mediante:

$$E = S (I \cdot \cos^3 g / h^2)$$

Siendo, I la intensidad luminosa, g el ángulo formado por la dirección de incidencia en el punto con la vertical y h la altura de la luminaria. El sumatorio (S) comprende todas las luminarias de la instalación.

3.8.4.3.1. Selección de la retícula de medida

La retícula de medida es el conjunto de puntos en los que en el proyecto se calcularán los valores de iluminancia. En sentido longitudinal, la retícula cubrirá el tramo de superficie iluminada comprendido entre dos luminarias consecutivas. En sentido transversal, deberá abarcar el ancho de área aplicable, tal y como se representa en la figura 5 de la ITC-EA-07.

Los puntos de medida se dispondrán, uniformemente separados y cubriendo toda el área aplicable, como muestra la figura 5, siendo su separación longitudinal D, no superior a 3 m, y su separación transversal d, no superior a 1 m. El número mínimo de puntos en la dirección longitudinal N será de 3.

3.8.4.3.2. Área límite

Con el fin de evitar el efecto de otras instalaciones de alumbrado en los valores medidos de iluminancia de una instalación, se establece un área límite dentro de la cual, deberá apagarse durante la medida, cualquier luminaria que no pertenezca a dicha instalación. El área límite a considerar está definida por una distancia al punto de medida de 5 veces la altura de montaje H de las luminarias de la instalación considerada.

3.8.4.3.3. Método simplificado de medida de la iluminancia media

El método denominado de los "nueve puntos" permite determinar de forma simplificada, la iluminancia media (E_m), así como también las uniformidades medias (U_m) y general (U_g).

A partir de la medición de la iluminancia en quince puntos de la calzada (véase fig. 6 de la ITC-EA-07), se determinará la iluminancia media horizontal (E_m) mediante una media ponderada, de acuerdo con el denominado método de los "nueve puntos".

Mediante el luxómetro se mide la iluminancia en los quince puntos resultantes de la intersección de las abscisas B, C, D, con las ordenadas 1, 2, 3, 4 y 5, de la figura 6.

Teniendo en cuenta una eventual inclinación de las luminarias hacia un lado u otro, se debe adoptar como medida real de la iluminancia en el punto teórico P1 la media aritmética de las medidas obtenidas en los puntos B1 y B5 y así sucesivamente, tal y como

consta en la tabla que se adjunta más adelante.

La iluminancia media es la siguiente:

$$E_m = E_1 + 2E_2 + E_3 + 2E_4 + 4E_5 + 2E_6 + E_7 + 2E_8 + E_9 / 16$$

Donde:

$$E_1 = (B1 + B5) / 2$$

$$E_2 = (C1 + C5) / 2$$

$$E_3 = (D1 + D5) / 2$$

$$E_4 = (B2 + B4) / 2$$

$$E_5 = (C2 + C4) / 2$$

$$E_6 = (D2 + D4) / 2$$

$$E_7 = B3$$

$$E_8 = C3$$

$$E_9 = D3$$

La uniformidad media (U_m) de iluminancia es el cociente entre el valor mínimo de las iluminancias E_i calculadas anteriormente y la iluminancia media (E_m).

La uniformidad general o extrema (U_g) se calcula dividiendo el valor mínimo de las iluminancias E_i entre el valor máximo de dichas iluminancias.

3.8.4.4. Medida de iluminancia en glorietas

La retícula de medida se representa en la figura 7 de la ITC-EA-07 y parte de 8 radios que tienen su origen en el centro de la glorieta, formando un ángulo entre ellos de 45°. El origen angular de los radios se elige arbitrariamente con independencia de la implantación de las luminarias.

El número de puntos de cálculo de cada uno de los 8 radios es función del número de carriles de tráfico del anillo de la glorieta, a razón de 3 puntos por carril de anchura (A), tal y como se representa en la figura 7.

En el caso de una implantación simétrica, el número de radios a considerar se podrá reducir a 2 consecutivos, que cubran un cuarto de la glorieta.

Cualquiera que sea el tipo de implantación de los puntos de luz -periférica o central-, exista simetría o no, la iluminancia media horizontal (E_m) del anillo de la glorieta será la media aritmética de las iluminancias (E_i) calculadas o medidas en los diferentes puntos de la retícula:

$$E_m = 1/n \sum E_i$$

La uniformidad media de iluminancia horizontal del citado anillo de la glorieta será el cociente entre el valor más pequeño de la iluminancia puntual (E_i) y la iluminancia media (E_m).

3.8.4.5. Deslumbramiento perturbador

Se basa en el cálculo de la luminancia de velo:

$$L_v = 10 \cdot S (E_g/q^2) \text{ (en cd/m}^2\text{)}$$

donde E_g (lux) es la iluminancia producida en el ojo en un plano perpendicular a la línea de visión, y q (grados) es el ángulo entre la dirección de incidencia de la luz en el ojo y la dirección de observación. El sumatorio (S) está extendido a todas las luminarias de la instalación.

Se considera que contribuyen al deslumbramiento perturbador todas las luminarias que se encuentren a menos de 500 m de distancia del observador (véase fig. 8 de la ITC-EA-07).

Para el cálculo de la luminancia de velo para cada hilera de luminarias, se comienza por la más cercana, alejándose progresivamente y acumulando las luminancias de velo producidas por cada una de ellas, hasta que su contribución individual sea inferior al 2% de la acumulada, y como máximo hasta las luminarias situadas a 500 m del observador. Finalmente, se sumarán las luminancias de velo de todas las hileras de luminarias.

El incremento del umbral de percepción se calcula según la expresión:

$$TI = 65 \cdot L_v / (L_m)^{0,8} \text{ (en \%)}$$

que es una fórmula válida para luminancias medias de calzada (L_m) entre 0,05 y 5 cd/m².

3.8.4.5.1. Angulo de apantallamiento

A efectos de cálculo del deslumbramiento perturbador en alumbrado vial, no se considerarán las luminarias cuya dirección de observación forme un ángulo mayor de 20° con la línea de visión, ya que se suponen apantalladas por el techo del vehículo, tal y como se representa en la figura 8.

3.8.4.5.2. Posición del observador

La posición del observador se definirá tanto en altura como en dirección longitudinal y transversal a la dirección de las luminarias:

- El observador se colocará a 1,5 m de altura sobre la superficie de la calzada
- en dirección longitudinal, de forma tal que la luminaria más cercana a considerar se encuentre formando exactamente 20° con la línea de visión, es decir a una distancia igual a $(h-1,5) \operatorname{tg} 70^\circ$. En el caso de disposiciones al tresbolillo, se efectuarán dos cálculos diferentes (con la primera luminaria de cada lado formando 20°) y se considerará para los cálculos, el mayor valor de los dos.
- En dirección transversal se situará a 1/4 de ancho total de la calzada, medido desde el borde derecho de la misma.

A partir de esta posición se calcula la suma de las luminancias de velo producidas por la

primera luminaria en la dirección de observación y las luminarias siguientes hasta una distancia de 500 m.

3.8.4.5.3. Control de la limitación del deslumbramiento en glorietas

En el caso de glorietas no se puede evaluar el deslumbramiento perturbador (incremento de umbral TI), dado que el anillo de una rotonda no es un tramo recto de longitud suficiente para poder situar al observador y medir luminancias en la calzada.

El índice GR puede utilizarse igual que se aplica en la iluminación de otras instalaciones de alumbrado de la ITC-EA-02.

Conviene definir una o varias posiciones del conductor de un vehículo que circula por una vía que afluye a la glorieta en posición lejana y próxima, incluso en el propio anillo.

Preferentemente se considerarán dos posiciones de observación representadas en las figuras 10 y 11 de la ITC-EA-07, con una altura de observación de 1,50 m.

- Posición 1

Sobre una vía de tráfico que afluye a la glorieta, y el observador mirando el centro de la isleta.

- Posición 2

Sobre el anillo que rodea la isleta central, con dirección de la mirada tangencial al anillo.

3.8.4.6. Relación entorno SR

Para calcular la relación entorno (SR), es necesario definir 4 zonas de cálculo de forma rectangular situadas a ambos lados de los dos bordes de la calzada, tal y como se representa en la figura 12 de la ITC-EA-07.

A cada lado de la calzada, se calcula la relación entre la iluminancia media de la zona situada en el exterior de la calzada y la iluminancia media de la zona adyacente situada sobre la calzada. La relación entorno SR es la más pequeña de las dos relaciones.

La anchura (A_{SR}) de cada una de las zonas de cálculo se tomará como 5 m o la mitad de la anchura de la calzada, si ésta es inferior a 10 m.

Si los bordes de la calzada están obstruidos, se limitará el cálculo a la parte de los bordes que están despejados.

En presencia, por ejemplo, de una banda de parada de urgencia, o de un arcén que bordea la calzada, se tomará para (A_{SR}) la anchura de este espacio.

La longitud de las zonas de cálculo de la relación entorno (SR) es igual a la separación (S) entre puntos de luz.

3.8.4.6.1. Número y posición de los puntos de cálculo en sentido longitudinal

El número (N) de puntos de cálculo y la separación (D) entre dos puntos sucesivos, se

determinan de igual forma a la establecida para el cálculo de luminancias e iluminancias de la calzada.

Los puntos exteriores de la malla están separados, respecto a los bordes de la zona de cálculo, por una distancia ($D/2$) en el sentido transversal.

3.8.4.6.2. Número y posición de los puntos de cálculo en el sentido transversal

El número de puntos de cálculo será $n=3$ si $A_{SR} > 2,5$ m y $n=1$ en caso contrario. La separación (d) entre dos puntos sucesivos, se calculará en función la anchura (A_{SR}) de la zona de cálculo, como:

$$d = 2 \cdot A_{SR}/n$$

Las líneas transversales extremas de los puntos de cálculo estarán separadas una distancia ($d/2$), de la primera y última luminaria, respectivamente.

4. PRESUPUESTO

4.1. Desglose de precios unitarios

4.1.1. Precios unitarios del centro de transformación

Centro de transformación prefabricado

Tabla 4.1: Desglose precio unitario centro de transformación prefabricado

| Código | Unidad | Descripción | Rendimiento | Precio unitario | Importe |
|--|--|---|---------------------------------|-----------------|-----------------|
| 1 | Materiales | | | | |
| mt35ctr010c | Ud | Edificio prefabricado constituido por una envolvente, de estructura monobloque, de hormigón armado, tipo pfu.5/20, de dimensiones generales aproximadas 6080 mm de largo por 2380 mm de fondo por 3045 mm de alto. Incluye el edificio y todos sus elementos exteriores según CEI 622171-202, transporte, montaje y accesorios. | 1,000 | 11548,52 | 11548,52 |
| | | | Subtotal materiales: | | 11548,52 |
| 2 | Mano de obra | | | | |
| mo020 | h | Oficial 1ª construcción. | 2,205 | 20,30 | 44,76 |
| mo077 | h | Ayudante construcción. | 2,205 | 19,60 | 43,22 |
| | | | Subtotal mano de obra: | | 87,98 |
| 3 | Costes directos complementarios | | | | |
| | % | Costes directos complementarios | 2,000 | 9424,90 | 188,50 |
| Coste de mantenimiento decenal: 480,67€ en los primeros 10 años. | | | Costes directos (1+2+3): | | 11825,00 |

Cuadro de baja tensión

Tabla 4.2: Desglose precio unitario cuadro de baja tensión

| Código | Unidad | Descripción | Rendimiento | Precio unitario | Importe |
|------------|---------------------|--|----------------------|-----------------|---------|
| 1 | Materiales | | | | |
| mt35abt010 | Ud | Cuadro de baja tensión con seccionamiento en cabecera mediante pletinas deslizantes, de 440 V de tensión asignada, 1600 A de intensidad nominal, 580x300x1810 mm, de 4 salidas con base portafusible vertical tripolar desconectable en carga de hasta 1260 A de intensidad nominal. | 1,000 | 1352,67 | 1352,67 |
| | | | Subtotal materiales: | | 1352,67 |
| 2 | Mano de obra | | | | |

| | | | | | |
|---|--|---------------------------------|---------------------------------|---------|----------------|
| mo003 | h | Oficial 1ª electricista. | 2,205 | 20,87 | 46,02 |
| mo102 | h | Ayudante electricista. | 2,205 | 19,58 | 43,17 |
| | | | Subtotal mano de obra: | | 89,19 |
| 3 | Costes directos complementarios | | | | |
| | % | Costes directos complementarios | 2,000 | 1441,86 | 28,84 |
| Coste de mantenimiento decenal: 73,54€ en los primeros 10 años. | | | Costes directos (1+2+3): | | 1470,70 |

Celda de línea

Tabla 4.3: Desglose precio unitario celda de línea

| Código | Unidad | Descripción | Rendimiento | Precio unitario | Importe |
|--|--|--|---------------------------------|-----------------|----------------|
| 1 | Materiales | | | | |
| mt35amt010a | Ud | Celda de línea, de 24 kV de tensión asignada, 400 A de intensidad nominal, 365x735x1740 mm, con aislamiento integral de SF6, formada por cuerpo metálico, embarrado de cobre e interruptor-seccionador tripolar rotativo de 3 posiciones conectado/seccionado/puesto a tierra. | 1,000 | 6845,10 | 6845,10 |
| | | | Subtotal materiales: | | 6845,10 |
| 2 | Mano de obra | | | | |
| mo003 | h | Oficial 1ª electricista. | 2,205 | 20,87 | 46,02 |
| mo102 | h | Ayudante electricista. | 2,205 | 19,58 | 43,17 |
| | | | Subtotal mano de obra: | | 89,19 |
| 3 | Costes directos complementarios | | | | |
| | % | Costes directos complementarios | 2,000 | 6934,29 | 138,69 |
| Coste de mantenimiento decenal: 353,65€ en los primeros 10 años. | | | Costes directos (1+2+3): | | 7072,98 |

Celda de protección con fusible

Tabla 4.4: Desglose precio unitario celda de protección con fusible

| Código | Unidad | Descripción | Rendimiento | Precio unitario | Importe |
|--|--|--|---------------------------------|-----------------|----------------|
| 1 | Materiales | | | | |
| mt35amt020a | Ud | Celda de protección con fusible, de 24 kV de tensión asignada, 400 A de intensidad nominal, 470x735x1740 mm, con aislamiento integral de SF6, formada por cuerpo metálico, embarrado de cobre, interruptor-seccionador tripolar rotativo de 3 posiciones conectado/seccionado/puesto a tierra y fusibles combinados. | 1,000 | 3575,80 | 3575,80 |
| | | | Subtotal materiales: | | 3575,80 |
| 2 | Mano de obra | | | | |
| mo003 | h | Oficial 1ª electricista. | 2,205 | 20,87 | 46,02 |
| mo102 | h | Ayudante electricista. | 2,205 | 19,58 | 43,17 |
| | | | Subtotal mano de obra: | | 89,19 |
| 3 | Costes directos complementarios | | | | |
| | % | Costes directos complementarios | 2,000 | 3664,99 | 73,30 |
| Coste de mantenimiento decenal: 186,91€ en los primeros 10 años. | | | Costes directos (1+2+3): | | 3738,29 |

Transformador

Tabla 4.5: Desglose precio unitario transformador

| Código | Unidad | Descripción | Rendimiento | Precio unitario | Importe |
|-------------|-------------------|---|-------------|-----------------|----------|
| 1 | Materiales | | | | |
| mt35tra010f | Ud | Transformador Ormazabal trifásico en baño de aceite, con refrigeración natural, de 400 kVA de potencia, de 24 kV de tensión asignada, 20 kV de tensión del primario y 420 V de tensión del secundario en vacío, de 50 Hz de frecuencia, y grupo de conexión Dyn11. Según UNE 21428, UNE-EN 50464 e IEC 60076-1. | 1,000 | 17389,06 | 17389,06 |

| | | | | | |
|--|--|--|---------------------------------|---------|-----------------|
| mt35cun040aa | Ud. | Juego de puentes de cables de BT, de sección y material 0,6/1 kV tipo RZ1 de 1x240Al sin armadura, y todos los accesorios para la conexión, formados por un grupo de cables en la cantidad 3xfase + 2xneutro de 2,5 m de longitud. | 1,000 | 1050,00 | 1050,00 |
| | | | Subtotal materiales: | | 18439,06 |
| 2 | Mano de obra | | | | |
| mo003 | h | Oficial 1ª electricista. | 8,821 | 20,87 | 184,09 |
| mo102 | h | Ayudante electricista. | 8,821 | 19,58 | 172,72 |
| | | | Subtotal mano de obra: | | 356,81 |
| 3 | Costes directos complementarios | | | | |
| | % | Costes directos complementarios | 2,000 | 8947,92 | 178,96 |
| Coste de mantenimiento decenal: 456,34€ en los primeros 10 años. | | | Costes directos (1+2+3): | | 18974,83 |

Fusible de 40 A

Tabla 4.6: Desglose precio unitario fusible de 40 A

| Código | Unidad | Descripción | Rendimiento | Precio unitario | Importe |
|--|--|---|---------------------------------|-----------------|--------------|
| 1 | Materiales | | | | |
| mt35amc820bhv | Ud | Fusible de cuchillas, tipo gG, intensidad nominal 40 A, poder de corte 120 kA, tamaño T0, según UNE-EN 60269-1. | 1,000 | 7,80 | 7,80 |
| mt35amc830ab | Ud | Base para fusible de cuchillas, unipolar (1P), intensidad nominal 160 A, según UNE-EN 60269-1. | 1,000 | 11,62 | 11,62 |
| | | | Subtotal materiales: | | 19,42 |
| 2 | Mano de obra | | | | |
| mo003 | h | Oficial 1ª electricista. | 0,200 | 20,48 | 4,10 |
| | | | Subtotal mano de obra: | | 4,10 |
| 3 | Costes directos complementarios | | | | |
| | % | Costes directos complementarios | 2,000 | 23,52 | 0,47 |
| Coste de mantenimiento decenal: 1,20€ en los primeros 10 años. | | | Costes directos (1+2+3): | | 23,99 |

Fusible de 100 A

Tabla 4.7: Desglose precio unitario fusible de 100 A

| Código | Unidad | Descripción | Rendimiento | Precio unitario | Importe |
|--|--|--|---------------------------------|-----------------|--------------|
| 1 | Materiales | | | | |
| mt35amc820bhv | Ud | Fusible de cuchillas, tipo gG, intensidad nominal 100 A, poder de corte 120 kA, tamaño T0, según UNE-EN 60269-1. | 1,000 | 7,80 | 7,80 |
| mt35amc830ab | Ud | Base para fusible de cuchillas, unipolar (1P), intensidad nominal 160 A, según UNE-EN 60269-1. | 1,000 | 11,62 | 11,62 |
| | | | Subtotal materiales: | | 19,42 |
| 2 | Mano de obra | | | | |
| mo003 | h | Oficial 1ª electricista. | 0,200 | 20,48 | 4,10 |
| | | | Subtotal mano de obra: | | 4,10 |
| 3 | Costes directos complementarios | | | | |
| | % | Costes directos complementarios | 2,000 | 23,52 | 0,47 |
| Coste de mantenimiento decenal: 1,20€ en los primeros 10 años. | | | Costes directos (1+2+3): | | 23,99 |

Fusible de 125 A

Tabla 4.8: Desglose precio unitario fusible de 125 A

| Código | Unidad | Descripción | Rendimiento | Precio unitario | Importe |
|---------------|---------------------|--|------------------------|-----------------|---------|
| 1 | Materiales | | | | |
| mt35amc820bhv | Ud | Fusible de cuchillas, tipo gG, intensidad nominal 125 A, poder de corte 120 kA, tamaño T0, según UNE-EN 60269-1. | 1,000 | 7,95 | 7,95 |
| mt35amc830ab | Ud | Base para fusible de cuchillas, unipolar (1P), intensidad nominal 160 A, según UNE-EN 60269-1. | 1,000 | 11,62 | 11,62 |
| | | | Subtotal materiales: | | 19,57 |
| 2 | Mano de obra | | | | |
| mo003 | h | Oficial 1ª electricista. | 0,200 | 20,48 | 4,10 |
| | | | Subtotal mano de obra: | | 4,10 |

| | | | | | |
|--|--|---------------------------------|---------------------------------|-------|--------------|
| 3 | Costes directos complementarios | | | | |
| | % | Costes directos complementarios | 2,000 | 23,67 | 0,47 |
| Coste de mantenimiento decenal: 1,21€ en los primeros 10 años. | | | Costes directos (1+2+3): | | 24,14 |

Sistema de puesta a tierra

Tabla 4.9: Desglose precio unitario cable 4x50 mm²

| Código | Unidad | Descripción | Rendimiento | Precio unitario | Importe |
|------------|--------|--|-------------------------|-----------------|----------------|
| mt25tta011 | Ud | Instalación exterior de puesta a tierra de protección en el edificio de transformación, debidamente montada y conexionada, empleando conductor de cobre desnudo. Geometría: Anillo rectangular Profundidad: 0,8 m Número de picas: cuatro Longitud de picas: 2 metros Dimensiones del rectángulo: 7.0x2.5 m | 1,000 | 1285,00 | 1285,00 |
| mt25tta012 | Ud | Tierra de servicio o neutro del transformador. Instalación exterior realizada con cobre aislado con el mismo tipo de materiales que las tierras de protección. Geometría: Picas alineadas ·Profundidad: 0,8 m ·Número de picas: dos ·Longitud de picas: 2 metros ·Distancia entre picas: 3 metros | 1,000 | 630,00 | 630,00 |
| mt25tta013 | Ud. | Instalación de puesta a tierra de protección en el edificio de transformación, con el conductor de cobre desnudo, grapado a la pared, y conectado a los equipos de MT y demás aparataje de este edificio, así como una caja general de tierra de protección según las normas de la compañía suministradora. | 1,000 | 925,00 | 925,00 |
| mt25tta014 | Ud. | Instalación de puesta a tierra de servicio en el edificio de transformación, con el conductor de cobre aislado, grapado a la pared, y conectado al neutro de BT, así como una caja general de tierra de servicio según las normas de la compañía suministradora. | 1,000 | 925,00 | 925,00 |
| | | | Costes directos: | | 3765,00 |

4.1.2. Precios unitarios de la red de baja tensión

Cable 4x50 mm²

Tabla 4.10: Desglose precio unitario cable 4x50 mm²

| Código | Unidad | Descripción | Rendimiento | Precio unitario | Importe |
|--------------|----------------------------|--|-------------------------------|-----------------|---------|
| 1 | Materiales | | | | |
| mt01ara010 | m ³ | Arena de 0 a 5 mm de diámetro. | 0,065 | 12,28 | 0,80 |
| mt35aia080ah | m | Tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 160 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 250 N, con grado de protección IP549 según UNE 20324, con hilo guía incorporado. Según UNE-EN 61386-1, UNE-EN 61386-22 y UNE-EN 50086-2-4. | 2,000 | 4,53 | 9,06 |
| mt35tpe030a | m | Tetratubo de polietileno de alta densidad (PEAD/HDPE) libre de halógenos, color verde, de 4x40 mm de diámetro nominal y 3 mm de espesor formado por cuatro tubos iguales, unidos entre sí, con la pared interior estriada longitudinalmente y recubierta con silicona, suministrado en rollos de 300 m de longitud. | 1,000 | 9,19 | 9,19 |
| mt35cun350a | m | Cable unipolar RV, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca según UNE-EN 50575, con conductor de aluminio clase 2 de 50 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de PVC (V). Según UNE 21123-4. | 4,000 | 3,24 | 12,96 |
| mt35www030 | m | Cinta de señalización de polietileno, de 150 mm de anchura, color amarillo, con la inscripción "¡ATENCIÓN! DEBAJO HAY CABLES ELÉCTRICOS" y triángulo de riesgo eléctrico. | 2,000 | 0,26 | 0,52 |
| | | | Subtotal materiales: | | 32,53 |
| 2 | Equipo y maquinaria | | | | |
| mq04dua020b | h | Dumper de descarga frontal de 2 t de carga útil. | 0,007 | 10,58 | 0,07 |
| mq02rop020 | h | Pisón vibrante de guiado manual, de 80 kg, con placa de 30x30 cm, tipo rana. | 0,054 | 4,00 | 0,22 |
| mq02cia020j | h | Camión cisterna, de 8 m ³ de capacidad. | 0,001 | 45,78 | 0,05 |
| | | | Subtotal equipo y maquinaria: | | 0,34 |

| 3 | | Mano de obra | | | |
|--|---|---------------------------------|---------------------------------------|-------|--------------|
| mo020 | h | Oficial 1ª construcción. | 0,091 | 20,30 | 1,85 |
| mo113 | h | Peón ordinario construcción. | 0,091 | 19,07 | 1,74 |
| mo003 | h | Oficial 1ª electricista. | 0,275 | 20,87 | 5,74 |
| mo102 | h | Ayudante electricista. | 0,226 | 19,58 | 4,43 |
| | | | Subtotal mano de obra: | | 13,76 |
| 4 | | Costes directos complementarios | | | |
| | % | Costes directos complementarios | 2,000 | 46,59 | 0,93 |
| Coste de mantenimiento decenal: 2,38€ en los primeros 10 años. | | | Costes directos (1+2+3+4): | | 47,56 |

Cable 3x150/95 mm²

Tabla 4.11: Desglose precio unitario cable 3x150/95 mm²

| Código | Unidad | Descripción | Rendimiento | Precio unitario | Importe |
|--------------|----------------|---|-------------|-----------------|---------|
| 1 | | Materiales | | | |
| mt01ara010 | m ³ | Arena de 0 a 5 mm de diámetro. | 0,065 | 12,28 | 0,80 |
| mt35aia080ah | m | Tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 160 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 250 N, con grado de protección IP 549 según UNE 20324, con hilo guía incorporado. Según UNE-EN 61386-1, UNE-EN 61386-22 y UNE-EN 50086-2-4. | 2,000 | 4,53 | 9,06 |
| mt35tpe030a | m | Tetratubo de polietileno de alta densidad (PEAD/HDPE) libre de halógenos, color verde, de 4x40 mm de diámetro nominal y 3 mm de espesor formado por cuatro tubos iguales, unidos entre sí, con la pared interior estriada longitudinalmente y recubierta con silicona, suministrado en rollos de 300 m de longitud. | 1 | 9,19 | 9,19 |
| mt35cun350c | m | Cable unipolar RV, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca según UNE-EN 50575, con conductor de aluminio clase 2 de 150 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de PVC (V). Según UNE 21123-4. | 3,000 | 5,32 | 15,96 |

| | | | | | |
|--|--|--|-----------------------------------|--------|--------------|
| mt35cun350b | m | Cable unipolar RV, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca según UNE-EN 50575, con conductor de aluminio clase 2 de 95 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de PVC (V). Según UNE 21123-4. | 1,000 | 4,05 | 4,05 |
| mt35www030 | m | Cinta de señalización de polietileno, de 150 mm de anchura, color amarillo, con la inscripción "¡ATENCIÓN! DEBAJO HAY CABLES ELÉCTRICOS" y triángulo de riesgo eléctrico. | 2,000 | 0,26 | 0,52 |
| | | | Subtotal materiales: | | 39,58 |
| 2 | Equipo y maquinaria | | | | |
| mq04dua020b | h | Dumper de descarga frontal de 2 t de carga útil. | 0,007 | 10,58 | 0,07 |
| mq02rop020 | h | Pisón vibrante de guiado manual, de 80 kg, con placa de 30x30 cm, tipo rana. | 0,054 | 4,00 | 0,22 |
| mq02cia020j | h | Camión cisterna, de 8 m ³ de capacidad. | 0,001 | 45,78 | 0,05 |
| | | | Subtotal equipo y maquinaria: | | 0,34 |
| 3 | Mano de obra | | | | |
| mo020 | h | Oficial 1ª construcción. | 0,091 | 20,30 | 1,85 |
| mo113 | h | Peón ordinario construcción. | 0,091 | 19,07 | 1,74 |
| mo003 | h | Oficial 1ª electricista. | 0,330 | 20,87 | 6,89 |
| mo102 | h | Ayudante electricista. | 0,281 | 19,58 | 5,50 |
| | | | Subtotal mano de obra: | | 15,98 |
| 4 | Costes directos complementarios | | | | |
| | % | Costes directos complementarios | 2,000 | 55,90° | 1,12 |
| Coste de mantenimiento decenal: 2,85€ en los primeros 10 años. | | | Costes directos (1+2+3+4): | | 57,02 |

Arquetas

Tabla 4.12: Desglose precio unitario arqueta

| Código | Unidad | Descripción | Rendimiento | Precio unitario | Importe |
|--|--|---|-----------------------------------|-----------------|--------------|
| 1 | Materiales | | | | |
| mt35arg100a | Ud | Arqueta de conexión eléctrica, prefabricada de hormigón, sin fondo, registrable, de 30x30x30 cm de medidas interiores, con paredes rebajadas para la entrada de tubos, capaz de soportar una carga de 400 kN. | 1,000 | 4,84 | 4,84 |
| mt35arg105a | Ud | Marco de chapa galvanizada y tapa de hormigón armado aligerado, de 39,5x38,5 cm, para arqueta de conexión eléctrica, capaz de soportar una carga de 125 kN. | 1,000 | 12,15 | 12,15 |
| mt01arr010a | t | Grava de cantera, de 19 a 25 mm de diámetro. | 0,290 | 7,23 | 2,10 |
| | | | Subtotal materiales: | | 19,09 |
| 2 | Equipo y maquinaria | | | | |
| mq01ret020b | h | Retrocargadora sobre neumáticos, de 70 kW. | 0,022 | 36,52 | 0,80 |
| | | | Subtotal equipo y maquinaria: | | 0,80 |
| 3 | Mano de obra | | | | |
| mo041 | h | Oficial 1ª construcción de obra civil. | 0,500 | 19,93 | 9,97 |
| mo087 | h | Ayudante construcción de obra civil. | 0,531 | 18,92 | 10,05 |
| | | | Subtotal mano de obra: | | 20,02 |
| 4 | Costes directos complementarios | | | | |
| | % | Costes directos complementarios | 2,000 | 39,91 | 0,80 |
| Coste de mantenimiento decenal: 2,04€ en los primeros 10 años. | | | Costes directos (1+2+3+4): | | 40,71 |

Conductor desnudo para la red de baja tensión

Tabla 4.13: Desglose precio unitario conductor desnudo para la red de baja tensión

| Código | Unidad | Descripción | Rendimiento | Precio unitario | Importe |
|--|--|---|---------------------------------|-----------------|-------------|
| 1 | Materiales | | | | |
| mt35tc010b | m | Conductor de cobre desnudo, de 35 mm ² . | 1,000 | 2,87 | 2,87 |
| mt35www020 | Ud | Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra. | 0,100 | 1,17 | 0,12 |
| | | | Subtotal materiales: | | 2,99 |
| 2 | Mano de obra | | | | |
| mo003 | h | Oficial 1ª electricista. | 0,110 | 20,87 | 2,30 |
| | | | Subtotal mano de obra: | | 2,30 |
| 3 | Costes directos complementarios | | | | |
| | % | Costes directos complementarios | 2,000 | 5,29 | 0,11 |
| Coste de mantenimiento decenal: 0,11€ en los primeros 10 años. | | | Costes directos (1+2+3): | | 5,40 |

4.1.3. Precios unitarios alumbrado público

Toma de tierra

Tabla 4.14: Desglose precio unitario toma de tierra

| Código | Unidad | Descripción | Rendimiento | Precio unitario | Importe |
|-------------|-------------------|---|-------------|-----------------|---------|
| 1 | Materiales | | | | |
| mt35tte010b | Ud | Electrodo para red de toma de tierra cobreado con 300 µm, fabricado en acero, de 15 mm de diámetro y 2 m de longitud. | 1,000 | 18,39 | 18,39 |
| mt35tc010b | m | Conductor de cobre desnudo, de 35 mm ² . | 0,250 | 2,87 | 0,72 |
| mt35tta040 | Ud | Grapa abarcón para conexión de pica. | 1,000 | 1,02 | 1,02 |
| mt35tta010 | Ud | Arqueta de polipropileno para toma de tierra, de 300x300 mm, con tapa de registro. | 1,000 | 75,60 | 75,60 |
| mt35tta030 | Ud | Puente para comprobación de puesta a tierra de la instalación eléctrica. | 1,000 | 47,00 | 47,00 |

| | | | | | |
|--|--|---|-----------------------------------|--------|---------------|
| mt35tta060 | Ud | Saco de 5 kg de sales minerales para la mejora de la conductividad de puestas a tierra. | 0,333 | 3,58 | 1,19 |
| mt35www020 | Ud | Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra. | 1,000 | 1,17 | 1,17 |
| | | | Subtotal materiales: | | 145,09 |
| 2 | Equipo y maquinaria | | | | |
| mq01ret020b | h | Retrocargadora sobre neumáticos, de 70 kW. | 0,003 | 37,24 | 0,11 |
| | | | Subtotal equipo y maquinaria: | | 0,11 |
| 3 | Mano de obra | | | | |
| mo003 | h | Oficial 1ª electricista. | 0,276 | 20,87 | 5,76 |
| mo102 | h | Ayudante electricista. | 0,276 | 19,58 | 5,40 |
| mo113 | h | Peón ordinario construcción. | 0,001 | 19,07 | 0,02 |
| | | | Subtotal mano de obra: | | 11,18 |
| 4 | Costes directos complementarios | | | | |
| | % | Costes directos complementarios | 2,000 | 156,38 | 3,13 |
| Coste de mantenimiento decenal: 3,19€ en los primeros 10 años. | | | Costes directos (1+2+3+4): | | 159,51 |

Cuadro de control y protección del alumbrado público

Tabla 4.15: Desglose precio unitario cuadro de control y protección del alumbrado público

| Código | Unidad | Descripción | Rendimiento | Precio unitario | Importe |
|---------------------|-------------------|--|-------------|-----------------|---------|
| 1 | Materiales | | | | |
| mt35cgm100l | Ud | Caja de superficie con puerta opaca, de 800x250x1000 mm, fabricada en poliéster, con grado de protección IP66, color gris RAL 7035. | 1,000 | 567,25 | 567,25 |
| mt35cgm021aceal | Ud | Interruptor general automático (IGA), de 4 módulos, tetrapolar (4P), con 10 kA de poder de corte, de 40 A de intensidad nominal, curva C, incluso accesorios de montaje. Según UNE-EN 60898-1. | 1,000 | 118,84 | 118,84 |
| mt35cgm021bbba b | Ud | Interruptor automático magnetotérmico, de 2 módulos, bipolar (2P), con 6 kA de poder de corte, de 10 A de intensidad nominal, curva C, incluso accesorios de montaje. Según UNE-EN 60898-1. | 2,000 | 12,70 | 25,40 |
| mt35cgm029ag | Ud | Interruptor diferencial instantáneo, 2P/25A/300mA, de 2 módulos, incluso accesorios de montaje. Según UNE-EN 61008-1. | 1,000 | 93,19 | 93,19 |
| mt35cgm080a | Ud | Interruptor crepuscular con célula fotoeléctrica, incluso accesorios de montaje. | 1,000 | 178,69 | 178,69 |
| mt35cgm090a | Ud | Interruptor horario programable. | 1,000 | 150,64 | 150,64 |
| mt35cgm070a | Ud | Contactador de maniobra, de 40 A de intensidad nominal, tetrapolar (4P), de 4 módulos, incluso accesorios de montaje. Según IEC 60947-4. | 1,000 | 64,24 | 64,24 |
| mt35cgm021bbea h | Ud | Interruptor automático magnetotérmico, de 4 módulos, tetrapolar (4P), con 6 kA de poder de corte, de 25 A de intensidad nominal, curva C, incluso accesorios de montaje. Según UNE-EN 60898-1. | 4,000 | 80,47 | 321,88 |
| mt35cgm031ag | Ud | Interruptor diferencial instantáneo, 4P/25A/300mA, de 4 módulos, incluso accesorios de montaje. Según UNE-EN 61008-1. | 4,000 | 144,70 | 578,80 |

| | | | | | |
|--|--|--|---------------------------------|---------|----------------|
| mt35www010 | Ud | Material auxiliar para instalaciones eléctricas. | 2,000 | 1,51 | 3,02 |
| | | | Subtotal materiales: | | 2101,95 |
| 2 | Mano de obra | | | | |
| mo003 | h | Oficial 1ª electricista. | 2,756 | 20,87 | 57,52 |
| mo102 | h | Ayudante electricista. | 2,073 | 19,58 | 40,59 |
| | | | Subtotal mano de obra: | | 98,11 |
| 3 | Costes directos complementarios | | | | |
| | % | Costes directos complementarios | 2,000 | 2200,06 | 44,00 |
| Coste de mantenimiento decenal: 112,20€ en los primeros 10 años. | | | Costes directos (1+2+3): | | 2244,06 |

Canalización subterránea de protección del cableado de alumbrado público

Tabla 4.16: Desglose precio unitario canalización subterránea de protección del cableado de alumbrado público

| Código | Unidad | Descripción | Rendimiento | Precio unitario | Importe |
|--------------|--|---|------------------------|-----------------|-------------|
| 1 | Materiales | | | | |
| mt35aia080ae | m | Tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 90 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 250 N, con grado de protección IP549 según UNE 20324, con hilo guía incorporado. Según UNE-EN 61386-1, UNE-EN 61386-22 y UNE-EN 50086-2-4. | 1,000 | 1,94 | 1,94 |
| mt35www010 | Ud | Material auxiliar para instalaciones eléctricas. | 0,100 | 1,51 | 0,15 |
| | | | Subtotal materiales: | | 2,09 |
| 2 | Mano de obra | | | | |
| mo003 | h | Oficial 1ª electricista. | 0,036 | 20,87 | 0,75 |
| mo102 | h | Ayudante electricista. | 0,022 | 19,58 | 0,43 |
| | | | Subtotal mano de obra: | | 1,18 |
| 3 | Costes directos complementarios | | | | |

| | | | | | |
|--|---|---------------------------------|---------------------------------|------|-------------|
| | % | Costes directos complementarios | 2,000 | 3,27 | 0,07 |
| Coste de mantenimiento decenal: 0,17€ en los primeros 10 años. | | | Costes directos (1+2+3): | | 3,34 |

Cable 4x6 mm²

Tabla 4.17: Desglose precio unitario cable 4x6 mm2

| Código | Unidad | Descripción | Rendimiento | Precio unitario | Importe |
|--|--|--|---------------------------------|-----------------|-------------|
| 1 | Materiales | | | | |
| mt35cun010e1 | m | Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 6 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 21123-4. | 4,000 | 1,52 | 6,08 |
| mt35www010 | Ud | Material auxiliar para instalaciones eléctricas. | 0,100 | 1,51 | 0,15 |
| | | | Subtotal materiales: | | 6,23 |
| 2 | Mano de obra | | | | |
| mo003 | h | Oficial 1ª electricista. | 0,044 | 20,87 | 0,92 |
| mo102 | h | Ayudante electricista. | 0,044 | 19,58 | 0,86 |
| | | | Subtotal mano de obra: | | 1,78 |
| 3 | Costes directos complementarios | | | | |
| | % | Costes directos complementarios | 2,000 | 8,01 | 0,16 |
| Coste de mantenimiento decenal: 0,41€ en los primeros 10 años. | | | Costes directos (1+2+3): | | 8,17 |

Conductor desnudo para el alumbrado público

Tabla 4.18: Desglose precio unitario conductor desnudo para el alumbrado público

| Código | Unidad | Descripción | Rendimiento | Precio unitario | Importe |
|--|--|---|---------------------------------|-----------------|-------------|
| 1 | Materiales | | | | |
| mt35ttc010b | m | Conductor de cobre desnudo, de 35 mm ² . | 1,000 | 2,87 | 2,87 |
| mt35www020 | Ud | Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra. | 0,100 | 1,17 | 0,12 |
| | | | Subtotal materiales: | | 2,99 |
| 2 | Mano de obra | | | | |
| mo003 | h | Oficial 1ª electricista. | 0,110 | 20,87 | 2,30 |
| | | | Subtotal mano de obra: | | 2,30 |
| 3 | Costes directos complementarios | | | | |
| | % | Costes directos complementarios | 2,000 | 5,29 | 0,11 |
| Coste de mantenimiento decenal: 0,11€ en los primeros 10 años. | | | Costes directos (1+2+3): | | 5,40 |

Luminarias viales

Tabla 4.19: Desglose precio unitario luminaria vial

| Código | Unidad | Descripción | Rendimiento | Precio unitario | Importe |
|-------------|-------------------|--|-------------|-----------------|---------|
| 1 | Materiales | | | | |
| mt34www020 | Ud | Arqueta de paso y derivación de 40x40x60 cm, con cerco y tapa de hierro fundido. | 1,000 | 73,90 | 73,90 |
| mt34www040 | Ud | Caja de conexión y protección, con fusibles. | 1,000 | 6,01 | 6,01 |
| mt34www050 | m | Conductor aislado de cobre para 0,6/1 kV de 2x2,5 mm ² . | 8,000 | 0,42 | 3,36 |
| mt35ttc010b | m | Conductor de cobre desnudo, de 35 mm ² . | 2,000 | 2,81 | 5,62 |



| | | | | | |
|--|--|--|-----------------------------------|--------|---------------|
| mt35tte010a | Ud | Electrodo para red de toma de tierra cobreado con 300 µm, fabricado en acero, de 14 mm de diámetro y 1,5 m de longitud. | 1,000 | 16,00 | 16,00 |
| mt34xes010d | Ud | Columna troncocónica de acero galvanizado de 3 mm de espesor, de 8000 mm de altura, acabado pintado. Según UNE-EN 40-5. | 1,000 | 209,48 | 209,48 |
| mt34ena270aaa | Ud | Luminaria de fundición de aluminio, acabado de color gris, regulable, de 19 W, factor de potencia mayor de 0,99, de 146x360x658 mm, temperatura de color 3000 K, índice de reproducción cromática mayor de 80, índice de deslumbramiento unificado menor de 12, flujo luminoso 3000 lúmenes, con grados de protección IP66 e IK10. | 1,000 | 220,00 | 220,00 |
| | | | Subtotal materiales: | | 534,51 |
| 2 | Equipo y maquinaria | | | | |
| mq04cag010c | h | Camión con grúa de hasta 12 t. | 0,220 | 58,55 | 12,88 |
| | | | Subtotal equipo y maquinaria: | | 12,88 |
| 3 | Mano de obra | | | | |
| mo003 | h | Oficial 1ª electricista. | 0,700 | 20,48 | 14,34 |
| mo102 | h | Ayudante electricista. | 0,700 | 18,88 | 13,22 |
| | | | Subtotal mano de obra: | | 27,56 |
| 4 | Costes directos complementarios | | | | |
| | % | Costes directos complementarios | 2,000 | 547,95 | 13,02 |
| Coste de mantenimiento decenal: 233,10€ en los primeros 10 años. | | | Costes directos (1+2+3+4): | | 560,97 |

Luminarias de la zona ajardinada

Tabla 4.20: Desglose precio unitario luminaria zona ajardinada

| Código | Unidad | Descripción | Rendimiento | Precio unitario | Importe |
|--------------|-------------------|--|-----------------------------|-----------------|----------------|
| 1 | Materiales | | | | |
| mt34www020 | Ud | Arqueta de paso y derivación de 40x40x60 cm, con cerco y tapa de hierro fundido. | 1,000 | 73,90 | 73,90 |
| mt34www040 | Ud | Caja de conexión y protección, con fusibles. | 1,000 | 6,01 | 6,01 |
| mt35ttc010b | m | Conductor de cobre desnudo, de 35 mm ² . | 2,000 | 2,81 | 5,62 |
| mt35tte010a | Ud | Electrodo para red de toma de tierra cobreado con 300 µm, fabricado en acero, de 14 mm de diámetro y 1,5 m de longitud. | 1,000 | 16,00 | 16,00 |
| mt34beg080a | Ud | Farola con distribución de luz radialmente simétrica, altura de 5 m, material acero galvanizado en color gris oscuro efecto granulado, 4 puntos de anclaje en el suelo para una mayor seguridad, con un diámetro de 76 mm y base de 22,8 cm. Portalámparas G 5, balasto electrónico, clase de protección I, grado de protección IP65, con placa de anclaje y pernos. | 1,000 | 269,90 | 269,90 |
| mt34ena290aa | Ud | Luminaria decorativa en columna con distribución simétrica. Potencia de la luminaria 21 W, flujo luminoso 2622 lm, eficiencia 125 lm/W, clase eléctrica I , IP66, IK08 y una temperatura de color de 3000K. | 1,000 | 904,00 | 904,00 |
| | | | Subtotal materiales: | | 1275,43 |

| 2 | | Equipo y maquinaria | | | |
|---|---|--|-----------------------------------|---------|----------------|
| mq04cag010c | h | Camión con grúa de hasta 12 t. | 1,000 | 58,55 | 58,55 |
| mq07cce010a | h | Camión con cesta elevadora de brazo articulado de 16 m de altura máxima de trabajo y 260 kg de carga máxima. | 0,700 | 18,98 | 13,29 |
| | | | Subtotal equipo y maquinaria: | | 71,84 |
| 3 | | Mano de obra | | | |
| mo003 | h | Oficial 1ª electricista. | 0,700 | 20,48 | 14,34 |
| mo102 | h | Ayudante electricista. | 0,700 | 18,88 | 13,22 |
| | | | Subtotal mano de obra: | | 27,56 |
| 4 | | Costes directos complementarios | | | |
| | % | Costes directos complementarios | 2,000 | 1374,82 | 46,82 |
| Coste de mantenimiento decenal: 1038,59€ en los primeros 10 años. | | | Costes directos (1+2+3+4): | | 1421,64 |

4.1.4. Obra civil

Tabla 4.21: Desglose precio unitario zanjas

| Código | Unidad | Descripción | Rendimiento | Precio unitario | Importe |
|-------------|--------|--|---------------------------------|-----------------|--------------|
| 1 | | Equipo y maquinaria | | | |
| mq01ret020b | h | Retrocargadora sobre neumáticos, de 70 kW. | 0,227 | 37,24 | 8,45 |
| | | | Subtotal equipo y maquinaria: | | 8,45 |
| 2 | | Mano de obra | | | |
| mo087 | h | Ayudante construcción de obra civil. | 0,142 | 19,60 | 2,78 |
| | | | Subtotal mano de obra: | | 2,78 |
| 3 | | Costes directos complementarios | | | |
| | % | Costes directos complementarios | 2,000 | 11,23 | 0,22 |
| | | | Costes directos (1+2+3): | | 11,45 |

4.2. Presupuesto centro de transformación

Tabla 4.22: Presupuesto centro de transformación

| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio unitario | Precio total |
|---------------------------------------|--|----------|------------------|--------------|
| Ud. | Centro de transformación prefabricado, monobloque, de hormigón armado, de 6080x2380x3045 mm. | 1 | 11825,00 | 11825,00 |
| Ud. | Cuadro de baja tensión con seccionamiento en cabecera mediante pletinas deslizantes de 4 salidas. | 4 | 1470,70 | 5882,80 |
| Ud. | Celda de línea, de 24 kV de tensión asignada, 400 A de intensidad nominal, 365x735x1740 mm, con aislamiento integral de SF6 | 1 | 7072,98 | 7072,98 |
| Ud. | Celda de protección con fusible, de 24 kV de tensión asignada, 400 A de intensidad nominal, 470x735x1740 mm, con aislamiento integral de SF6. | 2 | 3728,29 | 7476,58 |
| Ud. | Transformador trifásico en baño de aceite, con refrigeración natural, de 400 kVA de potencia, de 24 kV de tensión asignada, 20 kV de tensión del primario y 420 V de tensión del secundario en vacío, de 50 Hz de frecuencia, y grupo de conexión Dyn11. | 2 | 18794,83 | 37589,66 |
| Ud. | Conjunto fusible tipo gG, intensidad nominal 40 A, poder de corte 120 kA, tamaño T0 y base para fusible de cuchillas, unipolar (1P), intensidad nominal 160 A. | 2 | 23,99 | 47,98 |
| Ud. | Conjunto fusible tipo gG, intensidad nominal 100 A, poder de corte 120 kA, tamaño T0 y base para fusible de cuchillas, unipolar (1P), intensidad nominal 160 A. | 1 | 23,99 | 23,99 |
| Ud. | Conjunto fusible tipo gG, intensidad nominal 40 A, poder de corte 125 kA, tamaño T0 y base para fusible de cuchillas, unipolar (1P), intensidad nominal 160 A. | 3 | 24,14 | 72,42 |
| Ud. | Instalación de puesta a tierra para el centro de transformación. | 1 | 3765,00 | 3765,00 |
| TOTAL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN | | | 73.756,41 | |

4.3. Presupuesto red de baja tensión

Tabla 4.23: Presupuesto red de baja tensión

| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio unitario | Precio total |
|----------------------------------|---|----------|-------------------|--------------|
| m | Línea subterránea de distribución de baja tensión en canalización entubada bajo acera, formada por 4 cables unipolares RV, con conductor de aluminio, de 50 mm ² de sección, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV; dos tubos protectores de polietileno de doble pared, de 160 mm de diámetro, resistencia a compresión mayor de 250 N. | 1889 | 47,56 | 89840,84 |
| m | Línea subterránea de distribución de baja tensión en canalización entubada bajo acera, formada por 3 cables unipolares RV, con conductor de aluminio, de 150 mm ² de sección, 1 cable unipolar RV, con conductor de aluminio, de 95 mm ² de sección, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV; dos tubos protectores de polietileno de doble pared, de 160 mm de diámetro, resistencia a compresión mayor de 250 N. | 154 | 57,02 | 8781,08 |
| Ud. | Arqueta de conexión eléctrica, prefabricada de hormigón, sin fondo, registrable, de 30x30x30 cm de medidas interiores, con paredes rebajadas para la entrada de tubos, capaz de soportar una carga de 400 kN, con marco de chapa galvanizada y tapa de hormigón armado aligerado, de 39,5x38,5 cm, para arqueta de conexión eléctrica, capaz de soportar una carga de 125 kN. | 58 | 40,71 | 2361,18 |
| m | Conductor desnudo de tierra de alumbrado público formado por cable rígido desnudo de cobre trenzado, de 35 mm ² de sección. | 2043 | 5,40 | 11032,20 |
| TOTAL RED DE BAJA TENSIÓN | | | 112.015,30 | |

4.4. Presupuesto red de alumbrado público

Tabla 4.24: Presupuesto red de alumbrado público

| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio unitario | Precio total |
|---------------------------------------|---|----------|------------------|--------------|
| Ud. | Toma de tierra de alumbrado público con electrodo de acero cobreado de 2 m de longitud. | 18 | 159,51 | 2871,18 |
| Ud. | Cuadro de protección y control de alumbrado público, formado por caja de superficie de poliéster, de 800x250x1000 mm; 1 interruptor general automático (IGA), de 40 A de intensidad nominal, tetrapolar (4P); 1 contactor; 4 interruptores automáticos magnetotérmicos, uno por cada circuito; 4 interruptores diferenciales, uno por cada circuito; y 1 interruptor automático magnetotérmico, 1 interruptor diferencial, 1 célula fotoeléctrica y 1 interruptor horario programable para el circuito de control. | 1 | 2244,06 | 2244,06 |
| m | Canalización subterránea de protección del cableado de alumbrado público formada por tubo protector de polietileno de doble pared, de 90 mm de diámetro. | 2833 | 3,34 | 9629,22 |
| m | Cableado para red subterránea de alumbrado público formado por 4 cables unipolares RZ1-K (AS) reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductores de cobre de 6 mm ² de sección, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV. | 2833 | 8,17 | 23145,61 |
| m | Conductor desnudo de tierra de alumbrado público formado por cable rígido desnudo de cobre trenzado, de 35 mm ² de sección. | 2833 | 5,40 | 15298,20 |
| Ud. | Farola para alumbrado viario compuesta de columna troncocónica de acero galvanizado de 3 mm de espesor, de 8000 mm de altura, acabado pintado, con caja de conexión y protección, con fusibles, conductor aislado de cobre para 0,6/1 kV de 2x2,5 mm ² , toma de tierra con pica, arqueta de paso y derivación de 40x40x60 cm, luminaria de fundición de aluminio, acabado de color gris, regulable, de 19 W, factor de potencia mayor de 0,99, de 146x360x658 mm, temperatura de color 3000 K, índice de reproducción cromática mayor de 80, índice de deslumbramiento unificado menor de 12, flujo luminoso 3000 lúmenes, con grados de protección IP66 e IK10. | 65 | 566,97 | 36853,05 |
| Ud. | Farola con distribución de luz radialmente simétrica, altura de 5 m, material acero galvanizado en color gris oscuro efecto granulado, 4 puntos de anclaje en el suelo para una mayor seguridad, con un diámetro de 76 mm y base de 22,8 cm. Portalámparas G 5, balasto electrónico, clase de protección I, grado de protección IP65, con placa de anclaje y pernos, con caja de conexión y protección, con fusibles, toma de tierra con pica y arqueta de paso y derivación de 40x40x60 cm, con cerco y tapa de hierro fundido. Incluso lámparas. Luminaria decorativa en columna con distribución simétrica. Potencia de la luminaria 21 W, flujo luminoso 2622 lm, eficiencia 125 lm/W, clase eléctrica I, IP66, IK08. Base y brazos: fundición aluminio (EN AC-46000), cuerpo: torneado aluminio, todo recubierto de polvo sinterizado gris arenado oscuro 900 (close to RAL7043). Tornillo de fijación: acero inoxidable. Temperatura de color de 3000K. | 7 | 1421,64 | 9951,48 |
| TOTAL RED DE ALUMBRADO PÚBLICO | | | 99.992,80 | |

4.5. Presupuesto de la obra civil

Tabla 4.25: Presupuesto obra civil

| Unidad | Descripción | Longitud | Anchura | Profundidad | Precio unitario | Precio total |
|-------------------------|---|----------|---------|-------------|------------------|--------------|
| m ³ | Excavación de zanjas en tierra blanda, de hasta 1,25 m de profundidad máxima, con medios mecánicos, y carga a camión. | 2877 | 0,4 | 0,8 | 11,45 | 10.541,33 |
| m ³ | Zanja para el centro de transformación | 6,08 | 2,38 | 0,56 | 11,45 | 92,78 |
| TOTAL OBRA CIVIL | | | | | 10.634,11 | |

4.6. Presupuesto total

Tabla 4.26: Presupuesto total de la instalación

| Presupuesto total | |
|---|-------------------|
| Descripción | Total (€) |
| Presupuesto centro de transformación | 73.756,41 |
| Presupuesto red de baja tensión | 112.015,30 |
| Presupuesto red de alumbrado público | 99.992,80 |
| Presupuesto obra civil | 10.634,11 |
| TOTAL | 296.398,62 |
| Margen de error 10% | 326.038,48 |
| I.V.A. 21% | 68.468,08 |
| TOTAL PRESUPUESTO | 394.506,56 |

5. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD, HIGIENE Y SALUD EN EL TRABAJO, CON APLICACIÓN INTEGRAL DE LA LEY DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

5.1. Prevención de riesgos laborales

5.1.1. Introducción

La ley **31/1995**, de 8 de noviembre de 1995, de **Prevención de Riesgos Laborales** tiene por objeto la determinación del cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los *riesgos derivados de las condiciones de trabajo*.

Como ley establece un marco legal a partir del cual las **normas reglamentarias** irán fijando y concretando los aspectos más técnicos de las medidas preventivas.

Estas normas complementarias quedan resumidas a continuación:

- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

5.1.2. Derechos y obligaciones

5.1.2.1. Derecho a la protección frente a los riesgos laborales

Los trabajadores tienen derecho a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo.

A este efecto, el empresario realizará la prevención de los riesgos laborales mediante la adopción de cuantas medidas sean necesarias para la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, con las especialidades que se recogen en los artículos siguientes en materia de evaluación de riesgos, información, consulta, participación y formación de

los trabajadores, actuación en casos de emergencia y de riesgo grave e inminente y vigilancia de la salud.

5.1.2.2. Principios de la acción preventiva

El empresario aplicará las medidas preventivas pertinentes, con arreglo a los siguientes principios generales:

- Evitar los riesgos.
- Evaluar los riesgos que no se pueden evitar.
- Combatir los riesgos en su origen.
- Adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo.
- Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.
- Dar las debidas instrucciones a los trabajadores.
- Adoptar las medidas necesarias a fin de garantizar que sólo los trabajadores que hayan recibido información suficiente y adecuada puedan acceder a las zonas de riesgo grave y específico.
- Prever las distracciones o imprudencias no temerarias que pudiera cometer el trabajador.

5.1.2.3. Evaluación de los riesgos

La acción preventiva en la empresa se planificará por el empresario a partir de una evaluación inicial de los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores, que se realizará, con carácter general, teniendo en cuenta la naturaleza de la actividad, y en relación con aquellos que estén expuestos a riesgos especiales. Igual evaluación deberá hacerse con ocasión de la elección de los equipos de trabajo, de las sustancias o preparados químicos y del acondicionamiento de los lugares de trabajo.

De alguna manera se podrían clasificar las causas de los riesgos en las categorías siguientes:

- Insuficiente calificación profesional del personal dirigente, jefes de equipo y obreros.
- Empleo de maquinaria y equipos en trabajos que no corresponden a la finalidad para la que fueron concebidos o a sus posibilidades.
- Negligencia en el manejo y conservación de las máquinas e instalaciones. Control deficiente en la explotación.
- Insuficiente instrucción del personal en materia de seguridad.

Referente a las máquinas herramienta, los riesgos que pueden surgir al manejarlas se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Se puede producir un accidente o deterioro de una máquina si se pone en marcha sin conocer su modo de funcionamiento.
- La lubricación deficiente conduce a un desgaste prematuro por lo que los puntos de engrase manual deben ser engrasados regularmente.
- Puede haber ciertos riesgos si alguna palanca de la máquina no está en su posición correcta.
- El resultado de un trabajo puede ser poco exacto si las guías de las máquinas se desgastan, y por ello hay que protegerlas contra la introducción de virutas.
- Puede haber riesgos mecánicos que se deriven fundamentalmente de los diversos movimientos que realicen las distintas partes de una máquina y que pueden provocar que el operario:
 - Entre en contacto con alguna parte de la máquina o ser atrapado entre ella y cualquier estructura fija o material.
 - Sea golpeado o arrastrado por cualquier parte en movimiento de la máquina.
 - Ser golpeado por elementos de la máquina que resulten proyectados.
 - Ser golpeado por otros materiales proyectados por la máquina.
- Puede haber riesgos no mecánicos tales como los derivados de la utilización de energía eléctrica, productos químicos, generación de ruido, vibraciones, radiaciones, etc.

Los movimientos peligrosos de las máquinas se clasifican en cuatro grupos:

- **Movimientos de rotación.** Son aquellos movimientos sobre un eje con independencia de la inclinación del mismo y aún cuando giren lentamente. Se clasifican en los siguientes grupos:
 - Elementos considerados aisladamente tales como árboles de transmisión, vástagos, brocas, acoplamientos.
 - Puntos de atrapamiento entre engranajes y ejes girando y otras fijas o dotadas de desplazamiento lateral a ellas.
- **Movimientos alternativos y de traslación.** El punto peligroso se sitúa en el lugar donde la pieza dotada de este tipo de movimiento se aproxima a otra pieza fija o móvil y la sobrepasa.
- **Movimientos de traslación y rotación.** Las conexiones de bielas y vástagos con ruedas y volantes son algunos de los mecanismos que generalmente están dotadas de este tipo de movimientos.
- **Movimientos de oscilación.** Las piezas dotadas de movimientos de oscilación pendular generan puntos de "tijera" entre ellas y otras piezas fijas.

Las actividades de prevención deberán ser modificadas cuando se aprecie por el

empresario, como consecuencia de los controles periódicos previstos en el apartado anterior, su inadecuación a los fines de protección requeridos.

5.1.2.4. Equipos de trabajo y medios de protección

Cuando la utilización de un equipo de trabajo pueda presentar un riesgo específico para la seguridad y la salud de los trabajadores, el empresario adoptará las medidas necesarias con el fin de que:

- La utilización del equipo de trabajo quede reservada a los encargados de dicha utilización.
- Los trabajos de reparación, transformación, mantenimiento o conservación sean realizados por los trabajadores específicamente capacitados para ello.

El empresario deberá proporcionar a sus trabajadores equipos de protección individual adecuados para el desempeño de sus funciones y velar por el uso efectivo de los mismos.

5.1.2.5. Información, consulta y participación de los trabajadores

El empresario adoptará las medidas adecuadas para que los trabajadores reciban todas las informaciones necesarias en relación con:

- Los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo.
- Las medidas y actividades de protección y prevención aplicables a los riesgos.

Los trabajadores tendrán derecho a efectuar propuestas al empresario, así como a los órganos competentes en esta materia, dirigidas a la mejora de los niveles de la protección de la seguridad y la salud en los lugares de trabajo, en materia de señalización en dichos lugares, en cuanto a la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en las obras de construcción y en cuanto a utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

5.1.2.6. Formación de los trabajadores

El empresario deberá garantizar que cada trabajador reciba una formación teórica y práctica, suficiente y adecuada, en materia preventiva.

5.1.2.7. Medidas de emergencia

El empresario, teniendo en cuenta el tamaño y la actividad de la empresa, así como la posible presencia de personas ajenas a la misma, deberá analizar las posibles situaciones de emergencia y adoptar las medidas necesarias en materia de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de los trabajadores, designando para ello al personal encargado de poner en práctica estas medidas y comprobando periódicamente, en su caso, su correcto funcionamiento.

5.1.2.8. Riesgo grave e inminente

Cuando los trabajadores estén expuestos a un riesgo grave e inminente con ocasión de su trabajo, el empresario estará obligado a:

- Informar lo antes posible a todos los trabajadores afectados acerca de la existencia de dicho riesgo y de las medidas adoptadas en materia de protección.
- Dar las instrucciones necesarias para que, en caso de peligro grave, inminente e inevitable, los trabajadores puedan interrumpir su actividad y además estar en condiciones, habida cuenta de sus conocimientos y de los medios técnicos puestos a su disposición, de adoptar las medidas necesarias para evitar las consecuencias de dicho peligro.

5.1.2.9. Vigilancia de la salud

El empresario garantizará a los trabajadores a su servicio la vigilancia periódica de su estado de salud en función de los riesgos inherentes al trabajo, optando por la realización de aquellos reconocimientos o pruebas que causen las menores molestias al trabajador y que sean proporcionales al riesgo.

5.1.2.10. Documentación

El empresario deberá elaborar y conservar a disposición de la autoridad laboral la siguiente documentación:

- Evaluación de los riesgos para la seguridad y salud en el trabajo, y planificación de la acción preventiva.
- Medidas de protección y prevención a adoptar.
- Resultado de los controles periódicos de las condiciones de trabajo.
- Práctica de los controles del estado de salud de los trabajadores.
- Relación de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales que hayan causado al trabajador una incapacidad laboral superior a un día de trabajo.

5.1.2.11. Coordinación de actividades empresariales

Cuando en un mismo centro de trabajo desarrollen actividades trabajadoras de dos o más empresas, éstas deberán cooperar en la aplicación de la normativa sobre prevención de riesgos laborales.

5.1.2.12. Protección de trabajadores especialmente sensibles a determinados riesgos

El empresario garantizará, evaluando los riesgos y adoptando las medidas preventivas necesarias, la protección de los trabajadores que, por sus propias características personales o estado biológico conocido, incluidos aquellos que tengan reconocida la situación de discapacidad física, psíquica o sensorial, sean específicamente sensibles a los riesgos derivados del trabajo.

5.1.2.13. Protección de la maternidad

La evaluación de los riesgos deberá comprender la determinación de la naturaleza, el grado y la duración de la exposición de las trabajadoras en situación de embarazo o parto reciente, a agentes, procedimientos o condiciones de trabajo que puedan influir negativamente en la salud de las trabajadoras o del feto, adoptando, en su caso, las medidas necesarias para evitar la exposición a dicho riesgo.

5.1.2.14. Protección de los menores

Antes de la incorporación al trabajo de jóvenes menores de dieciocho años, y previamente a cualquier modificación importante de sus condiciones de trabajo, el empresario deberá efectuar una evaluación de los puestos de trabajo a desempeñar por los mismos, a fin de determinar la naturaleza, el grado y la duración de su exposición, teniendo especialmente en cuenta los riesgos derivados de su falta de experiencia, de su inmadurez para evaluar los riesgos existentes o potenciales y de su desarrollo todavía incompleto.

5.1.2.15. Relaciones de trabajo temporales, de duración determinada y en empresas de trabajo temporal

Los trabajadores con relaciones de trabajo temporales o de duración determinada, así como los contratados por empresas de trabajo temporal, deberán disfrutar del mismo nivel de protección en materia de seguridad y salud que los restantes trabajadores de la empresa en la que prestan sus servicios.

5.1.2.16. Obligaciones de los trabajadores en materia de prevención de riesgos

Corresponde a cada trabajador velar, según sus posibilidades y mediante el cumplimiento de las medidas de prevención que en cada caso sean adoptadas, por su propia seguridad y salud en el trabajo y por la de aquellas otras personas a las que pueda afectar su actividad profesional, a causa de sus actos y omisiones en el trabajo, de conformidad con su formación y las instrucciones del empresario.

Los trabajadores, con arreglo a su formación y siguiendo las instrucciones del empresario, deberán en particular:

- Usar adecuadamente, de acuerdo con su naturaleza y los riesgos previsibles, las máquinas, aparatos, herramientas, sustancias peligrosas, equipos de transporte y, en general, cualesquiera otros medios con los que desarrollen su actividad.
- Utilizar correctamente los medios y equipos de protección facilitados por el empresario.
- No poner fuera de funcionamiento y utilizar correctamente los dispositivos de seguridad existentes.
- Informar de inmediato un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- Contribuir al cumplimiento de las obligaciones establecidas por la autoridad competente.

5.1.3. Servicios de prevención

5.1.3.1. Protección y prevención de riesgos profesionales

En cumplimiento del deber de prevención de riesgos profesionales, el empresario designará uno o varios trabajadores para ocuparse de dicha actividad, constituirá un servicio de prevención o concertará dicho servicio con una entidad especializada ajena a la empresa.

Los trabajadores designados deberán tener la capacidad necesaria, disponer del tiempo y de los medios precisos y ser suficientes en número, teniendo en cuenta el tamaño de la empresa, así como los riesgos a que están expuestos los trabajadores.

En las empresas de menos de seis trabajadores, el empresario podrá asumir personalmente las funciones señaladas anteriormente, siempre que desarrolle de forma habitual su actividad en el centro de trabajo y tenga capacidad necesaria.

El empresario que no hubiere concertado el Servicio de Prevención con una entidad especializada ajena a la empresa deberá someter su sistema de prevención al control de una auditoría o evaluación externa.

5.1.3.2. Servicios de prevención

Si la designación de uno o varios trabajadores fuera insuficiente para la realización de las actividades de prevención, en función del tamaño de la empresa, de los riesgos a que están expuestos los trabajadores o de la peligrosidad de las actividades desarrolladas, el empresario deberá recurrir a uno o varios servicios de prevención propios o ajenos a la empresa, que colaborarán cuando sea necesario.

Se entenderá como servicio de prevención el conjunto de medios humanos y materiales necesarios para realizar las actividades preventivas a fin de garantizar la adecuada protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, asesorando y asistiendo para ello al empresario, a los trabajadores y a sus representantes y a los órganos de representación especializados.

5.1.4. Consulta y participación de los trabajadores

5.1.4.1. Consulta de los trabajadores

El empresario deberá consultar a los trabajadores, con la debida antelación, la adopción de las decisiones relativas a:

- La planificación y la organización del trabajo en la empresa y la introducción de nuevas tecnologías, en todo lo relacionado con las consecuencias que éstas pudieran tener para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- La organización y desarrollo de las actividades de protección de la salud y prevención de los riesgos profesionales en la empresa, incluida la designación de los trabajadores encargados de dichas actividades o el recurso a un servicio de prevención externo.
- La designación de los trabajadores encargados de las medidas de emergencia.
- El proyecto y la organización de la formación en materia preventiva.

5.1.4.2. Derechos de participación y representación

Los trabajadores tienen derecho a participar en la empresa en las cuestiones relacionadas con la prevención de riesgos en el trabajo.

En las empresas o centros de trabajo que cuenten con seis o más trabajadores, la participación de éstos se canalizará a través de sus representantes y de la representación especializada.

5.1.4.3. Delegados de prevención

Los Delegados de Prevención son los representantes de los trabajadores con funciones específicas en materia de prevención de riesgos en el trabajo. Serán designados por y entre los representantes del personal, con arreglo a la siguiente escala:

- De 50 a 100 trabajadores: 2 Delegados de Prevención.
- De 101 a 500 trabajadores: 3 Delegados de Prevención.
- De 501 a 1000 trabajadores: 4 Delegados de Prevención.
- De 1001 a 2000 trabajadores: 5 Delegados de Prevención.
- De 2001 a 3000 trabajadores: 6 Delegados de Prevención.
- De 3001 a 4000 trabajadores: 7 Delegados de Prevención.
- De 4001 en adelante: 8 Delegados de Prevención.

En las empresas de hasta treinta trabajadores el Delegado de Prevención será el Delegado de Personal. En las empresas de treinta y uno a cuarenta y nueve trabajadores habrá un Delegado de Prevención que será elegido por y entre los Delegados de Personal.

5.2. Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo

5.2.1. Introducción

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los *riesgos derivados de las condiciones de trabajo*.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las **normas reglamentarias** las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a *garantizar que en los lugares de trabajo exista una adecuada señalización de seguridad y salud*, siempre que los riesgos no puedan evitarse o limitarse suficientemente a través de medios técnicos de protección colectiva.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto **485/1997** de 14 de Abril de 1.997 establece las **disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y de salud en el trabajo**, entendiéndose como tales aquellas señalizaciones que referidas a un objeto, actividad o situación determinada, proporcionen una indicación o una obligación relativa a la seguridad o la salud en el trabajo mediante una señal en forma de panel, un color, una señal luminosa o acústica, una comunicación verbal o una señal gestual.

5.2.2. Obligación general del empresario

La elección del tipo de señal y del número y emplazamiento de las señales o dispositivos de señalización a utilizar en cada caso se realizará de forma que la señalización resulte lo más eficaz posible, teniendo en cuenta:

- Las características de la señal.
- Los riesgos, elementos o circunstancias que hayan de señalizarse.
- La extensión de la zona a cubrir.
- El número de trabajadores afectados.

Para la señalización de desniveles, obstáculos u otros elementos que originen riesgo de caída de personas, choques o golpes, así como para la señalización de riesgo eléctrico, presencia de materias inflamables, tóxicas, corrosivas o riesgo biológico, podrá optarse por una señal de advertencia de forma triangular, con un pictograma característico de color negro sobre fondo amarillo y bordes negros.

Las vías de circulación de vehículos deberán estar delimitadas con claridad mediante franjas continuas de color blanco o amarillo.

Los equipos de protección contra incendios deberán ser de color rojo.

La señalización para la localización e identificación de las vías de evacuación y de los equipos de salvamento o socorro (botiquín portátil) se realizará mediante una señal de forma cuadrada o rectangular, con un pictograma característico de color blanco sobre fondo verde.

La señalización dirigida a alertar a los trabajadores o a terceros de la aparición de una situación de peligro y de la consiguiente y urgente necesidad de actuar de una forma determinada o de evacuar la zona de peligro, se realizará mediante una señal luminosa, una señal acústica o una comunicación verbal.

Los medios y dispositivos de señalización deberán ser limpiados, mantenidos y verificados regularmente.

5.3. Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo

5.3.1. Introducción

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los *riesgos derivados de las condiciones de trabajo*.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las **normas reglamentarias** las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a *garantizar que de la presencia o utilización de los equipos de trabajo puestos a disposición de los trabajadores en la empresa o centro de trabajo no se deriven riesgos para la seguridad o salud de los mismos*.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto **1215/1997** de 18 de Julio de 1.997 establece las **disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo**, entendiéndose como tales cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizado en el trabajo.

5.3.2. Obligación general del empresario

El empresario adoptará las medidas necesarias para que los equipos de trabajo que se pongan a disposición de los trabajadores sean adecuados al trabajo que deba realizarse y convenientemente adaptados al mismo, de forma que garanticen la seguridad y la salud de los trabajadores al utilizar dichos equipos.

Deberá utilizar únicamente equipos que satisfagan cualquier disposición legal o reglamentaria que les sea de aplicación.

Para la elección de los equipos de trabajo el empresario deberá tener en cuenta los siguientes factores:

- Las condiciones y características específicas del trabajo a desarrollar.
- Los riesgos existentes para la seguridad y salud de los trabajadores en el lugar de trabajo.
- En su caso, las adaptaciones necesarias para su utilización por trabajadores discapacitados.

Adoptará las medidas necesarias para que, mediante un mantenimiento adecuado, los

equipos de trabajo se conserven durante todo el tiempo de utilización en unas condiciones adecuadas. Todas las operaciones de mantenimiento, ajuste, desbloqueo, revisión o reparación de los equipos de trabajo se realizarán tras haber parado o desconectado el equipo. Estas operaciones deberán ser encomendadas al personal especialmente capacitado para ello.

El empresario deberá garantizar que los trabajadores reciban una formación e información adecuadas a los riesgos derivados de los equipos de trabajo. La información, suministrada preferentemente por escrito, deberá contener, como mínimo, las indicaciones relativas a:

- Las condiciones y forma correcta de utilización de los equipos de trabajo, teniendo en cuenta las instrucciones del fabricante, así como las situaciones o formas de utilización anormales y peligrosas que puedan preverse.
- Las conclusiones que, en su caso, se puedan obtener de la experiencia adquirida en la utilización de los equipos de trabajo.

5.3.2.1. Disposiciones mínimas generales aplicables a los equipos de trabajo

Los órganos de accionamiento de un equipo de trabajo que tengan alguna incidencia en la seguridad deberán ser claramente visibles e identificables y no deberán acarrear riesgos como consecuencia de una manipulación involuntaria.

Cada equipo de trabajo deberá estar provisto de un órgano de accionamiento que permita su parada total en condiciones de seguridad.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo de caída de objetos o de proyecciones deberá estar provisto de dispositivos de protección adecuados a dichos riesgos.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo por emanación de gases, vapores o líquidos o por emisión de polvo deberá estar provisto de dispositivos adecuados de captación o extracción cerca de la fuente emisora correspondiente.

Si fuera necesario para la seguridad o la salud de los trabajadores, los equipos de trabajo y sus elementos deberán estabilizarse por fijación o por otros medios.

Cuando los elementos móviles de un equipo de trabajo puedan entrañar riesgo de accidente por contacto mecánico, deberán ir equipados con resguardos o dispositivos que impidan el acceso a las zonas peligrosas.

Las zonas y puntos de trabajo o mantenimiento de un equipo de trabajo deberán estar adecuadamente iluminadas en función de las tareas que deban realizarse.

Las partes de un equipo de trabajo que alcancen temperaturas elevadas o muy bajas deberán estar protegidas cuando corresponda contra los riesgos de contacto o la proximidad de los trabajadores.

Todo equipo de trabajo deberá ser adecuado para proteger a los trabajadores expuestos contra el riesgo de contacto directo o indirecto de la electricidad y los que entrañen riesgo por ruido, vibraciones o radiaciones deberá disponer de las protecciones o dispositivos adecuados para limitar, en la medida de lo posible, la generación y propagación de estos agentes físicos.

Las herramientas manuales deberán estar construidas con materiales resistentes y la unión entre sus elementos deberá ser firme, de manera que se eviten las roturas o proyecciones de los mismos.

La utilización de todos estos equipos no podrá realizarse en contradicción con las instrucciones facilitadas por el fabricante, comprobándose antes del iniciar la tarea que todas sus protecciones y condiciones de uso son las adecuadas.

Deberán tomarse las medidas necesarias para evitar el atrapamiento del cabello, ropas de trabajo u otros objetos del trabajador, evitando, en cualquier caso, someter a los equipos a sobrecargas, sobrepresiones, velocidades o tensiones excesivas.

5.3.2.2. Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo móviles

Los equipos con trabajadores transportados deberán evitar el contacto de éstos con ruedas y orugas y el aprisionamiento por las mismas. Para ello dispondrán de una estructura de protección que impida que el equipo de trabajo incline más de un cuarto de vuelta o una estructura que garantice un espacio suficiente alrededor de los trabajadores transportados cuando el equipo pueda inclinarse más de un cuarto de vuelta. No se requerirán estas estructuras de protección cuando el equipo de trabajo se encuentre estabilizado durante su empleo.

Las carretillas elevadoras deberán estar acondicionadas mediante la instalación de una cabina para el conductor, una estructura que impida que la carretilla vuelque, una estructura que garantice que, en caso de vuelco, quede espacio suficiente para el trabajador entre el suelo y determinadas partes de dicha carretilla y una estructura que mantenga al trabajador sobre el asiento de conducción en buenas condiciones.

Los equipos de trabajo automotores deberán contar con dispositivos de frenado y parada, con dispositivos para garantizar una visibilidad adecuada y con una señalización acústica de advertencia. En cualquier caso, su conducción estará reservada a los trabajadores que hayan recibido una información específica.

5.3.2.3. Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo para elevación de cargas

Deberán estar instalados firmemente, teniendo presente la carga que deban levantar y las tensiones inducidas en los puntos de suspensión o de fijación. En cualquier caso, los aparatos de izar estarán equipados con limitador del recorrido del carro y de los ganchos, los motores eléctricos estarán provistos de limitadores de altura y del peso, los ganchos de sujeción serán de acero con "pestillos de seguridad" y los carriles para desplazamiento estarán limitados a una distancia de 1 m de su término mediante topes de seguridad de final de carrera eléctricos.

Deberá figurar claramente la carga nominal.

Deberán instalarse de modo que se reduzca el riesgo de que la carga caiga en picado, se suelte o se desvíe involuntariamente de forma peligrosa. En cualquier caso, se evitará la presencia de trabajadores bajo las cargas suspendidas. Caso de ir equipadas con cabinas para trabajadores deberá evitarse la caída de éstas, su aplastamiento o choque.

Los trabajos de izado, transporte y descenso de cargas suspendidas, quedarán interrumpidos bajo régimen de vientos superiores a los 60 km/h.

5.3.2.4. Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo para movimiento de tierras y maquinaria pesada en general

Las máquinas para los movimientos de tierras estarán dotadas de faros de marcha hacia adelante y de retroceso, servofrenos, freno de mano, bocina automática de retroceso, retrovisores en ambos lados, pórtico de seguridad antivuelco y antiimpactos y un extintor.

Se prohíbe trabajar o permanecer dentro del radio de acción de la maquinaria de movimiento de tierras, para evitar los riesgos por atropello.

Durante el tiempo de parada de las máquinas se señalizará su entorno con "señales de peligro", para evitar los riesgos por fallo de frenos o por atropello durante la puesta en marcha.

Si se produjese contacto con líneas eléctricas el maquinista permanecerá inmóvil en su puesto y solicitará auxilio por medio de las bocinas. De ser posible el salto sin riesgo de contacto eléctrico, el maquinista saltará fuera de la máquina sin tocar, al unísono, la máquina y el terreno.

Antes del abandono de la cabina, el maquinista habrá dejado en reposo, en contacto con el pavimento (la cuchilla, cazo, etc.), puesto el freno de mano y parado el motor

extrayendo la llave de contacto para evitar los riesgos por fallos del sistema hidráulico.

Las pasarelas y peldaños de acceso para conducción o mantenimiento permanecerán limpios de gravas, barros y aceite, para evitar los riesgos de caída.

Se prohíbe el transporte de personas sobre las máquinas para el movimiento de tierras, para evitar los riesgos de caídas o de atropellos.

Se instalarán topes de seguridad de fin de recorrido, ante la coronación de los cortes (taludes o terraplenes) a los que debe aproximarse la maquinaria empleada en el movimiento de tierras, para evitar los riesgos por caída de la máquina.

Se señalarán los caminos de circulación interna mediante cuerda de banderolas y señales normalizadas de tráfico.

Se prohíbe el acopio de tierras a menos de 2 m. del borde de la excavación (como norma general).

No se debe fumar cuando se abastezca de combustible la máquina, pues podría inflamarse. Al realizar dicha tarea el motor deberá permanecer parado.

Se prohíbe realizar trabajos en un radio de 10 m entorno a las máquinas de hinca, en prevención de golpes y atropellos.

Las cintas transportadoras estarán dotadas de pasillo lateral de visita de 60 cm de anchura y barandillas de protección de éste de 90 cm de altura. Estarán dotadas de encauzadores antidesprendimientos de objetos por rebose de materiales. Bajo las cintas, en todo su recorrido, se instalarán bandejas de recogida de objetos desprendidos.

Los compresores serán de los llamados "silenciosos" en la intención de disminuir el nivel de ruido. La zona dedicada para la ubicación del compresor quedará acordonada en un radio de 4 m. Las mangueras estarán en perfectas condiciones de uso, es decir, sin grietas ni desgastes que puedan producir un reventón.

Cada tajo con martillos neumáticos estará trabajado por dos cuadrillas que se turnarán cada hora, en prevención de lesiones por permanencia continuada recibiendo vibraciones. Los pisones mecánicos se guiarán avanzando frontalmente, evitando los desplazamientos laterales. Para realizar estas tareas se utilizará faja elástica de protección de cintura, muñequeras bien ajustadas, botas de seguridad, cascos antirruído y una mascarilla con filtro mecánico recambiable.

5.3.2.5. Disposiciones mínimas adicionales aplicables a la maquinaria herramienta

Las máquinas-herramienta estarán protegidas eléctricamente mediante doble aislamiento y sus motores eléctricos estarán protegidos por la carcasa.

Las que tengan capacidad de corte tendrán el disco protegido mediante una carcasa antiproyecciones.

Las que se utilicen en ambientes inflamables o explosivos estarán protegidas mediante carcasas antideflagrantes. Se prohíbe la utilización de máquinas accionadas mediante combustibles líquidos en lugares cerrados o de ventilación insuficiente.

Se prohíbe trabajar sobre lugares encharcados, para evitar los riesgos de caídas y los eléctricos.

Para todas las tareas se dispondrá una iluminación adecuada, en torno a 100 lux.

En prevención de los riesgos por inhalación de polvo, se utilizarán en vía húmeda las herramientas que lo produzcan.

Las mesas de sierra circular, cortadoras de material cerámico y sierras de disco manual no se ubicarán a distancias inferiores a tres metros del borde de los forjados, con la excepción de los que estén claramente protegidos (redes o barandillas, petos de remate, etc). Bajo ningún concepto se retirará la protección del disco de corte, utilizándose en todo momento gafas de seguridad antiproyección de partículas. Como normal general, se deberán extraer los clavos o partes metálicas hincadas en el elemento a cortar.

Con las pistolas fija-clavos no se realizarán disparos inclinados, se deberá verificar que no hay nadie al otro lado del objeto sobre el que se dispara, se evitará clavar sobre fábricas de ladrillo hueco y se asegurará el equilibrio de la persona antes de efectuar el disparo.

Para la utilización de los taladros portátiles y rozadoras eléctricas se elegirán siempre las brocas y discos adecuados al material a taladrar, se evitará realizar taladros en una sola maniobra y taladros o rozaduras inclinadas a pulso y se tratará no recalentar las brocas y discos.

Las pulidoras y abrillantadoras de suelos, lijadoras de madera y alisadoras mecánicas tendrán el manillar de manejo y control revestido de material aislante y estarán dotadas de aro de protección antiatrapamientos o abrasiones.

En las tareas de soldadura por arco eléctrico se utilizará yelmo del soldar o pantalla de

mano, no se mirará directamente al arco voltaico, no se tocarán las piezas recientemente soldadas, se soldará en un lugar ventilado, se verificará la inexistencia de personas en el entorno vertical de puesto de trabajo, no se dejará directamente la pinza en el suelo o sobre la perfilera, se escogerá el electrodo adecuada para el cordón a ejecutar y se suspenderán los trabajos de soldadura con vientos superiores a 60 km/h y a la intemperie con régimen de lluvias.

En la soldadura oxiacetilénica (oxicorte) no se mezclarán botellas de gases distintos, éstas se transportarán sobre bateas enjauladas en posición vertical y atadas, no se ubicarán al sol ni en posición inclinada y los mecheros estarán dotados de válvulas antirretroceso de la llama. Si se desprenden pinturas se trabajará con mascarilla protectora y se hará al aire libre o en un local ventilado.

5.4. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción

5.4.1. Introducción

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los *riesgos derivados de las condiciones de trabajo*.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las **normas reglamentarias** las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran necesariamente las destinadas a *garantizar la seguridad y la salud en las obras de construcción*.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto **1627/1997** de 24 de Octubre de 1.997 establece las **disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción**, entendiéndose como tal cualquiera obra, pública o privada, en la que se efectúen trabajos de construcción o ingeniería civil.

La obra en proyecto referente a la *Ejecución de una Edificación de uso Industrial o Comercial* se encuentra incluida en el **Anexo I** de dicha legislación, con la clasificación **a) Excavación, b) Movimiento de tierras, c) Construcción, d) Montaje y desmontaje de elementos prefabricados, e) Acondicionamiento o instalación, l) Trabajos de pintura y de limpieza y m) Saneamiento**.

Al tratarse de una obra con las siguientes condiciones:

- a) El presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto es inferior a 450.759,08 euros.

- b) La duración estimada es inferior a 30 días laborables, no utilizándose en ningún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- c) El volumen de mano de obra estimada, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, es inferior a 500.

Por todo lo indicado, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un *estudio básico de seguridad y salud*. Caso de superarse alguna de las condiciones citadas anteriormente deberá realizarse un estudio completo de seguridad y salud.

5.4.2. Estudio básico de seguridad y salud

5.4.2.1. Riesgos más frecuentes en las obras de construcción

Los *Oficios* más comunes en las obras de construcción son los siguientes:

- Movimiento de tierras. Excavación de pozos y zanjas.
- Relleno de tierras.
- Encofrados.
- Trabajos con ferralla, manipulación y puesta en obra.
- Trabajos de manipulación del hormigón.
- Montaje de prefabricados.
- Albañilería.
- Cubiertas.
- Enfoscados y enlucidos.
- Carpintería de madera, metálica y cerrajería.
- Pintura y barnizados.
- Instalación eléctrica definitiva y provisional de obra.

Los *riesgos más frecuentes* durante estos oficios son los descritos a continuación:

- Deslizamientos, desprendimientos de tierras por diferentes motivos (no emplear el talud adecuado, por variación de la humedad del terreno, etc).
- Riesgos derivados del manejo de máquinas-herramienta y maquinaria pesada en general.
- Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de la maquinaria para movimiento de tierras.

- Caídas al mismo o distinto nivel de personas, materiales y útiles.
- Los derivados de los trabajos pulverulentos.
- Contactos con el hormigón (dermatitis por cementos, etc).
- Caída de los encofrados al vacío, caída de personal al caminar o trabajar sobre los fondillos de las vigas, pisadas sobre objetos punzantes, etc.
- Desprendimientos por mal apilado de la madera, planchas metálicas, etc.
- Cortes y heridas en manos y pies, aplastamientos, tropiezos y torceduras al caminar sobre las armaduras.
- Hundimientos, rotura o reventón de encofrados, fallos de entibaciones.
- Contactos con la energía eléctrica (directos e indirectos), electrocuciones, quemaduras, etc.
- Los derivados de la rotura fortuita de las planchas de vidrio.
- Cuerpos extraños en los ojos, etc.
- Agresión por ruido y vibraciones en todo el cuerpo.
- Microclima laboral (frío-calor), agresión por radiación ultravioleta, infrarroja.
- Agresión mecánica por proyección de partículas.
- Golpes.
- Cortes por objetos y/o herramientas.
- Incendio y explosiones.
- Riesgo por sobreesfuerzos musculares y malos gestos.
- Carga de trabajo física.
- Deficiente iluminación.
- Efecto psico-fisiológico de horarios y turno.

5.4.2.2. Medidas preventivas de carácter general

Se establecerán a lo largo de la obra letreros divulgativos y señalización de los riesgos (vuelo, atropello, colisión, caída en altura, corriente eléctrica, peligro de incendio, materiales inflamables, prohibido fumar, etc), así como las medidas preventivas previstas (uso obligatorio del casco, uso obligatorio de las botas de seguridad, uso obligatorio de guantes, uso obligatorio de cinturón de seguridad, etc).

Se habilitarán zonas o estancias para el acopio de material y útiles (ferralla, perfilera metálica, piezas prefabricadas, carpintería metálica y de madera, vidrio, pinturas, barnices y disolventes, material eléctrico, aparatos sanitarios, tuberías, aparatos de calefacción y climatización, etc).

Se procurará que los trabajos se realicen en superficies secas y limpias, utilizando los elementos de protección personal, fundamentalmente calzado antideslizante reforzado

para protección de golpes en los pies, casco de protección para la cabeza y cinturón de seguridad.

El transporte aéreo de materiales y útiles se hará suspendiéndolos desde dos puntos mediante eslingas, y se guiarán por tres operarios, dos de ellos guiarán la carga y el tercero ordenará las maniobras.

El transporte de elementos pesados (sacos de aglomerante, ladrillos, arenas, etc) se hará sobre carretilla de mano y así evitar sobreesfuerzos.

Los andamios sobre borriquetas, para trabajos en altura, tendrán siempre plataformas de trabajo de anchura no inferior a 60 cm (3 tablones trabados entre sí), prohibiéndose la formación de andamios mediante bidones, cajas de materiales, bañeras, etc.

Se tenderán cables de seguridad amarrados a elementos estructurales sólidos en los que enganchar el mosquetón del cinturón de seguridad de los operarios encargados de realizar trabajos en altura.

La distribución de máquinas, equipos y materiales en los locales de trabajo será la adecuada, delimitando las zonas de operación y paso, los espacios destinados a puestos de trabajo, las separaciones entre máquinas y equipos, etc.

El área de trabajo estará al alcance normal de la mano, sin necesidad de ejecutar movimientos forzados.

Se vigilarán los esfuerzos de torsión o de flexión del tronco, sobre todo si el cuerpo está en posición inestable.

Se evitarán las distancias demasiado grandes de elevación, descenso o transporte, así como un ritmo demasiado alto de trabajo.

Se tratará de que la carga y su volumen permitan asirla con facilidad.

Se recomienda evitar los barrizales, en prevención de accidentes.

Se debe seleccionar la herramienta correcta para el trabajo a realizar, manteniéndola en buen estado y uso correcto de ésta. Después de realizar las tareas, se guardarán en lugar seguro.

La iluminación para desarrollar los oficios convenientemente oscilará en torno a los 100 lux.

Es conveniente que los vestidos estén configurados en varias capas al comprender entre ellas cantidades de aire que mejoran el aislamiento al frío. Empleo de guantes, botas y orejeras. Se resguardará al trabajador de vientos mediante apantallamientos y se evitará que la ropa de trabajo se empape de líquidos evaporables.

Si el trabajador sufriese estrés térmico se deben modificar las condiciones de trabajo, con el fin de disminuir su esfuerzo físico, mejorar la circulación de aire, apantallar el calor por radiación, dotar al trabajador de vestimenta adecuada (sombrero, gafas de sol, cremas y lociones solares), vigilar que la ingesta de agua tenga cantidades moderadas de sal y establecer descansos de recuperación si las soluciones anteriores no son suficientes.

El aporte alimentario calórico debe ser suficiente para compensar el gasto derivado de la actividad y de las contracciones musculares.

Para evitar el contacto eléctrico directo se utilizará el sistema de separación por distancia o alejamiento de las partes activas hasta una zona no accesible por el trabajador, interposición de obstáculos y/o barreras (armarios para cuadros eléctricos, tapas para interruptores, etc.) y recubrimiento o aislamiento de las partes activas.

Para evitar el contacto eléctrico indirecto se utilizará el sistema de puesta a tierra de las masas (conductores de protección, líneas de enlace con tierra y electrodos artificiales) y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada a las condiciones de humedad y resistencia de tierra de la instalación provisional).

Las vías y salidas de emergencia deberán permanecer expeditas y desembocar lo más directamente posible en una zona de seguridad.

El número, la distribución y las dimensiones de las vías y salidas de emergencia dependerán del uso, de los equipos y de las dimensiones de la obra y de los locales, así como el número máximo de personas que puedan estar presentes en ellos.

En caso de avería del sistema de alumbrado, las vías y salidas de emergencia que requieran iluminación deberán estar equipadas con iluminación de seguridad de suficiente intensidad.

Será responsabilidad del empresario garantizar que los primeros auxilios puedan prestarse en todo momento por personal con la suficiente formación para ello.

5.4.2.3. Medidas preventivas de carácter particular para cada oficio

Movimiento de tierras. Excavación de pozos y zanjas

Antes del inicio de los trabajos, se inspeccionará el tajo con el fin de detectar posibles grietas o movimientos del terreno.

Se prohibirá el acopio de tierras o de materiales a menos de dos metros del borde de la excavación, para evitar sobrecargas y posibles vuelcos del terreno, señalizándose además mediante una línea esta distancia de seguridad.

Se eliminarán todos los bolos o viseras de los frentes de la excavación que por su situación ofrezcan el riesgo de desprendimiento.

La maquinaria estará dotada de peldaños y asidero para subir o bajar de la cabina de control. No se utilizará como apoyo para subir a la cabina las llantas, cubiertas, cadenas y guardabarros.

Los desplazamientos por el interior de la obra se realizarán por caminos señalizados.

Se utilizarán redes tensas o mallazo electrosoldado situadas sobre los taludes, con un solape mínimo de 2 m.

La circulación de los vehículos se realizará a un máximo de aproximación al borde de la excavación no superior a los 3 m. para vehículos ligeros y de 4 m para pesados.

Se conservarán los caminos de circulación interna cubriendo baches, eliminando blandones y compactando mediante zahorras.

El acceso y salida de los pozos y zanjas se efectuará mediante una escalera sólida, anclada en la parte superior del pozo, que estará provista de zapatas antideslizantes.

Cuando la profundidad del pozo sea igual o superior a 1,5 m., se entibará (o encamisará) el perímetro en prevención de derrumbamientos.

Se efectuará el achique inmediato de las aguas que afloran (o caen) en el interior de las zanjas, para evitar que se altere la estabilidad de los taludes.

En presencia de líneas eléctricas en servicio se tendrán en cuenta las siguientes condiciones:

- Se procederá a solicitar de la compañía propietaria de la línea eléctrica el corte de fluido y puesta a tierra de los cables, antes de realizar los trabajos.
- La línea eléctrica que afecta a la obra será desviada de su actual trazado al límite marcado en los planos.
- La distancia de seguridad con respecto a las líneas eléctricas que cruzan la obra, queda fijada en 5 m, en zonas accesibles durante la construcción.
- Se prohíbe la utilización de cualquier calzado que no sea aislante de la electricidad en proximidad con la línea eléctrica.

Relleno de tierras

Se prohíbe el transporte de personal fuera de la cabina de conducción y/o en número superior a los asientos existentes en el interior.

Se regarán periódicamente los tajos, las cargas y cajas de camión, para evitar las polvaredas. Especialmente si se debe conducir por vías públicas, calles y carreteras.

Se instalará, en el borde de los terraplenes de vertido, sólidos topes de limitación de recorrido para el vertido en retroceso.

Se prohíbe la permanencia de personas en un radio no inferior a los 5 m. en torno a las compactadoras y apisonadoras en funcionamiento.

Los vehículos de compactación y apisonado, irán provistos de cabina de seguridad de protección en caso de vuelco.

Encofrados

Se prohíbe la permanencia de operarios en las zonas de batido de cargas durante las operaciones de izado de tablonas, sopandas, puntales y ferralla; igualmente se procederá durante la elevación de viguetas, nervios, armaduras, pilares, bovedillas, etc.

El ascenso y descenso del personal a los encofrados, se efectuará a través de escaleras de mano reglamentarias.

Se instalarán barandillas reglamentarias en los frentes de losas horizontales, para impedir

la caída al vacío de las personas.

Los clavos o puntas existentes en la madera usada se extraerán o remacharán, según casos.

Queda prohibido encofrar sin antes haber cubierto el riesgo de caída desde altura mediante la ubicación de redes de protección.

Trabajos con ferralla, manipulación y puesta en obra

Los paquetes de redondos se almacenarán en posición horizontal sobre durmientes de madera capa a capa, evitándose las alturas de las pilas superiores al 1'50 m.

Se efectuará un barrido diario de puntas, alambres y recortes de ferralla en torno al banco (o bancos, borriquetas, etc.) de trabajo.

Queda prohibido el transporte aéreo de armaduras de pilares en posición vertical.

Se prohíbe trepar por las armaduras en cualquier caso.

Se prohíbe el montaje de zunchos perimetrales, sin antes estar correctamente instaladas las redes de protección.

Se evitará, en lo posible, caminar por los fondillos de los encofrados de jácenas o vigas.

Trabajos de manipulación del hormigón

Se instalarán fuertes topes final de recorrido de los camiones hormigonera, en evitación de vuelcos.

Se prohíbe acercar las ruedas de los camiones hormigoneras a menos de 2 m. del borde de la excavación.

Se prohíbe cargar el cubo por encima de la carga máxima admisible de la grúa que lo sustenta.

Se procurará no golpear con el cubo los encofrados, ni las entibaciones.

La tubería de la bomba de hormigonado, se apoyará sobre caballetes, arriostrándose las partes susceptibles de movimiento.

Para vibrar el hormigón desde posiciones sobre la cimentación que se hormigona, se establecerán plataformas de trabajo móviles formadas por un mínimo de tres tablonos, que se dispondrán perpendicularmente al eje de la zanja o zapata.

El hormigonado y vibrado del hormigón de pilares, se realizará desde "castilletes de hormigonado"

En el momento en el que el forjado lo permita, se izará en torno a los huecos el peto definitivo de fábrica, en prevención de caídas al vacío.

Se prohíbe transitar pisando directamente sobre las bovedillas (cerámicas o de hormigón), en prevención de caídas a distinto nivel.

Montaje de prefabricados

El riesgo de caída desde altura, se evitará realizando los trabajos de recepción e instalación del prefabricado desde el interior de una plataforma de trabajo rodeada de barandillas de 90 cm., de altura, formadas por pasamanos, listón intermedio y rodapié de 15 cm., sobre andamios (metálicos, tubulares de borriquetas).

Se prohíbe trabajar o permanecer en lugares de tránsito de piezas suspendidas en prevención del riesgo de desplome.

Los prefabricados se acopiarán en posición horizontal sobre durmientes dispuestos por capas de tal forma que no dañen los elementos de enganche para su izado.

Se paralizará la labor de instalación de los prefabricados bajo régimen de vientos superiores a 60 Km/h.

Albañilería

Los grandes huecos (patios) se cubrirán con una red horizontal instalada alternativamente cada dos plantas, para la prevención de caídas.

Se prohíbe concentrar las cargas de ladrillos sobre vanos. El acopio de palets, se realizará próximo a cada pilar, para evitar las sobrecargas de la estructura en los lugares de menor resistencia.

Los escombros y cascotes se evacuarán diariamente mediante trompas de vertido montadas al efecto, para evitar el riesgo de pisadas sobre materiales.

Las rampas de las escaleras estarán protegidas en su entorno por una barandilla sólida de 90 cm. de altura, formada por pasamanos, listón intermedio y rodapié de 15 cm.

Cubiertas

El riesgo de caída al vacío, se controlará instalando redes de horca alrededor del edificio. No se permiten caídas sobre red superiores a los 6 m. de altura.

Se paralizarán los trabajos sobre las cubiertas bajo régimen de vientos superiores a 60 km/h., lluvia, helada y nieve.

Enfoscados y enlucidos

Las "miras", reglas, tablones, etc., se cargarán a hombro en su caso, de tal forma que, al caminar, el extremo que va por delante, se encuentre por encima de la altura del casco de quién lo transporta, para evitar los golpes a otros operarios, los tropezones entre obstáculos, etc.

Se acordonará la zona en la que pueda caer piedra durante las operaciones de proyección de "garbancillo" sobre morteros, mediante cinta de banderolas y letreros de prohibido el paso.

Carpintería de madera, metálica y cerrajería

Los recortes de madera y metálicos, objetos punzantes, cascotes y serrín producidos durante los ajustes se recogerán y se eliminarán mediante las tolvas de vertido, o mediante bateas o plataformas emplintadas amarradas del gancho de la grúa.

Los cercos serán recibidos por un mínimo de una cuadrilla, en evitación de golpes, caídas y vuelcos.

Los listones horizontales inferiores contra deformaciones, se instalarán a una altura en torno a los 60 cm. Se ejecutarán en madera blanca, preferentemente, para hacerlos más visibles y evitar los accidentes por tropiezos.

El "cuelgue" de hojas de puertas o de ventanas, se efectuará por un mínimo de dos operarios, para evitar accidentes por desequilibrio, vuelco, golpes y caídas.

Pintura y barnizados

Se prohíbe almacenar pinturas susceptibles de emanar vapores inflamables con los recipientes mal o incompletamente cerrados, para evitar accidentes por generación de atmósferas tóxicas o explosivas.

Se prohíbe realizar trabajos de soldadura y oxicorte en lugares próximos a los tajos en los que se empleen pinturas inflamables, para evitar el riesgo de explosión o de incendio.

Se tenderán redes horizontales sujetas a puntos firmes de la estructura, para evitar el riesgo de caída desde alturas.

Se prohíbe la conexión de aparatos de carga accionados eléctricamente (puentes grúa, por ejemplo) durante las operaciones de pintura de carriles, soportes, topes, barandillas, etc., en prevención de atrapamientos o caídas desde altura.

Se prohíbe realizar "pruebas de funcionamiento" en las instalaciones, tuberías de presión, equipos motobombas, calderas, conductos, etc. durante los trabajos de pintura de señalización o de protección de conductos.

Instalación eléctrica provisional de obra

El montaje de aparatos eléctricos será ejecutado por personal especialista, en prevención de los riesgos por montajes incorrectos.

El calibre o sección del cableado será siempre el adecuado para la carga eléctrica que ha de soportar.

Los hilos tendrán la funda protectora aislante sin defectos apreciables (rasgones, repelones y asimilables). No se admitirán tramos defectuosos.

La distribución general desde el cuadro general de obra a los cuadros secundarios o de planta, se efectuará mediante manguera eléctrica antihumedad.

El tendido de los cables y mangueras se efectuará a una altura mínima de 2 m. en los lugares peatonales y de 5 m. en los de vehículos, medidos sobre el nivel del pavimento.

Los empalmes provisionales entre mangueras se ejecutarán mediante conexiones normalizadas estancas antihumedad.

Las mangueras de "alargadera" por ser provisionales y de corta estancia pueden llevarse tendidas por el suelo, pero arrimadas a los paramentos verticales.

Los interruptores se instalarán en el interior de cajas normalizadas, provistas de puerta de entrada con cerradura de seguridad.

Los cuadros eléctricos metálicos tendrán la carcasa conectada a tierra.

Los cuadros eléctricos se colgarán pendientes de tableros de madera recibidos a los paramentos verticales o bien a "pies derechos" firmes.

Las maniobras a ejecutar en el cuadro eléctrico general se efectuarán subido a una banqueta de maniobra o alfombrilla aislante.

Los cuadros eléctricos poseerán tomas de corriente para conexiones normalizadas blindadas para intemperie.

La tensión siempre estará en la clavija "hembra", nunca en la "macho", para evitar los contactos eléctricos directos.

Los interruptores diferenciales se instalarán de acuerdo con las siguientes sensibilidades:

- 300 mA. Alimentación a la maquinaria.
- 30 mA. Alimentación a la maquinaria como mejora del nivel de seguridad.
- 30 mA. Para las instalaciones eléctricas de alumbrado.

Las partes metálicas de todo equipo eléctrico dispondrán de toma de tierra.

El neutro de la instalación estará puesto a tierra.

La toma de tierra se efectuará a través de la pica o placa de cada cuadro general.

El hilo de toma de tierra, siempre estará protegido con macarrón en colores amarillo y verde. Se prohíbe expresamente utilizarlo para otros usos.

La iluminación mediante portátiles cumplirá la siguiente norma:

- Portalámparas estanco de seguridad con mango aislante, rejilla protectora de la bombilla dotada de gancho de cuelgue a la pared, manguera antihumedad, clavija de conexión normalizada estanca de seguridad, alimentados a 24 V.
- La iluminación de los tajos se situará a una altura en torno a los 2 m., medidos desde la superficie de apoyo de los operarios en el puesto de trabajo.
- La iluminación de los tajos, siempre que sea posible, se efectuará cruzada con el fin de disminuir sombras.
- Las zonas de paso de la obra, estarán permanentemente iluminadas evitando rincones oscuros.

No se permitirá las conexiones a tierra a través de conducciones de agua.

No se permitirá el tránsito de carretillas y personas sobre mangueras eléctricas, pueden pelarse y producir accidentes.

No se permitirá el tránsito bajo líneas eléctricas de las compañías con elementos longitudinales transportados a hombro (pértigas, reglas, escaleras de mano y asimilables). La inclinación de la pieza puede llegar a producir el contacto eléctrico.

5.4.2.4. Medidas específicas para trabajos en la proximidad de instalaciones eléctricas de alta tensión

Los *Oficios más comunes* en las instalaciones de alta tensión son los siguientes.

- Instalación de apoyos metálicos o de hormigón.
- Instalación de conductores desnudos.
- Instalación de aisladores cerámicos.
- Instalación de crucetas metálicas.
- Instalación de aparatos de seccionamiento y corte (interruptores, seccionadores, fusibles, etc).
- Instalación de limitadores de sobretensión (autoválvulas pararrayos).
- Instalación de transformadores tipo intemperie sobre apoyos.
- Instalación de dispositivos antivibraciones.
- Medida de altura de conductores.
- Detección de partes en tensión.
- Instalación de conductores aislados en zanjas o galerías.

- Instalación de envolventes prefabricadas de hormigón.
- Instalación de celdas eléctricas (seccionamiento, protección, medida, etc).
- Instalación de transformadores en envolventes prefabricadas a nivel del terreno.
- Instalación de cuadros eléctricos y salidas en B.T.
- Interconexión entre elementos.
- Conexión y desconexión de líneas o equipos.
- Puestas a tierra y conexiones equipotenciales.
- Reparación, conservación o cambio de los elementos citados.

Los Riesgos más frecuentes durante estos oficios son los descritos a continuación.

- Deslizamientos, desprendimientos de tierras por diferentes motivos (no emplear el talud adecuado, por variación de la humedad del terreno, etc).
- Riesgos derivados del manejo de máquinas-herramienta y maquinaria pesada en general.
- Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de la maquinaria para movimiento de tierras.
- Caídas al mismo o distinto nivel de personas, materiales y útiles.
- Contactos con el hormigón (dermatitis por cementos, etc).
- Golpes.
- Cortes por objetos y/o herramientas.
- Arco eléctrico.
- Incendio y explosiones. Electrocuciiones y quemaduras.
- Ventilación e Iluminación.
- Riesgo por sobreesfuerzos musculares y malos gestos.
- Contacto o manipulación de los elementos aislantes de los transformadores (aceites minerales, aceites a la silicona y piraleno). El aceite mineral tiene un punto de inflamación relativamente bajo (130º) y produce humos densos y nocivos en la combustión. El aceite a la silicona posee un punto de inflamación más elevado (400º). El piraleno ataca la piel, ojos y mucosas, produce gases tóxicos a temperaturas normales y arde mezclado con otros productos.
- Contacto directo con una parte del cuerpo humano y contacto a través de útiles o herramientas.
- Contacto a través de maquinaria de gran altura.
- Maniobras en centros de transformación privados por personal con escaso o nulo conocimiento de la responsabilidad y riesgo de una instalación de alta tensión.
- Agresión de animales.

Las Medidas Preventivas de carácter general se describen a continuación.

Se realizará un diseño seguro y viable por parte del técnico proyectista.

Se inspeccionará el estado del terreno.

Se realizará el ascenso y descenso a zonas elevadas con medios y métodos seguros (escaleras adecuadas y sujetas por su parte superior).

Se evitarán posturas inestables con calzado y medios de trabajo adecuados.

Se utilizarán cuerdas y poleas (si fuese necesario) para subir y bajar materiales.

Se evitarán zonas de posible caída de objetos, respetando la señalización y delimitación.

No se almacenarán objetos en el interior del CT.

Se ubicarán protecciones frente a sobreintensidades y conrainscendios: fosos de recogida de aceites, muros cortafuegos, paredes, tabiques, pantallas, extintores fijos, etc.

Se evitarán derrames, suelos húmedos o resbaladizos (canalizaciones, desagües, pozos de evacuación, aislamientos, calzado antideslizante, etc).

Se utilizará un sistema de iluminación adecuado: focos luminosos correctamente colocados, interruptores próximos a las puertas de acceso, etc.

Se utilizará un sistema de ventilación adecuado: entradas de aire por la parte inferior y salidas en la superior, huecos de ventilación protegidos, salidas de ventilación que no molesten a los usuarios, etc.

La señalización será la idónea: puertas con rótulos indicativos, máquinas, celdas, paneles de cuadros y circuitos diferenciados y señalizados, carteles de advertencia de peligro en caso necesario, esquemas unifilares actualizados e instrucciones generales de servicio, carteles normalizados (normas de trabajo A.T., distancias de seguridad, primeros auxilios, etc).

Los trabajadores recibirán una formación específica referente a los riesgos en alta tensión.

Para evitar el riesgo de contacto eléctrico se alejarán las partes activas de la instalación a distancia suficiente del lugar donde las personas habitualmente se encuentran o circulan, se recubrirán las partes activas con aislamiento apropiado, de tal forma que conserven sus propiedades indefinidamente y que limiten la corriente de contacto a un valor inocuo (1 mA) y se interpondrán obstáculos aislantes de forma segura que impidan todo contacto accidental.

La distancia de seguridad para líneas eléctricas aéreas de alta tensión y los distintos elementos, como maquinaria, grúas, etc no será inferior a 3 m. Respecto a las edificaciones no será inferior a 5 m.

Conviene determinar con la suficiente antelación, al comenzar los trabajos o en la utilización de maquinaria móvil de gran altura, si existe el riesgo derivado de la proximidad de líneas eléctricas aéreas. Se indicarán dispositivos que limiten o indiquen la altura máxima permisible.

Será obligatorio el uso del cinturón de seguridad para los operarios encargados de realizar trabajos en altura.

Todos los apoyos, herrajes, autoválvulas, seccionadores de puesta a tierra y elementos metálicos en general estarán conectados a tierra, con el fin de evitar las tensiones de paso y de contacto sobre el cuerpo humano. La puesta a tierra del neutro de los transformadores será independiente de la especificada para herrajes. Ambas serán motivo de estudio en la fase de proyecto.

Es aconsejable que en centros de transformación el pavimento sea de hormigón ruleteado antideslizante y se ubique una capa de grava alrededor de ellos (en ambos casos se mejoran las tensiones de paso y de contacto).

Se evitará aumentar la resistividad superficial del terreno.

En centros de transformación tipo intemperie se revestirán los apoyos con obra de fábrica y mortero de hormigón hasta una altura de 2 m y se aislarán las empuñaduras de los mandos.

En centros de transformación interiores o prefabricados se colocarán suelos de láminas aislantes sobre el acabado de hormigón.

Las pantallas de protección contra contacto de las celdas, aparte de esta función, deben evitar posibles proyecciones de líquidos o gases en caso de explosión, para lo cual deberán ser de chapa y no de malla.

Los mandos de los interruptores, seccionadores, etc, deben estar emplazados en lugares de fácil manipulación, evitándose postura forzadas para el operador, teniendo en cuenta que éste lo hará desde el banquillo aislante.

Se realizarán enclavamientos mecánicos en las celdas, de puerta (se impide su apertura cuando el aparato principal está cerrado o la puesta a tierra desconectada), de maniobra (impide la maniobra del aparato principal y puesta a tierra con la puerta abierta), de puesta a tierra (impide el cierre de la puesta a tierra con el interruptor cerrado o viceversa), entre el seccionador y el interruptor (no se cierra el interruptor si el seccionador está abierto y conectado a tierra y no se abrirá el seccionador si el interruptor está cerrado) y enclavamiento del mando por candado.

Como recomendación, en las celdas se instalarán detectores de presencia de tensión y mallas protectoras quitamiedos para comprobación con pértiga.

En las celdas de transformador se utilizará una ventilación optimizada de mayor eficacia situando la salida de aire caliente en la parte superior de los paneles verticales. La dirección del flujo de aire será obligada a través del transformador.

El alumbrado de emergencia no estará concebido para trabajar en ningún centro de transformación, sólo para efectuar maniobras de rutina.

Los centros de transformación estarán dotados de cerradura con llave que impida el acceso a personas ajenas a la explotación.

Las maniobras en alta tensión se realizarán, por elemental que puedan ser, por un operador y su ayudante. Deben estar advertidos que los seccionadores no pueden ser maniobrados en carga. Antes de la entrada en un recinto en tensión deberán comprobar la ausencia de tensión mediante pértiga adecuada y de forma visible la apertura de un elemento de corte y la puesta a tierra y en cortocircuito del sistema. Para realizar todas las maniobras será obligatorio el uso de, al menos y a la vez, dos elementos de protección personal: pértiga, guantes y banqueta o alfombra aislante, conexión equipotencial del mando manual del aparato y plataforma de maniobras.

Se colocarán señales de seguridad adecuadas, delimitando la zona de trabajo.

5.4.3. Disposiciones específicas de seguridad y salud durante la ejecución de las obras

Cuando en la ejecución de la obra intervenga más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o diversos trabajadores autónomos, el promotor designará un *coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra*, que será un técnico competente integrado en la dirección facultativa.

Cuando no sea necesaria la designación de coordinador, las funciones de éste serán asumidas por la dirección facultativa.

En aplicación del estudio básico de seguridad y salud, cada contratista elaborará un *plan de seguridad y salud en el trabajo* en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el estudio desarrollado en el proyecto, en función de su propio sistema de ejecución de la obra.

Antes del comienzo de los trabajos, el promotor deberá efectuar un *aviso* a la autoridad laboral competente.

5.5. Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual

5.5.1. Introducción

La ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

Así son las *normas de desarrollo reglamentario* las que deben fijar las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre ellas se encuentran las destinadas a garantizar *la utilización por los trabajadores en el trabajo de equipos de protección individual* que los protejan adecuadamente de aquellos riesgos para su salud o su seguridad que *no puedan evitarse o limitarse* suficientemente mediante la utilización de medios de protección colectiva o la adopción de medidas de organización en el trabajo.

5.5.2. Obligaciones generales del empresario

Hará obligatorio el uso de los equipos de protección individual que a continuación se desarrollan.

5.5.2.1. Protectores de la cabeza

- Cascos de seguridad, no metálicos, clase N, aislados para baja tensión, con el fin de proteger a los trabajadores de los posibles choques, impactos y contactos eléctricos.
- Protectores auditivos acoplables a los cascos de protección.
- Gafas de montura universal contra impactos y antipolvo.

- Mascarilla antipolvo con filtros protectores.
- Pantalla de protección para soldadura autógena y eléctrica.

5.5.2.2. Protectores de manos y brazos

- Guantes contra las agresiones mecánicas (perforaciones, cortes, vibraciones).
- Guantes de goma finos, para operarios que trabajen con hormigón.
- Guantes dieléctricos para B.T.
- Guantes de soldador.
- Muñequeras.
- Mango aislante de protección en las herramientas.

5.5.2.3. Protectores de pies y piernas

- Calzado provisto de suela y puntera de seguridad contra las agresiones mecánicas.
- Botas dieléctricas para B.T.
- Botas de protección impermeables.
- Polainas de soldador.
- Rodilleras.

5.5.2.4. Protectores del cuerpo

- Crema de protección y pomadas.
- Chalecos, chaquetas y mandiles de cuero para protección de las agresiones mecánicas.
- Traje impermeable de trabajo.
- Cinturón de seguridad, de sujeción y caída, clase A.
- Fajas y cinturones antivibraciones.
- Pértiga de B.T.
- Banqueta aislante clase I para maniobra de B.T.
- Linterna individual de situación.
- Comprobador de tensión.

5.5.2.5. Equipos adicionales de protección para trabajos en la proximidad de instalaciones eléctricas de alta tensión

- Casco de protección aislante clase E-AT.

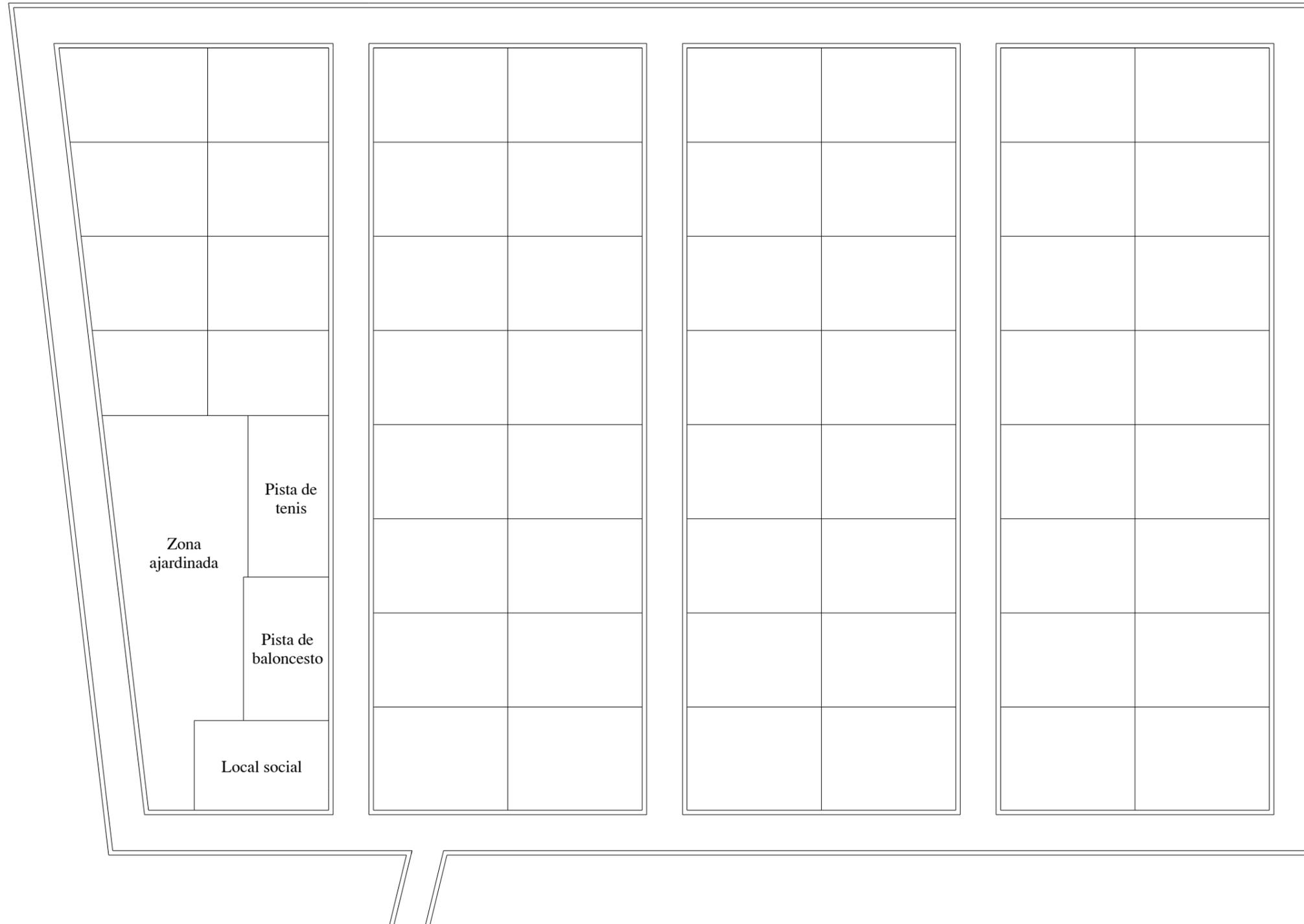
- Guantes aislantes clase IV.
- Banqueta aislante de maniobra clase II-B o alfombra aislante para A.T.
- Pértiga detectora de tensión (salvamento y maniobra).
- Traje de protección de menos de 3 kg, bien ajustado al cuerpo y sin piezas descubiertas eléctricamente conductoras de la electricidad.
- Gafas de protección.
- Insuflador boca a boca.
- Tierra auxiliar.
- Esquema unifilar
- Placa de primeros auxilios.
- Placas de peligro de muerte y E.T.
- Material de señalización y delimitación (cintas, señales, etc).

6. PLANOS



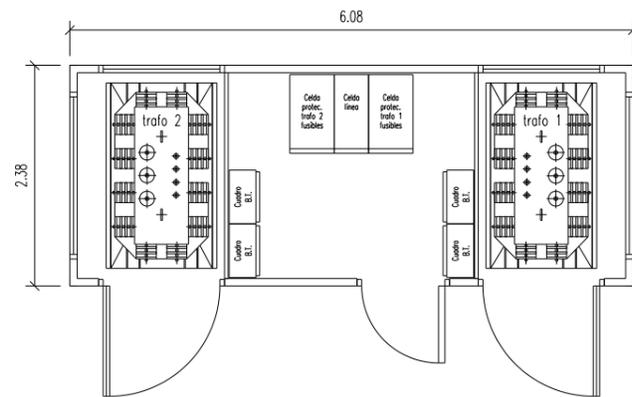
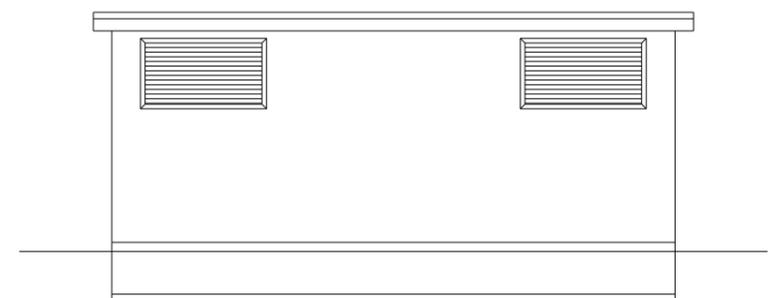
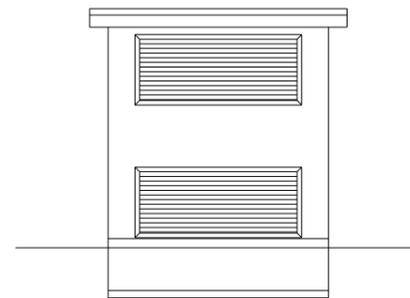
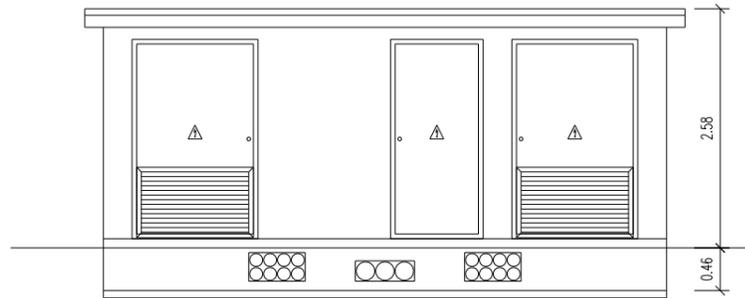
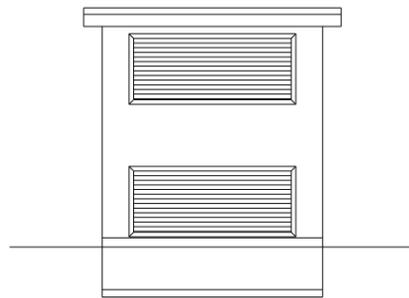
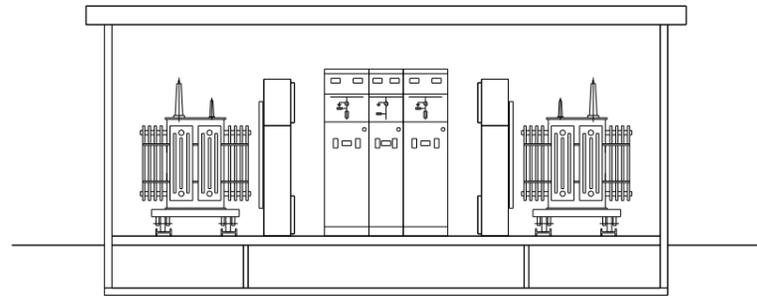
Universidad
Politécnica
de Cartagena

| | | | |
|--|----------------|-----------------------|------------------------|
| PROYECTO | | | |
| DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA URBANIZACIÓN | | | |
| REALIZADO POR | | TÍTULO DEL PLANO | |
| ANTONIO MARTÍNEZ VALERO | | EMPLAZAMIENTO | |
| GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES | TFG | ESCALA 1/5000 | PLANO No. 01 |
| | FORMATO A3H | FECHA FEBRERO 2022 | |



Universidad
Politécnica
de Cartagena

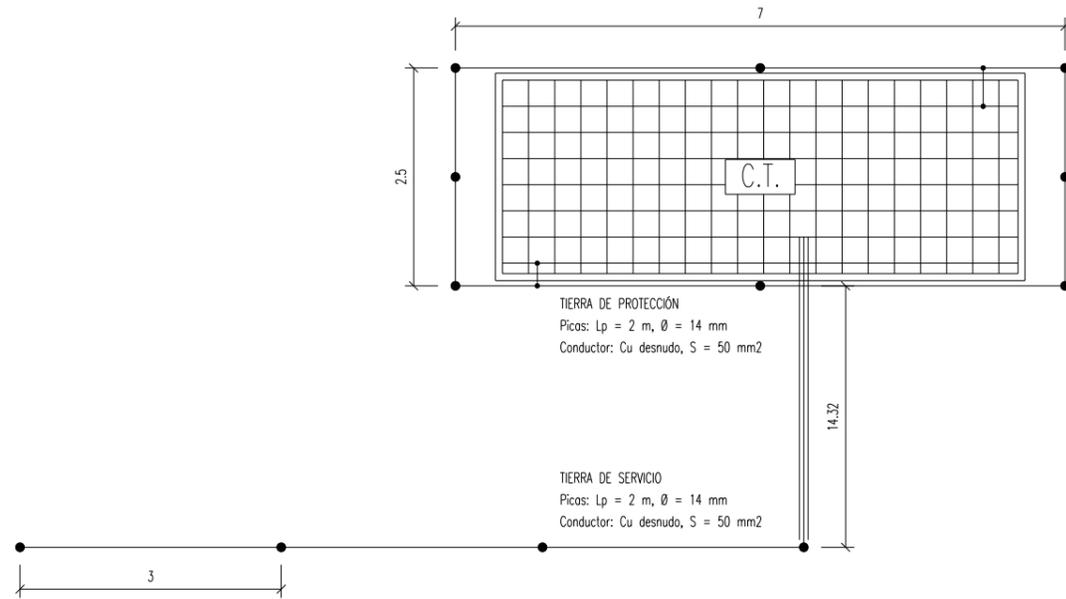
| | | | |
|--|-------------|--------------------|------------------------|
| PROYECTO | | | |
| DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA URBANIZACIÓN | | | |
| REALIZADO POR | | TÍTULO DEL PLANO | |
| ANTONIO MARTÍNEZ VALERO | | URBANIZACIÓN | |
| GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES | TFG | ESCALA 1/1000 | PLANO No. 02 |
| | FORMATO A3H | FECHA FEBRERO 2022 | |



DIMENSIONES DE LA EXCAVACIÓN
6.88 m ancho x 3.18 m fondo x 0.56 m prof.

| | | | | |
|---|---|-------------|---|-------------------------------|
|  | PROYECTO DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA URBANIZACIÓN | | | |
| | REALIZADO POR ANTONIO MARTÍNEZ VALERO | | TÍTULO DEL PLANO CENTRO DE TRANSFORMACIÓN | |
| | GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES | TFG | ESCALA 1/50 | PLANO No. 03 |
| | | FORMATO A3H | FECHA FEBRERO 2022 | |

PUESTAS A TIERRA



TIERRA DE PROTECCIÓN
Picas: $L_p = 2 \text{ m}$, $\varnothing = 14 \text{ mm}$
Conductor: Cu desnuda, $S = 50 \text{ mm}^2$

TIERRA DE SERVICIO
Picas: $L_p = 2 \text{ m}$, $\varnothing = 14 \text{ mm}$
Conductor: Cu desnuda, $S = 50 \text{ mm}^2$

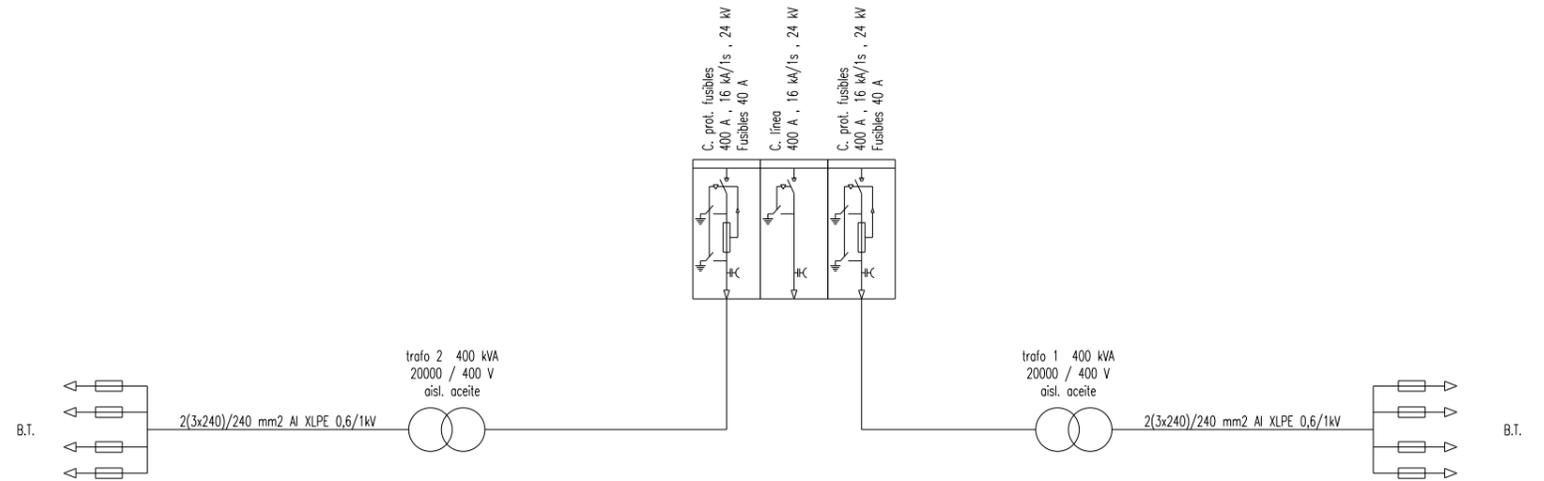
TIERRA DE PROTECCIÓN
Configuración: 70-25/5/82
Profundidad electrodo: 0.5 m
Sección conductor: 50 mm²
Diámetro picas: 14 mm
Número de picas: 8
Longitud picas: 2

NOTA: En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo electrosoldado, con redondos de diámetro no inferior a 4 mm, formando una retícula no superior a 0,30x0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos opuestos de la puesta a tierra de protección del Centro. Dicho mallazo estará cubierto por una capa de hormigón de 10 cm. como mínimo. Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico alguno con masas conductoras que, a causa de defectos o averías, sean susceptibles de quedar sometidas a tensión.

TIERRA DE SERVICIO
Configuración: 5/42.
Profundidad electrodo: 0.5 m
Separación picas: 3 m
4 picas en hilera unidas por conductor horizontal
Sección conductor: 50 mm²
Diámetro picas: 14 mm
Longitud picas: 2

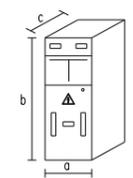
NOTA: El conductor de conexión entre el neutro del transformador y el electrodo de la tierra de servicio será de cable aislado 0,6/1kV de 50 mm² en Cu, bajo tubo de PVC con grado al impacto 7 (mínimo)

ESQUEMA UNIFILAR

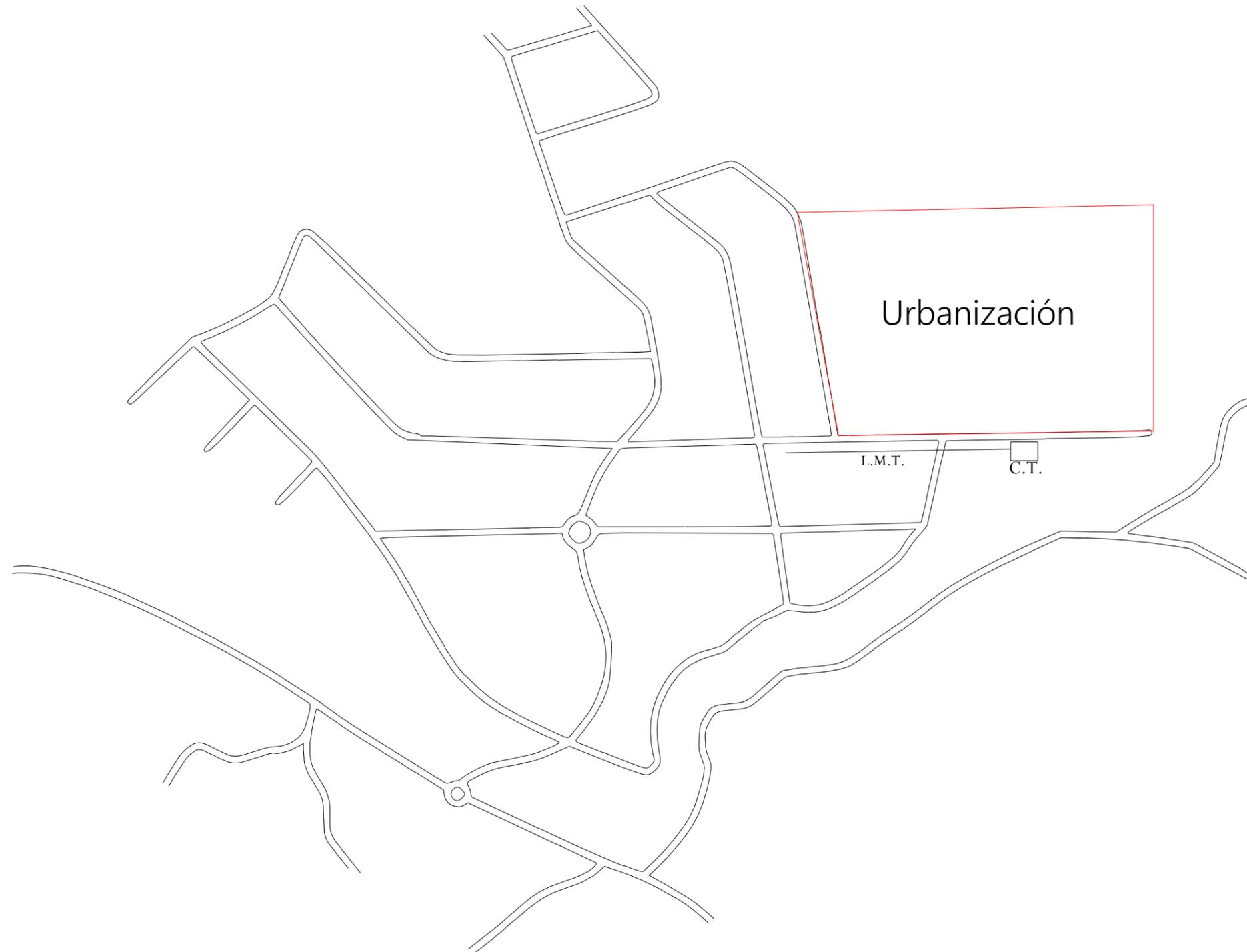


DIMENSIONES CELDAS

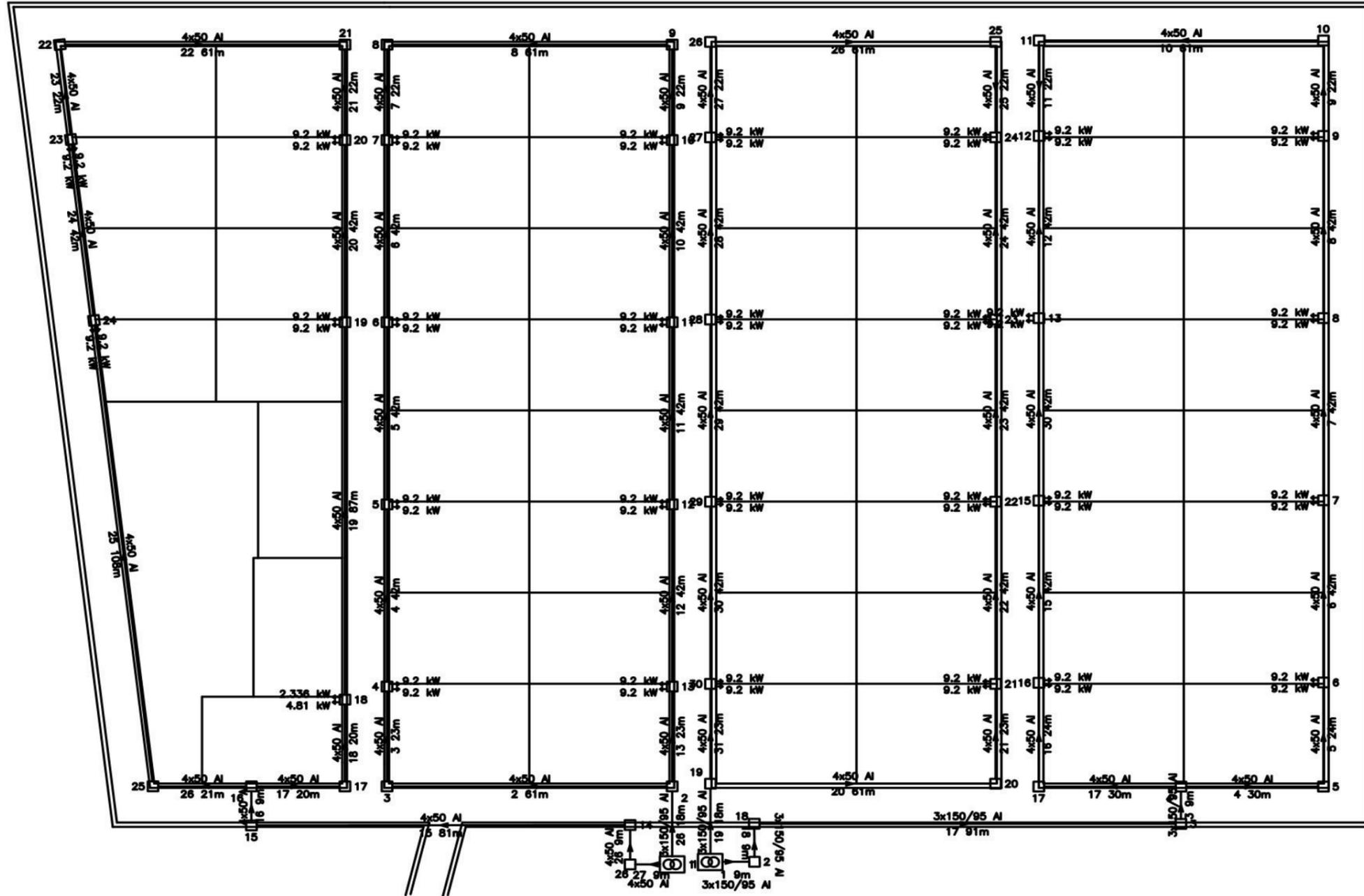
| Tipo celda | a(m) | b(m) | c(m) |
|----------------|------|------|------|
| Prot. fusibles | 0.48 | 1.8 | 0.85 |
| Línea | 0.37 | 1.8 | 0.85 |
| Prot. fusibles | 0.48 | 1.8 | 0.85 |



| | | | | |
|--|---|----------------|--|------------------------|
| | PROYECTO DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA URBANIZACIÓN | | | |
| | REALIZADO POR ANTONIO MARTÍNEZ VALERO | | TÍTULO DEL PLANO PUESTA A TIERRA, ESQUEMA UNIFILAR Y CELDAS | |
| | GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES | TFG | ESCALA VAR. | PLANO No. 04 |
| | | FORMATO A3H | FECHA FEBRERO 2022 | |



| | | | |
|--|---|------------------------------|---|
|  Universidad Politécnica de Cartagena | PROYECTO DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA URBANIZACIÓN | | |
| | REALIZADO POR ANTONIO MARTÍNEZ VALERO | | TÍTULO DEL PLANO LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN |
| | GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES | TFG FORMATO A3H | ESCALA VAR. FECHA FEBRERO 2022 |
| | PLANO No. 05 | | |



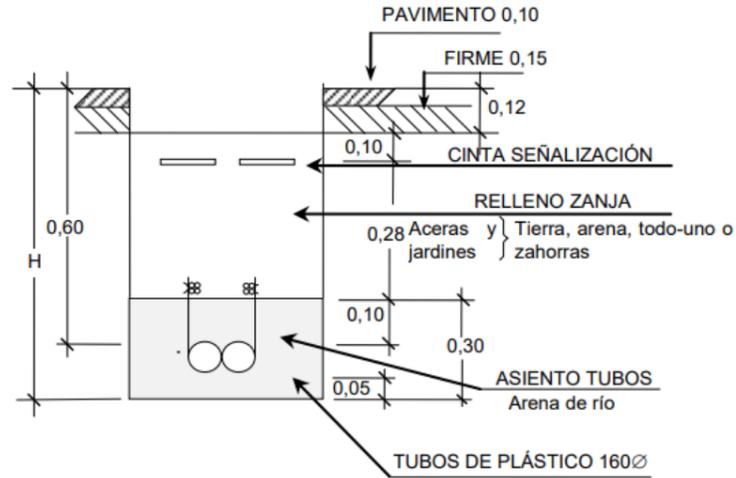
Universidad
Politécnica
de Cartagena

| | | | |
|--|----------------|---|------------------------|
| PROYECTO DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA URBANIZACIÓN | | | |
| REALIZADO POR ANTONIO MARTÍNEZ VALERO | | TÍTULO DEL PLANO RED DE BAJA TENSIÓN | |
| GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES | TFG | ESCALA 1/1000 | PLANO No. 06 |
| | FORMATO A3H | FECHA FEBRERO 2022 | |

CANALIZACIÓN ENTUBADA EN ACERA /TIERRA (Asiento de arena), realizada mediante medios mecánicos, con tubos 160 Ø y cables aislados de 0,6/1 kV

Colocados en un plano (un circuito por tubo)

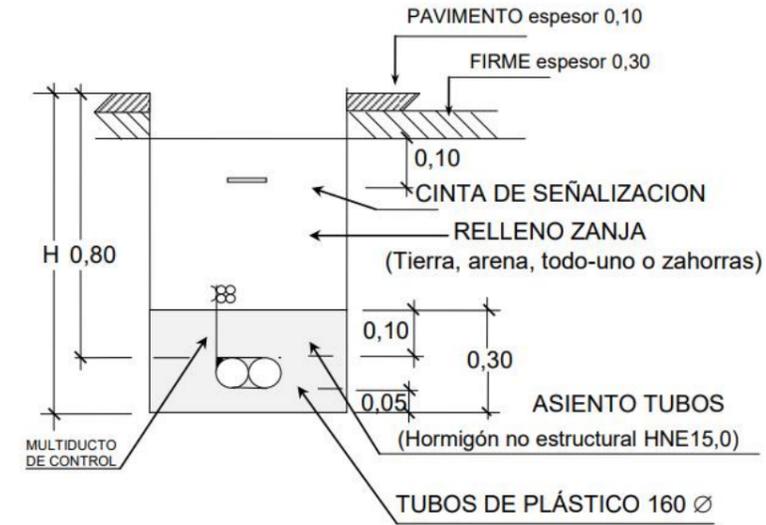
Dimensiones en m



CANALIZACIÓN CRUCES DE CALZADA (Asiento de hormigón), realizada mediante medios mecánicos, canalización entubada con tubos 160 Ø y cables aislados de 0,6/1 kV

Colocados en un plano (un circuito por tubo)

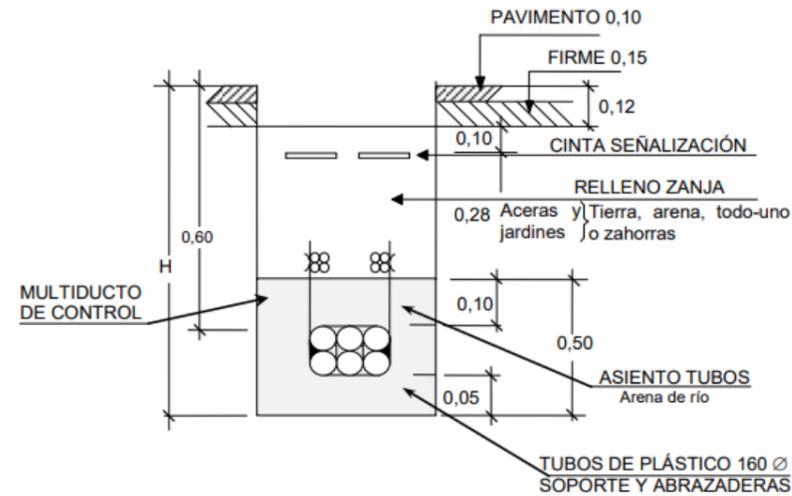
Dimensiones en m



CANALIZACIÓN ENTUBADA EN ACERA /TIERRA (Asiento de arena), realizada mediante medios mecánicos, con tubos 160 Ø y cables aislados de 0,6/1 kV

Colocados en dos planos (un circuito por tubo)

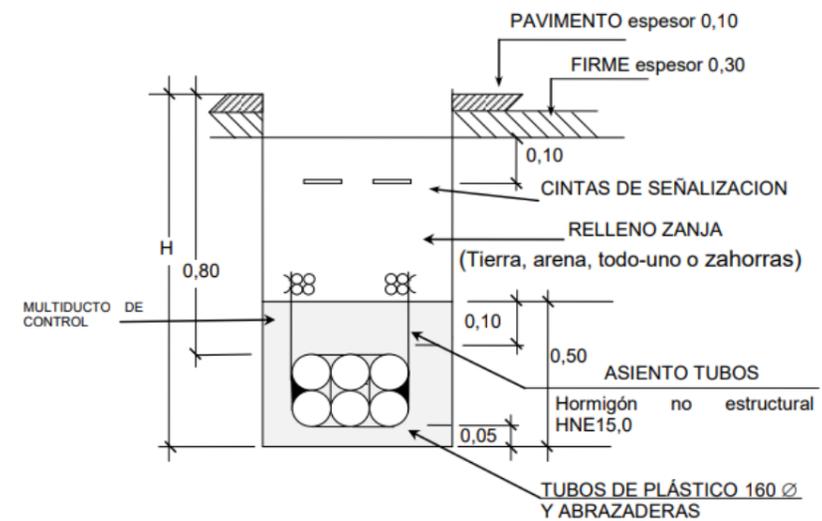
Dimensiones en m



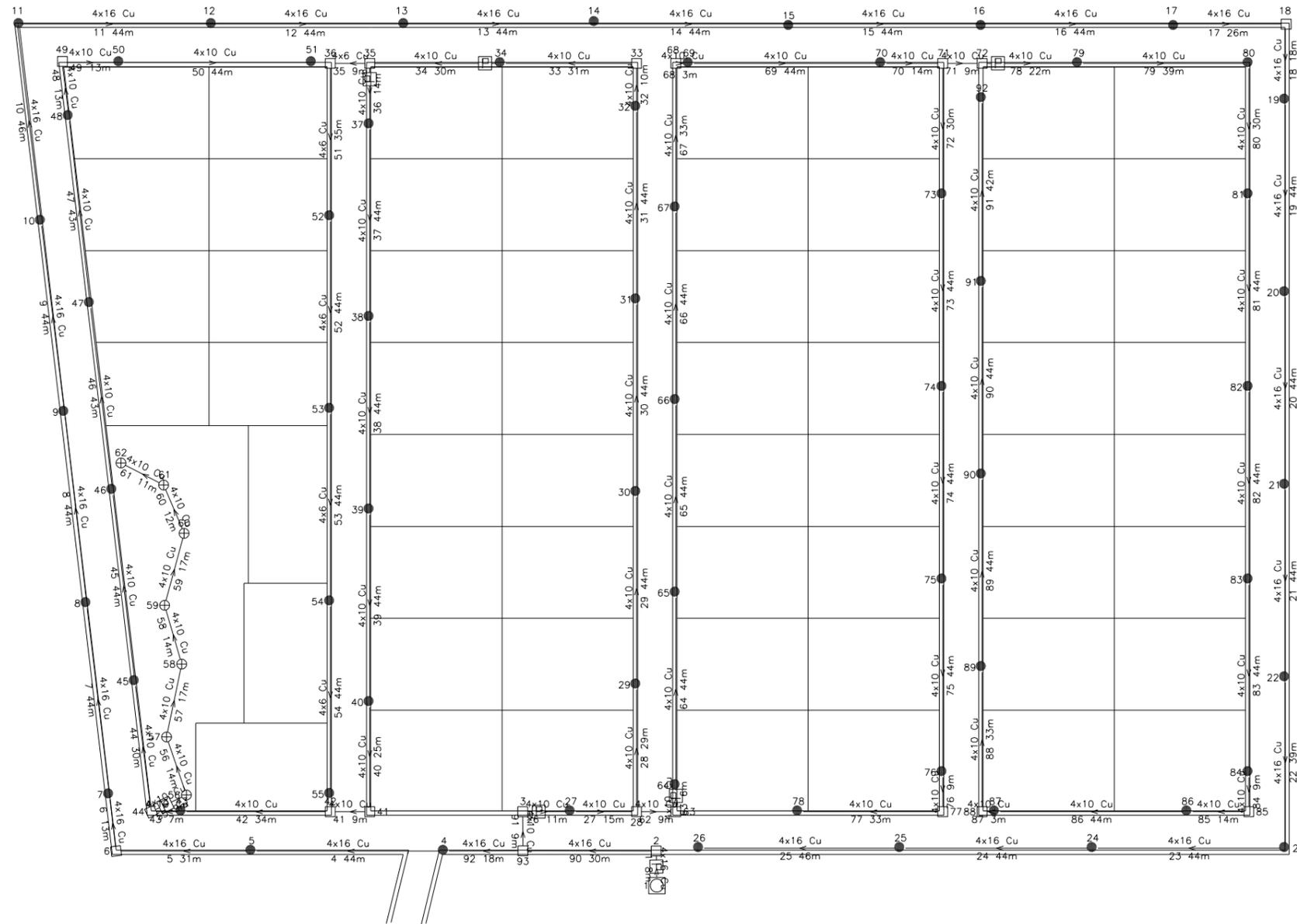
CANALIZACIÓN CRUCES DE CALZADA (Asiento de hormigón), realizada mediante medios mecánicos, canalización entubada con tubos 160 Ø y cables aislados de 0,6/1 kV

Colocados en dos planos (un circuito por tubo)

Dimensiones en m



| | | | | |
|---|--|--------------|-----------------------------|--|
|  | PROYECTO | | | |
| | DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA URBANIZACIÓN | | | |
| | REALIZADO POR | | TÍTULO DEL PLANO | |
| | ANTONIO MARTÍNEZ VALERO | | CANALIZACIONES BAJA TENSIÓN | |
| GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES | TFG | ESCALA | PLANO No. | |
| | FORMATO A3H | 1/25 | | |
| | | FECHA | 07 | |
| | | FEBRERO 2022 | | |



| | | | | |
|---|---|-----------------------|---|---|
|  | PROYECTO DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA URBANIZACIÓN | | | |
| | REALIZADO POR ANTONIO MARTÍNEZ VALERO | | TÍTULO DEL PLANO RED DE ALUMBRADO PÚBLICO | |
| | GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES | TFG | ESCALA 1/1000 | PLANO No. 08 |
| | | FORMATO A3H | FECHA FEBRERO 2022 | |

ANEXO: ESTUDIO LUMÍNICO

A.1. Alumbrado vial

A través de la ITC EA-02 se establece la clasificación de las diferentes vías de circulación dependiendo de la velocidad de la vía.

Tabla A.1: Clasificación de las vías

| Clasificación | Tipo de vía | Velocidad del tráfico rodado (km/h) |
|---------------|-----------------------|-------------------------------------|
| A | de alta velocidad | $v > 60$ |
| B | de moderada velocidad | $30 < v \leq 60$ |
| C | carriles bici | -- |
| D | de baja velocidad | $5 < v \leq 30$ |
| E | vías peatonales | $v \leq 5$ |

ITC EA-02. Niveles de iluminación

Con esto, podemos decir que las vías donde circularán los vehículos serán tipo B, y vía peatonal situada en la zona ajardinada serán tipo E.

La calzada tiene 4 metros de ancho, zonas de aparcamiento a ambos lados de 2 metros y acera de 1 metro a cada lado, cuya anchura total es de 10 metros.

Las clases de alumbrado también vienen definidas en la ITC EA-02 según el tipo de vía, y atendiendo a nuestras necesidades tenemos:

Tabla A.2: Clases de alumbrado para vías tipo B

| Situaciones de proyecto | Tipos de vías | Clase de Alumbrado ⁽¹⁾ |
|-------------------------|---|-----------------------------------|
| B1 | <ul style="list-style-type: none"> Vías urbanas secundarias de conexión a urbanas de tráfico importante. Vías distribuidoras locales y accesos a zonas residenciales y fincas. Intensidad de tráfico IMD ≥ 7.000 IMD < 7.000 | ME2 / ME3c ME4b / ME5 / ME6 |
| B2 | <ul style="list-style-type: none"> Carreteras locales en áreas rurales. Intensidad de tráfico y complejidad del trazado de la carretera. IMD ≥ 7.000 IMD < 7.000 | ME2 / ME3b ME4b / ME5 |

⁽¹⁾ Para todas las situaciones de proyecto B1 y B2, cuando las zonas próximas sean claras (fondos claros), todas las vías de tráfico verán incrementadas sus exigencias a las de la clase de alumbrado inmediata superior.

ITC EA-02. Niveles de iluminación

El IMD representa la intensidad media de tráfico diario, y al ser vías de zonas residenciales, será inferior a 7.000 puesto que el flujo de vehículos que pasan diariamente por la zona no difiere mucho del número de viviendas existentes, y claramente el número

es menor al de referencia. Por tanto, se podrá usar de alumbrado aquellos que pertenezcan a las clases ME4b, ME5 y ME6.

Tabla A.3: Series ME clase de alumbrado para viales secos tipo A y B

| Clase de Alumbrado | Luminancia de la superficie de la calzada en condiciones secas | | | Deslumbramiento Perturbador Incremento Umbral TI (%) ⁽²⁾ [máximo] | Iluminación de alrededores Relación Entorno SR ⁽³⁾ [mínima] |
|--------------------|--|---|---|---|---|
| | Luminancia ⁽⁴⁾ Media L_m (cd/m ²) ⁽¹⁾ | Uniformidad Global U_o [mínima] | Uniformidad Longitudinal U_l [mínima] | | |
| ME1 | 2,00 | 0,40 | 0,70 | 10 | 0,50 |
| ME2 | 1,50 | 0,40 | 0,70 | 10 | 0,50 |
| ME3a | 1,00 | 0,40 | 0,70 | 15 | 0,50 |
| ME3b | 1,00 | 0,40 | 0,60 | 15 | 0,50 |
| ME3c | 1,00 | 0,40 | 0,50 | 15 | 0,50 |
| ME4a | 0,75 | 0,40 | 0,60 | 15 | 0,50 |
| ME4b | 0,75 | 0,40 | 0,50 | 15 | 0,50 |
| ME5 | 0,50 | 0,35 | 0,40 | 15 | 0,50 |
| ME6 | 0,30 | 0,35 | 0,40 | 15 | Sin requisitos |

⁽¹⁾ Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado, a excepción de (TI), que son valores máximos iniciales. A fin de mantener dichos niveles de servicio, debe considerarse un factor de mantenimiento (f_m) elevado que dependerá de la lámpara adoptada, del tipo de luminaria, grado de contaminación del aire y modalidad de mantenimiento preventivo.

⁽²⁾ Cuando se utilicen fuentes de luz de baja luminancia (lámparas fluorescentes y de vapor de sodio a baja presión), puede permitirse un aumento de 5% del incremento umbral (TI).

⁽³⁾ La relación entorno SR debe aplicarse en aquellas vías de tráfico rodado donde no existan otras áreas contiguas a la calzada que tengan sus propios requisitos. La anchura de las bandas adyacentes para la relación entorno SR será igual como mínimo a la de un carril de tráfico, recomendándose a ser posible 5 m de anchura.

⁽⁴⁾ Los valores de luminancia dados pueden convertirse en valores de iluminación, multiplicando los primeros por el coeficiente R (según C.I.E.) del pavimento utilizado, tomando un valor de 15 cuando éste no se conozca.

ITC EA-02. Niveles de iluminación

Como se ha explicado antes, se ha elegido la clase ME4b, por lo que sus valores de referencia son:

- $L_m \geq 0.75$ cd/m²
- $U_o \geq 0.4$
- $U_l \geq 0.5$
- $TI \leq 15\%$
- $SR \geq 0.5$

Para la zona vial se calculará el nivel de iluminación con las siguientes características:

- Luminaria Philips BGP704 1 LED30-4S/740 DN50, con una potencia de 19 vatios.
- Disposición bilateral desplazado o “al tresbolillo”.
- Distancia entre mástiles de las luminarias igual a 44 metros.
- Altura de la luminaria igual a 8 metros.

Figura A.1: Luminaria seleccionada para la vía

PHILIPS BGP704 1 xLED30-4S/740 DN50
 N° de artículo:
 Flujo luminoso (Luminaria): 2730 lm
 Flujo luminoso (Lámparas): 3000 lm
 Potencia de las luminarias: 19.0 W
 Clasificación luminarias según CIE: 100
 Código CIE Flux: 40 73 96 100 91
 Lámpara: 1 x LED30-4S/740 (Factor de corrección 1.000).

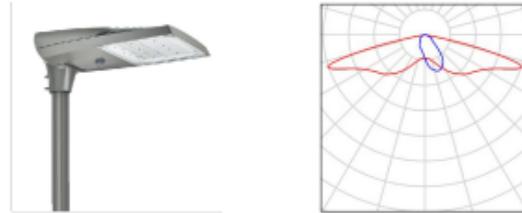


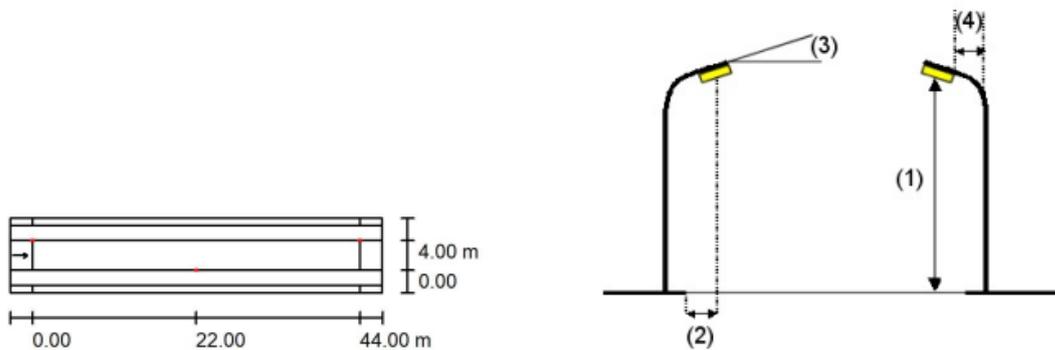
Figura A.2: Perfil de la vía pública y disposición de las luminarias

Perfil de la vía pública

| | |
|-----------------------------|---|
| Camino peatonal 2 | (Anchura: 1.000 m) |
| Carril de estacionamiento 2 | (Anchura: 2.000 m) |
| Calzada 1 | (Anchura: 4.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 1, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070) |
| Carril de estacionamiento 1 | (Anchura: 2.000 m) |
| Camino peatonal 1 | (Anchura: 1.000 m) |

Factor mantenimiento: 0.80

Disposiciones de las luminarias

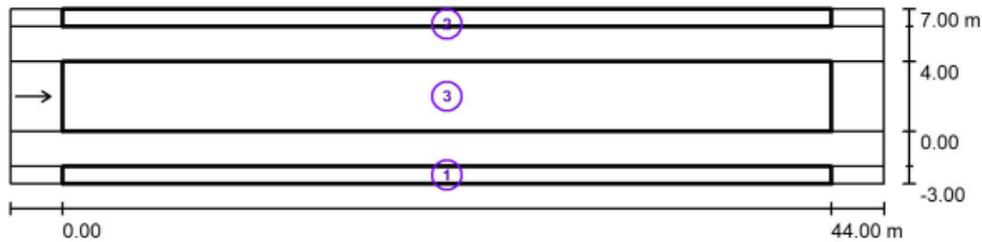


| | |
|--------------------------------|-------------------------------------|
| Luminaria: | PHILIPS BGP704 1 xLED30-4S/740 DN50 |
| Flujo luminoso (Luminaria): | 2730 lm |
| Flujo luminoso (Lámparas): | 3000 lm |
| Potencia de las luminarias: | 19.0 W |
| Organización: | bilateral desplazado |
| Distancia entre mástiles: | 44.000 m |
| Altura de montaje (1): | 7.342 m |
| Altura del punto de luz: | 8.000 m |
| Saliente sobre la calzada (2): | 0.000 m |
| Inclinación del brazo (3): | 0.0 ° |
| Longitud del brazo (4): | 2.200 m |

Valores máximos de la intensidad lumínica
 con 70°: 784 cd/klm
 con 80°: 76 cd/klm
 con 90°: 0.00 cd/klm
 Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).
 Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°.
 La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G3.
 La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.

Figura A.3: Resultados lumínicos de la vía

Calle 1 / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.80

Escala 1:358

Lista del recuadro de evaluación

1 Recuadro de evaluación Camino peatonal 1

Longitud: 44.000 m, Anchura: 1.000 m

Trama: 15 x 3 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 1.

Clase de iluminación seleccionada: S4

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Clase de iluminación adicional ES: ES7

(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

| | E_m [lx] | E_{min} [lx] | E_{min} (semicil.) [lx] |
|----------------------------------|-------------|----------------|---------------------------|
| Valores reales según cálculo: | 5.17 | 4.08 | 1.06 |
| Valores de consigna según clase: | ≥ 5.00 | ≥ 1.00 | ≥ 1.00 |
| Cumplido/No cumplido: | ✓ | ✓ | ✓ |

2 Recuadro de evaluación Camino peatonal 2

Longitud: 44.000 m, Anchura: 1.000 m

Trama: 15 x 3 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 2.

Clase de iluminación seleccionada: S4

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Clase de iluminación adicional ES: ES7

(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

| | E_m [lx] | E_{min} [lx] | E_{min} (semicil.) [lx] |
|----------------------------------|-------------|----------------|---------------------------|
| Valores reales según cálculo: | 5.18 | 4.03 | 1.06 |
| Valores de consigna según clase: | ≥ 5.00 | ≥ 1.00 | ≥ 1.00 |
| Cumplido/No cumplido: | ✓ | ✓ | ✓ |

3 Recuadro de evaluación Calzada 1

Longitud: 44.000 m, Anchura: 4.000 m

Trama: 15 x 3 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Revestimiento de la calzada: R3, q_0 : 0.070

Clase de iluminación seleccionada: ME4b

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

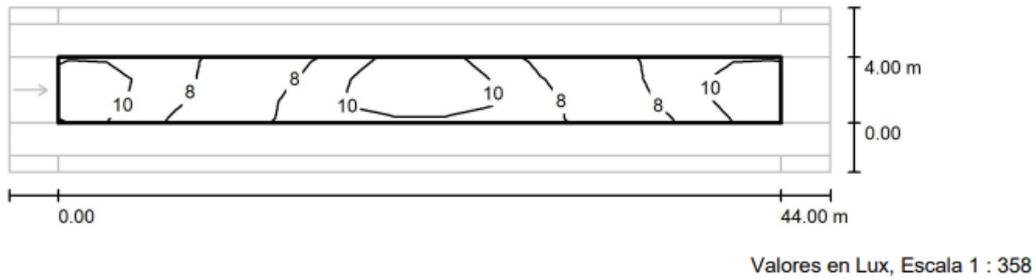
| | L_m [cd/m ²] | U0 | UI | TI [%] | SR |
|----------------------------------|----------------------------|-------------|-------------|-----------|-------------|
| Valores reales según cálculo: | 0.84 | 0.66 | 0.87 | 8 | 0.79 |
| Valores de consigna según clase: | ≥ 0.75 | ≥ 0.40 | ≥ 0.50 | ≤ 15 | ≥ 0.50 |
| Cumplido/No cumplido: | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |

Como se puede observar, cumple todas las restricciones establecidas por la normativa que aparece en la **tabla A.3** para el caso de la calzada y de la **tabla A.10** para las aceras.

A continuación, se va a representar el nivel de iluminación tanto por isólinas como por gama de grises para tener imagen más clara de la iluminación que presenta.

Figura A.4: Evaluación de la vía por isolíneas

Calle 1 / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Isolíneas (E)

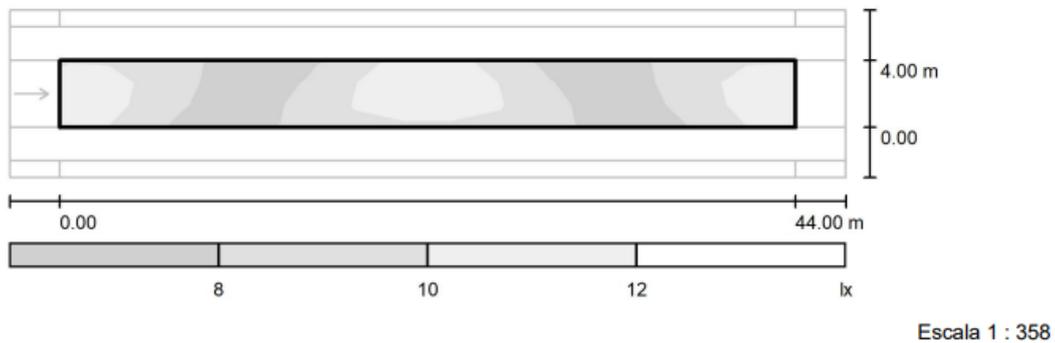


Trama: 15 x 3 Puntos

| E_m [lx] | E_{min} [lx] | E_{max} [lx] | E_{min} / E_m | E_{min} / E_{max} |
|------------|----------------|----------------|-----------------|---------------------|
| 9.22 | 6.89 | 12 | 0.748 | 0.575 |

Figura A.5: Evaluación de la vía por gama de grises

Calle 1 / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Gama de grises (E)

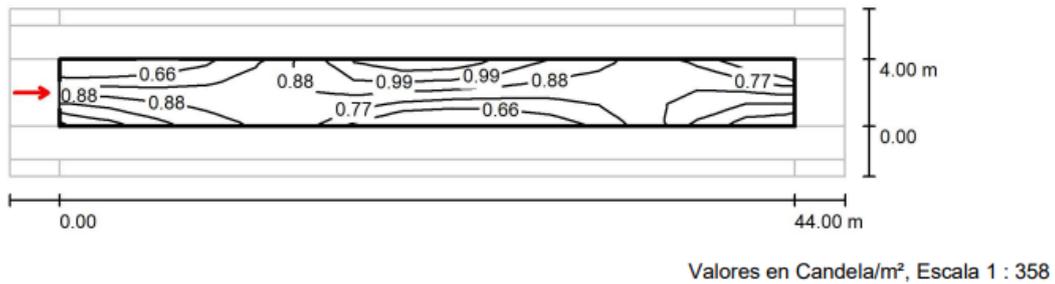


Trama: 15 x 3 Puntos

| E_m [lx] | E_{min} [lx] | E_{max} [lx] | E_{min} / E_m | E_{min} / E_{max} |
|------------|----------------|----------------|-----------------|---------------------|
| 9.22 | 6.89 | 12 | 0.748 | 0.575 |

También se va a analizar la posición de un observador simulando un posible vehículo que circule para ver los resultados simulando a un conductor que circula por la vía a estudio:

Figura A.6: Observador



Trama: 15 x 3 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 2.000 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

| | L_m [cd/m²] | U0 | UI | TI [%] |
|---------------------------------------|---------------|-------------|-------------|-----------|
| Valores reales según cálculo: | 0.84 | 0.66 | 0.87 | 8 |
| Valores de consigna según clase ME4b: | ≥ 0.75 | ≥ 0.40 | ≥ 0.50 | ≤ 15 |
| Cumplido/No cumplido: | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |

Como se puede apreciar, cumple las restricciones de su clase mostradas en la **tabla A.3**.

Por último, se va a estudiar la eficiencia energética de la instalación. Para ello debemos conocer tres valores de nuestra instalación. Estos son:

- Eficiencia luminosa: 155 lm/W
- Factor de mantenimiento de la instalación: 0,8
- Factor de utilización de la instalación: 0,5

Figura A.7: Datos luminaria vial

1 x Lámpara incandescente para uso general

| | | | |
|-----------------------------|----------|----------------|---------|
| Potencia nominal de lámpara | LOR | 91 % | |
| Flujo de lámpara | 3000 lm | Flujo total | 2732 lm |
| Eficiencia luminosa | 144 lm/W | Potencia total | 19 W |
| CCT | 4000 K | | |
| CRI | 70 | | |

Philips. Hoja de datos de productos

En primer lugar, debemos calcular la eficiencia de la instalación mediante los datos anteriores, a través de:

$$\varepsilon = \varepsilon_L \cdot f_m \cdot f_u = 144 \cdot 0,8 \cdot 0,55 = 63,36 \frac{m^2 \cdot lux}{W}$$

Tabla A.4: Requisitos mínimos de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado vial funcional

| Iluminancia media en servicio $E_m(\text{lux})$ | EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA $\left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}}\right)$ |
|--|---|
| ≥ 30 | 22 |
| 25 | 20 |
| 20 | 17,5 |
| 15 | 15 |
| 10 | 12 |
| $\leq 7,5$ | 9,5 |

Nota - Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrán por interpolación lineal

ITC-EA-01. Eficiencia energética

La iluminancia media de nuestra vía es de 24 lux, por lo que para obtener el valor de eficiencia energética mínima se debe hacer una interpolación lineal, obteniendo un valor de $11,22 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}}$.

A continuación, se va a calcular el índice de eficiencia energética como el cociente entre la eficiencia energética de la instalación (ϵ) y el valor de eficiencia energética de referencia (ϵ_R), el cual se puede obtener de la siguiente tabla:

Tabla A.5: Valores de eficiencia energética de referencia

| Alumbrado vial funcional | | Alumbrado vial ambiental y otras instalaciones de alumbrado | |
|---|--|---|--|
| Iluminancia media en servicio proyectada $E_m(\text{lux})$ | Eficiencia energética de referencia ϵ_R $\left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}}\right)$ | Iluminancia media en servicio proyectada $E_m(\text{lux})$ | Eficiencia energética de referencia ϵ_R $\left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}}\right)$ |
| ≥ 30 | 32 | -- | -- |
| 25 | 29 | -- | -- |
| 20 | 26 | ≥ 20 | 13 |
| 15 | 23 | 15 | 11 |
| 10 | 18 | 10 | 9 |
| $\leq 7,5$ | 14 | 7,5 | 7 |
| -- | -- | ≤ 5 | 5 |

Nota - Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrán por interpolación lineal

ITC-EA-01. Eficiencia energética

A través de una nueva interpolación lineal en las columnas de alumbrado vial funcional puesto que estas son las que corresponden al tipo de alumbrado A y B, obtenemos un valor de $16,7520 \frac{m^2 \cdot lux}{W}$.

Con esto, el índice de eficiencia energética resulta:

$$I_{\varepsilon} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_R} = \frac{63,36}{16,7520} = 3,7822$$

Por último, debemos calcular el índice de consumo energético (ICE) para categorizar a nuestra instalación dentro de la etiqueta que caracteriza al consumo de energía de la instalación como:

$$ICE = \frac{1}{I_{\varepsilon}} = \frac{1}{3,7822} = 0,2644$$

Tabla A.6: Clasificación energética de una instalación de alumbrado

| Calificación Energética | Índice de consumo energético | Índice de Eficiencia Energética |
|-------------------------|------------------------------|------------------------------------|
| A | ICE < 0,91 | $I_{\varepsilon} > 1,1$ |
| B | $0,91 \leq ICE < 1,09$ | $1,1 \geq I_{\varepsilon} > 0,92$ |
| C | $1,09 \leq ICE < 1,35$ | $0,92 \geq I_{\varepsilon} > 0,74$ |
| D | $1,35 \leq ICE < 1,79$ | $0,74 \geq I_{\varepsilon} > 0,56$ |
| E | $1,79 \leq ICE < 2,63$ | $0,56 \geq I_{\varepsilon} > 0,38$ |
| F | $2,63 \leq ICE < 5,00$ | $0,38 \geq I_{\varepsilon} > 0,20$ |
| G | ICE $\geq 5,00$ | $I_{\varepsilon} \leq 0,20$ |

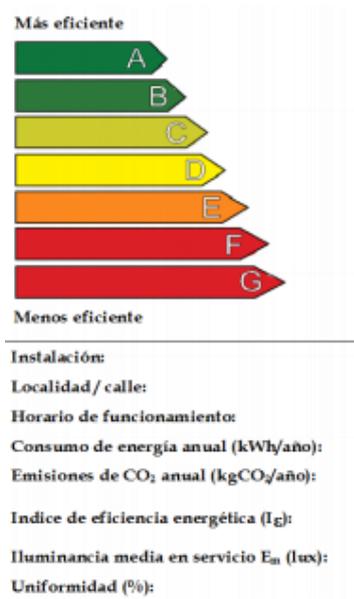
ITC-EA-01. Eficiencia energética

Con todo esto ya podemos clasificar energéticamente a nuestra instalación:

- Índice de consumo energético: ICE = 0,2644
- Índice de eficiencia energética: $I_{\varepsilon} = 3,7822$

Con esto, podemos decir que nuestra instalación tiene una calificación energética A, siendo muy eficiente la instalación.

Figura A.8: Clasificación energética de las instalaciones de alumbrado



ITC-EA-01. Eficiencia energética

A.2 Pistas deportivas

Para la iluminación de las dos pistas deportivas que posee la urbanización, se considerarán ambas de clase III.

Tabla A.7: Selección de la clase de alumbrado para pistas deportivas

| Nivel de competición | Clase de alumbrado | | |
|---|--------------------|----|-----|
| | I | II | III |
| Internacional y nacional | * | | |
| Regional | * | * | |
| Local | * | * | * |
| Entrenamiento | | * | * |
| Recreativo/deportes escolares (Educación física) | | | * |

UNE-EN 12193. Iluminación de instalaciones deportivas

A.2.1. Pista de tenis

La urbanización contará con una pista de tenis que deberá cumplir los requisitos luminotécnicos por los que viene regida:

Tabla A.8: Requisitos luminotécnicos pista de tenis exterior

| Exterior | | | Área de referencia | | Números de puntos de la parrilla | |
|-----------|------------------------|---------------------|--------------------|-----------|----------------------------------|----------------|
| | | | Longitud m | Anchura m | Longitud | Anchura |
| Tenis PA: | | | 36 | 18 | 15 | 7 |
| Clase | Iluminancia horizontal | | | | GR | R _a |
| | \bar{E}_m lx | E_{min}/\bar{E}_m | | | | |
| I | 500 | 0,7 | | | 50 | 60 |
| II | 300 | 0,7 | | | 50 | 60 |
| III | 200 | 0,6 | | | 55 | 20 |

UNE-EN 12193. Iluminación de instalaciones deportivas

Para iluminar la pista de tenis, se usará la laminaria especializada en pistas deportivas ESDIUM SPORT HE M3 HORIZONTAL, cuyos datos son:

Figura A.9: Datos de las luminarias pertenecientes a la pista de tenis



ESDIUM SPORT HE M3 - 555W - HORIZONTAL
HIGH EFFICIENCY
ESDIUM SPORT HE M3 - 555W - HORIZONTAL
HIGH EFFICIENCY
Ref.: 6300 58 55 HE

Lámpara / Lamp: LED OSRAM C2424
Equipos / Equipment: Driver
Wattios / Watt: 540
W/consumo / consumption: 15 W
Tensión de trabajo / Operating voltage: 220-240v 50-60 Hz
Portalámparas / Lampholder: -
Vida útil / Life span: 120000 h.
Temperatura de color / Colour temperature:
3000°K (86796 lum.) 4000°K (90699 lum.) 5700°K (90699 lum.)
Ángulo de apertura (grados) / Opening angle (degrees):
110°
Grado de protección / Protection degree: IP66
Índice de reprod. crom. IRC / Chromatic reprod. index CRI: >70
Grado de protección antivandálica / Impact Protection: IK 08

DESCRIPCIÓN / DESCRIPTION

Módulo y lira fabricado en aluminio inyectado con recubrimiento de pintura al horno.

Ópticas de 110°, 50°, 41°, 32°, 21° y asimétrica 2 lados incluidas en los módulos LED. LED para retransmisión por TV (5700°K CRI>90). Incluye metacrílico protector estanco con protección UV.

Driver IP65 incluido en todos los modelos. Puede suministrarse opcionalmente con driver regulable 1-10V (Ref.- DR), driver regulable Dali (Ref.- DRD) y driver regulable programable (Ref.- DRPR).

Module and bracket made of thermo painted injected aluminum.

LED modules include 110°, 50°, 41°, 32°, 21° and asymmetric 2 sides optics. TV broadcasting LED (5700°K CRI>90). Includes waterproof methacrylate (PMMA) with UV protection.

Driver with IP65 included for all models. Optionally supplied with 1-10V dimmable driver (Ref.- DR), Dali dimmable driver (Ref.- DRD) or programmable dimmable driver (Ref.- DRPR).

COLORES / COLOURS

58 Gris / Grey

DIMENSIONES / MEASURES

Peso / Weight: 27.5 Kg.
Ancho / Width: 294.60 mm.
Largo / Length: 517.23 mm.
Alto / Height: 539.16 mm.

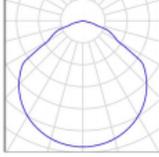
SECOM. Catálogo iluminación deportiva

En la figura A.10 se puede apreciar con una mayor precisión la dirección de la iluminación que proyecta la luminaria y algunos de los datos recogidos anteriormente:

Figura A.10: Emisión de luz luminarias de la pista de tenis

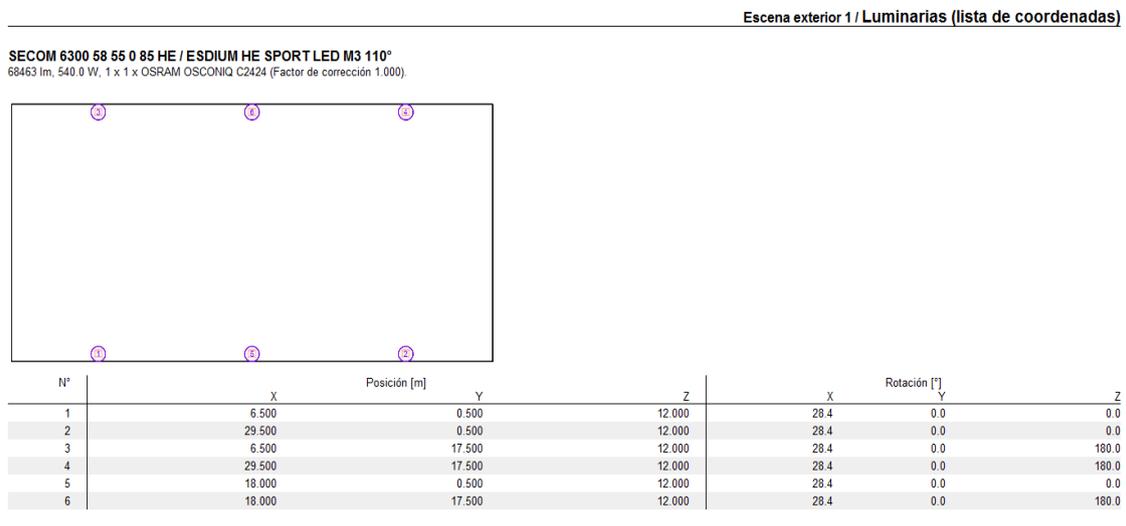
6 Pieza SECOM 6300 58 55 0 85 HE / ESDIUM HE SPORT LED M3 110°
N° de artículo: 6300 58 55 0 85 HE
Flujo luminoso (Luminaria): 68463 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 90699 lm
Potencia de las luminarias: 540.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 52 88 99 100 76
Lámpara: 1 x OSRAM OSCONIQ C2424 (Factor de corrección 1.000).

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



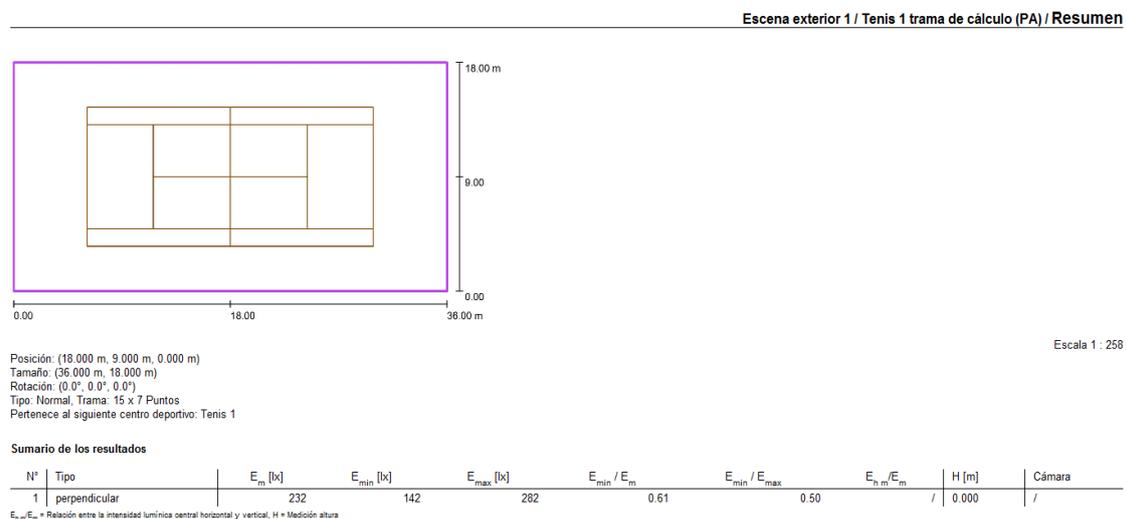
La disposición de las luminarias es la siguiente:

Figura A.11: Disposición luminarias pista de tenis



Los resultados luminotécnicos son los siguientes:

Figura A.12: Resultados luminotécnicos de la pista de tenis



Si comparamos estos resultados con los que vienen establecidos en la norma para clase III tenemos que:

$$\overline{E}_m = 232 \geq 200 \text{ lux}$$

$$E_{min}/\overline{E}_m = 0,61 \geq 0,6$$

Por lo tanto, la luminaria seleccionada en dicha disposición nos proporciona unos resultados adecuados regidos a la norma.

A continuación, se va a representar la iluminación de la pista de tenis mediante isólinas y a través de la gama de grises para ver con mayor facilidad los niveles de iluminación alcanzados.

Figura A.13: Representación por isólinas de la pista de tenis

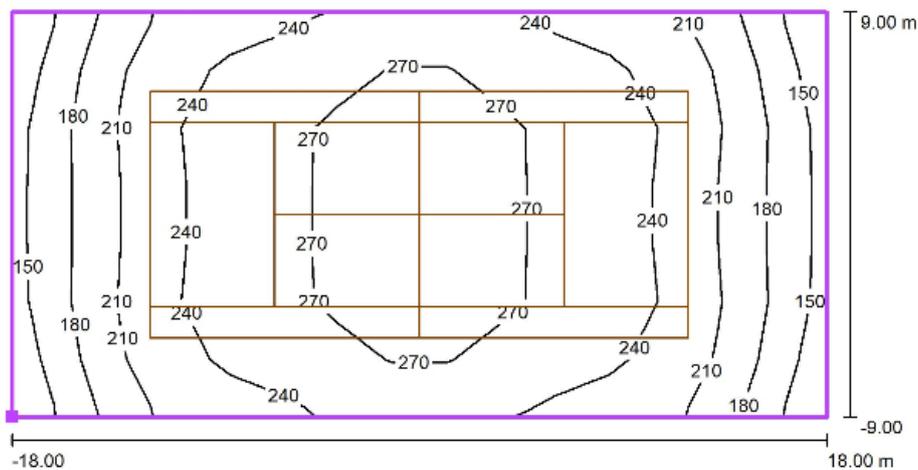
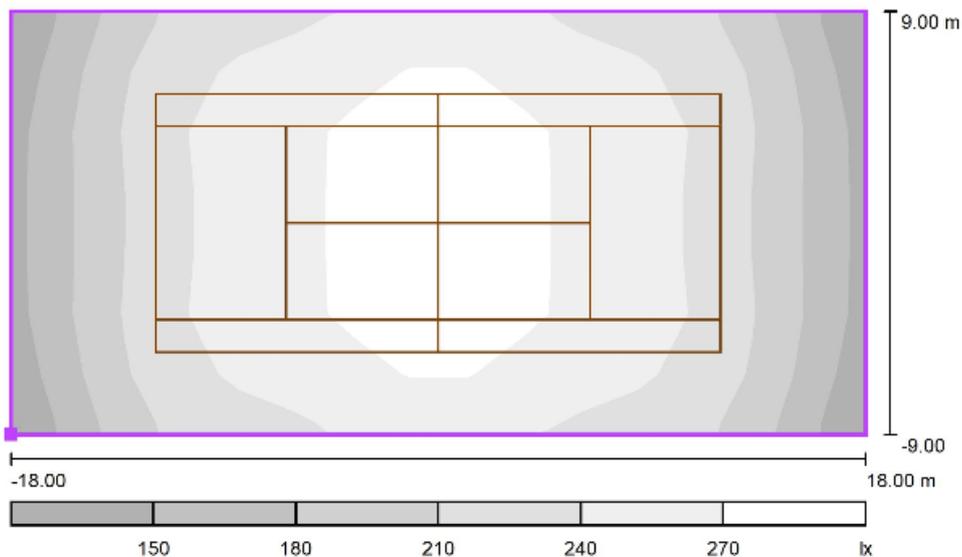
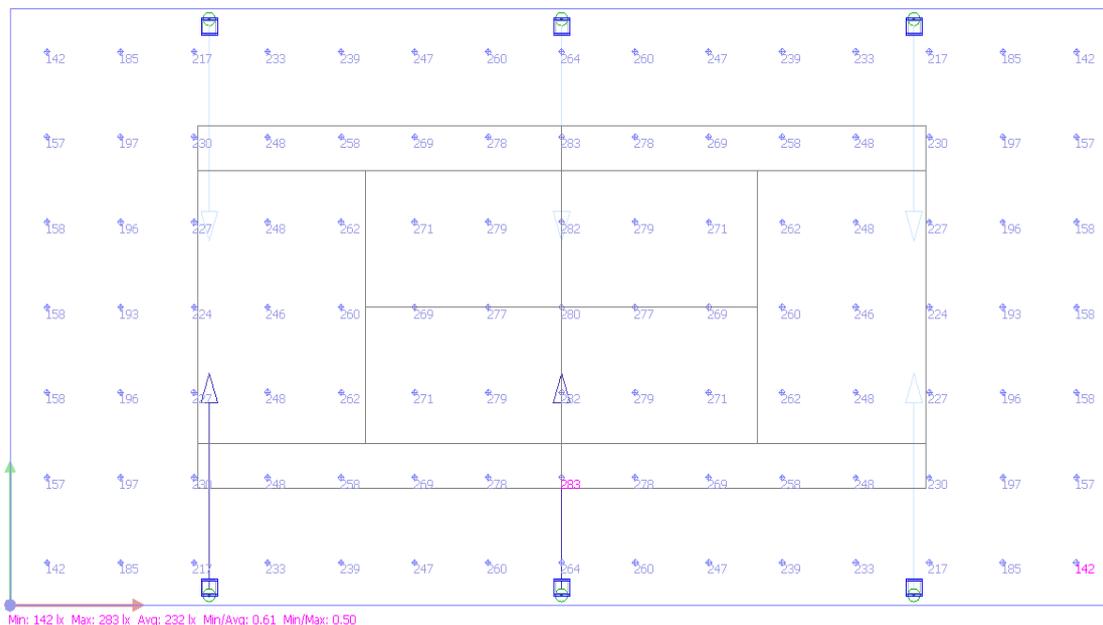


Figura A.14: Representación por gama de grises de la pista de tenis



También es posible conocer de manera detallada cuales son los puntos que tienen una mayor iluminación y los que menos.

Figura A.15: Puntos de iluminación de la pista de tenis



A.2.2. Pista de baloncesto

La urbanización contará además con una pista de baloncesto que deberá cumplir los requisitos luminotécnicos por los que viene regida:

Tabla A.9: Requisitos luminotécnicos pista de tenis exterior

| Exterior | | Área de referencia | | Números de puntos de la parrilla | |
|-------------------------------|------------------------|----------------------|-----------------|----------------------------------|-----------------|
| | | Longitud m | Anchura m | Longitud | Anchura |
| Baloncesto | PA: | 28 | 15 | 13 | 7 |
| | TA: | 32 | 19 | 15 | 9 |
| Balonmano | PA: | 40 | 20 | 15 | 7 |
| | TA: | 44 | 27,5 | 15 | 9 |
| Fistball | PA: | 50 | 20 | 17 | 7 |
| | TA: | 66 | 32 | 17 | 9 |
| Floorball | PA: | 40 | 20 | 15 | 7 |
| | TA: | 43 | 22 | 15 | 7 |
| Fútbol | PA: | 100 a 110 | 64 a 75 | 19 a 21 | 13 a 15 |
| | TA: | 108 a 118 | 72 a 83 | 21 | 13 a 15 |
| Fútbol americano | PA: | 110 a 117,5 | 55 | 21 | 9 a 11 |
| Juego de la soga (tug of war) | PA: | – | – | – | 13 a 15 |
| Netball | PA: | 30,5 | 15,3 | 13 | 7 |
| | TA: | 37,5 | 22,5 | 15 | 9 |
| Rugby | PA: | 144 | 69 | 23 | 11 |
| | TA: | 154 | 79 | 23 | 11 |
| Voleibol | PA: | 24 | 15 | 13 | 9 |
| Voley playa | PA: | (véase la nota) | (véase la nota) | (véase la nota) | (véase la nota) |
| Clase | Iluminancia horizontal | | GR | | R _s |
| | \bar{E}_m lx | E_{\min}/\bar{E}_m | | | |
| I | 500 | 0,7 | | 50 | 60 |
| II | 200 | 0,6 | | 50 | 60 |
| III | 75 | 0,5 | | 55 | 20 |

NOTA Para la Clase I, la competición internacional a máximo nivel puede justificar una superficie de 34 m × 19 m para el área principal (PA). El número de puntos de parrilla correspondiente es entonces de 15 × 9.

La luminaria utilizada es la ESDIUM SPORT HE M1, cuyas características son:

Figura A.16: Datos de las luminarias pertenecientes a la pista de baloncesto



**ESDIUM SPORT HE M1 - 185W - HORIZONTAL
HIGH EFFICIENCY**
**ESDIUM SPORT HE M1 - 185W - HORIZONTAL
HIGH EFFICIENCY**
Ref.: 6300 58 18 HE

Lámpara / Lamp: LED OSRAM C2424
 Equipos / Equipment: Driver
 Watios / Watt: 180
 W/consumo / consumption: 5 W
 Tensión de trabajo / Operating voltage: 220-240v 50-60 Hz
 Portalámparas / Lampholder: -
 Vida útil / Life span: 120000 h.
 Temperatura de color / Colour temperature:
 3000°K (28842 lum.) 4000°K (30233 lum.) 5700°K (30233 lum.)
 Ángulo de apertura (grados) / Opening angle (degrees):
 110°
 Grado de protección / Protection degree: IP66
 Índice de reprod. crom. IRC / Chromatic reprod. index CRI: >70
 Grado de protección antivandálica / Impact Protection: IK 08

DESCRIPCIÓN / DESCRIPTION

Módulo y lira fabricado en aluminio inyectado con recubrimiento de pintura al horno.

Ópticas de 110°, 50°, 41°, 32°, 21° y asimétrica 2 lados incluidas en los módulos LED. LED para retransmisión por TV (5700°K CRI>90). Incluye metacrílico protector estanco con protección UV.

Driver IP65 incluido en todos los modelos. Puede suministrarse opcionalmente con driver regulable 1-10V (Ref.- DR), driver regulable Dali (Ref.- DRD) y driver regulable programable (Ref.- DRPR).

Module and bracket made of thermo painted injected aluminum.

LED modules include 110°, 50°, 41°, 32°, 21° and asymmetric 2 sides optics. TV broadcasting LED (5700°K CRI>90). Includes waterproof methacrylate (PMMA) with UV protection.

Driver with IP65 included for all models. Optionally supplied with 1-10V dimmable driver (Ref.- DR), Dali dimmable driver (Ref.- DRD) or programmable dimmable driver (Ref.- DRPR)

COLORES / COLOURS
 58 Gris / Grey

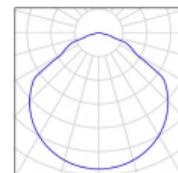
DIMENSIONES / MEASURES
 Peso / Weight: 9,8 Kg.
 Ancho / Width: 247,10 mm.
 Largo / Length: 499,23 mm.
 Alto / Height: 350,43 mm.

Figura A.17: Emisión de luz luminarias de la pista de baloncesto

Proyecto 1 / Lista de luminarias

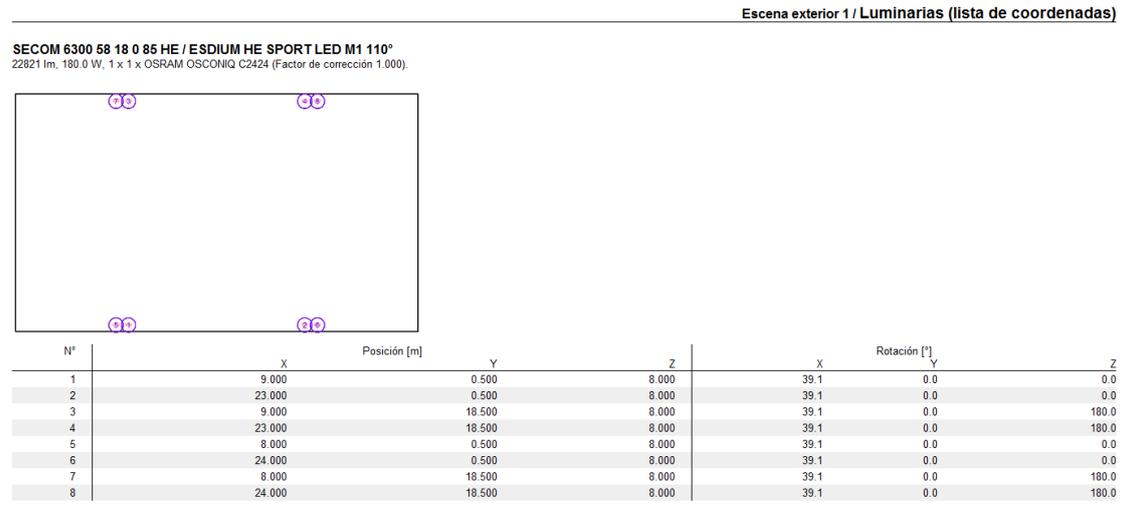
8 Pieza SECOM 6300 58 18 0 85 HE / ESDIUM HE SPORT
 LED M1 110°
 N° de artículo: 6300 58 18 0 85 HE
 Flujo luminoso (Luminaria): 22821 lm
 Flujo luminoso (Lámparas): 30233 lm
 Potencia de las luminarias: 180.0 W
 Clasificación luminarias según CIE: 100
 Código CIE Flux: 52 88 99 100 76
 Lámpara: 1 x OSRAM OSCONIQ C2424 (Factor de
 corrección 1.000).

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



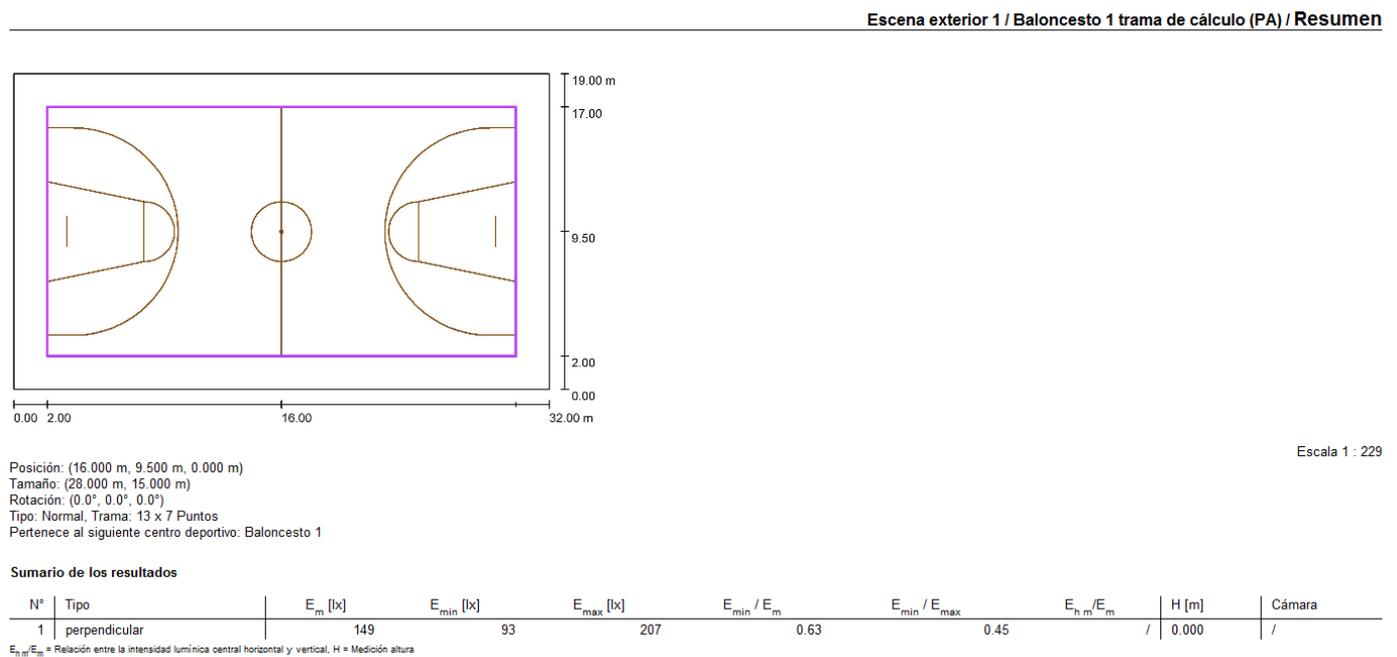
La disposición de las luminarias es la siguiente:

Figura A.18: Disposición luminarias pista de tenis



Los resultados luminotécnicos son los siguientes:

Figura A.19: Resultados luminotécnicos de la pista de baloncesto



Si comparamos estos resultados lumínicos con los de la norma para la clase III vemos que:

$$\overline{E_m} = 149 \geq 75 \text{ lux}$$

$$E_{min} / \overline{E_m} = 0,63 \geq 0,5$$

Por lo que se puede concluir, que la luminaria elegida y su disposición son adecuadas para nuestro caso.

A continuación, se va a representar a través de isolíneas y gama de grises los niveles de iluminación de la pista de baloncesto:

Figura A.20: Representación por isolíneas de la pista de tenis

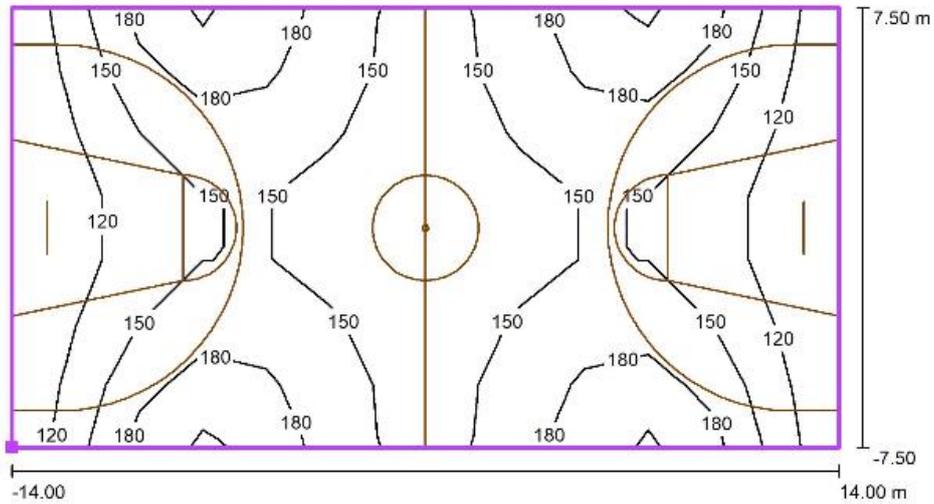
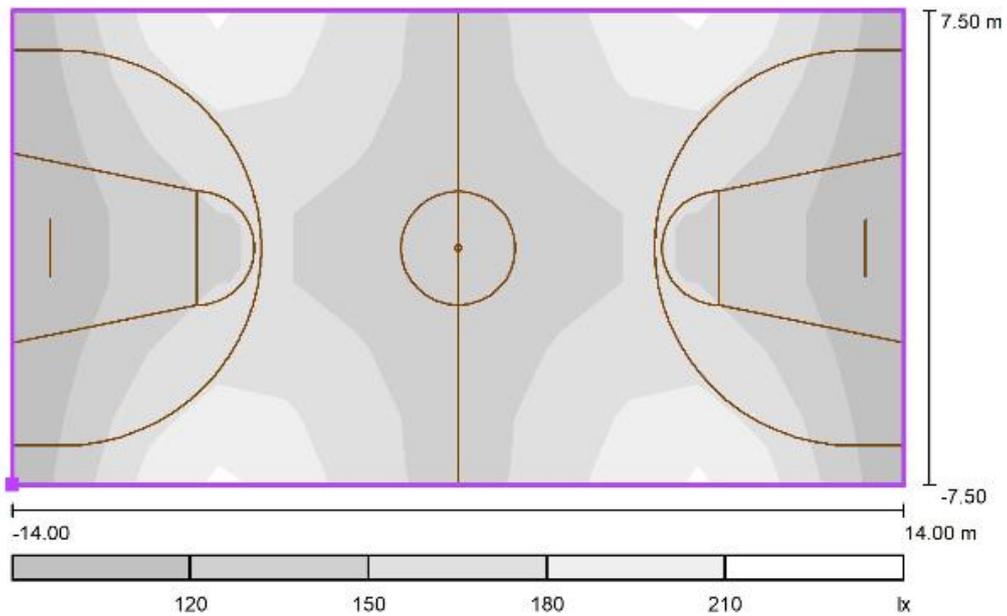
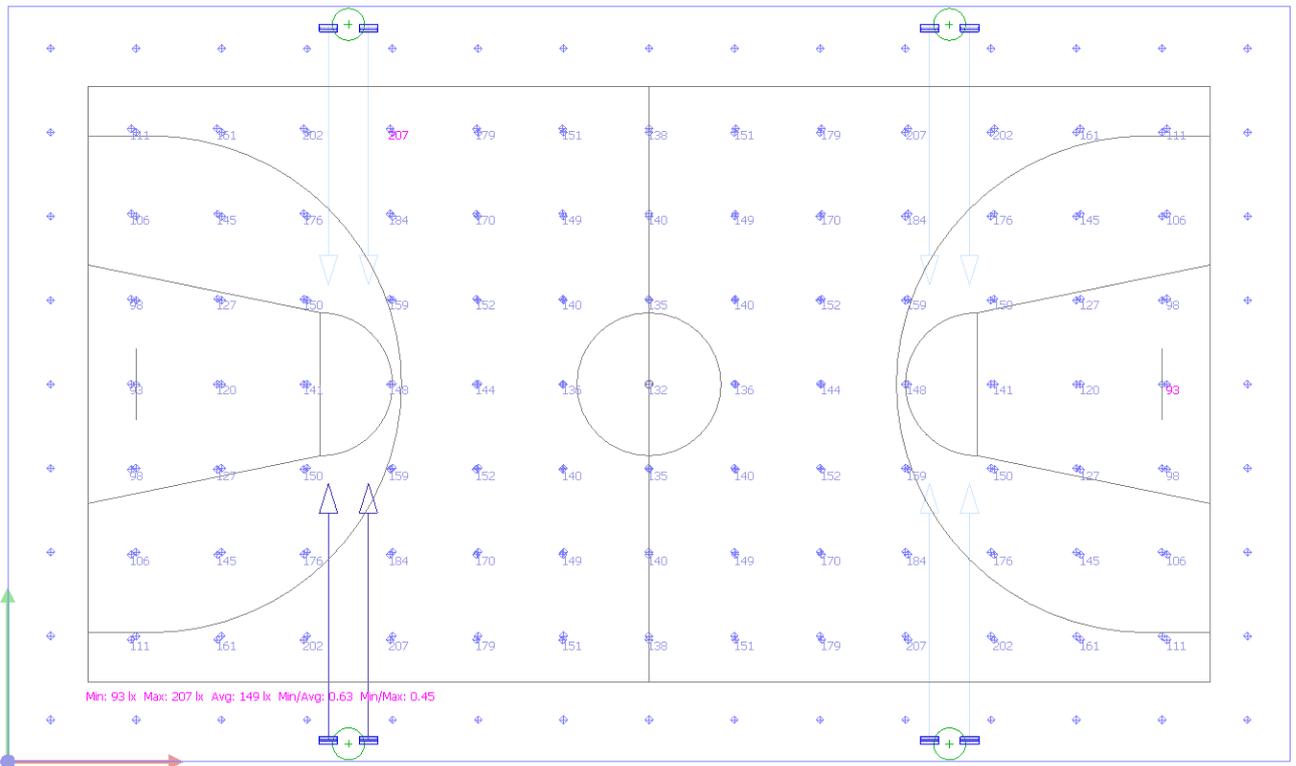


Figura A.21: Representación por gama de grises de la pista de tenis



Para finalizar con las pistas deportivas, al igual que para la pista de tenis, se va a representar la iluminación de determinados puntos de la pista:

Figura A.22: Puntos de iluminación de la pista de baloncesto



A.3. Alumbrado de la zona ajardinada

Como se ha comentado al principio del apartado, esta vía será de tipo E (velocidad < 5km/h).

Tabla A.10: Clases de alumbrado para vías tipo E

| Situaciones de proyecto | Tipos de vías | Clase de Alumbrado ^(*) |
|-------------------------|---|-----------------------------------|
| E1 | <ul style="list-style-type: none"> Espacios peatonales de conexión, calles peatonales, y aceras a lo largo de la calzada. Paradas de autobús con zonas de espera Áreas comerciales peatonales. Flujo de tráfico de peatones Alto..... Normal | CE1A / CE2 / S1 S2 / S3 / S4 |
| | | |

^(*) Para todas las situaciones de alumbrado E1 y E2, cuando las zonas próximas sean claras (fondos claros), todas las vías de tráfico verán incrementadas sus exigencias a las de la clase de alumbrado inmediata superior.

ITC EA-02. Niveles de iluminación

En el caso de las vías de las zonas ajardinadas será una situación E1, y considerando que el flujo de peatones es normal se podrán usar aquellos que sean de clase S2, S3 y S4.

Actualmente en España no se tienen en cuenta las clasificaciones S5 y S6 con respecto a la normativa EN 13201-2:2003 que corresponde a nivel europeo. Para ver las diferencias existentes en este aspecto se incluye la siguiente tabla, en la que se presentan ambas clasificaciones:

Tabla A.11: Comparación entre la clasificación europea y la española del alumbrado tipo S

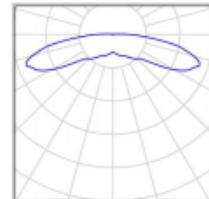
| EN 13201-2:2003 | | | R.D. 1890/2008 | | |
|--------------------|------------------------|------------|--------------------|------------------------|------------|
| Clase de Alumbrado | Iluminación Horizontal | | Clase de Alumbrado | Iluminación Horizontal | |
| | Em (lux) | Emin (lux) | | Em (lux) | Emin (lux) |
| S1 | 15 | 5 | S1 | 15 | 5 |
| S2 | 10 | 3 | S2 | 10 | 3 |
| S3 | 7,5 | 1,5 | S3 | 7,5 | 1,5 |
| S4 | 5 | 1 | S4 | 5 | 1 |
| S5 | 3 | 0,6 | | | |
| S6 | 2 | 0,6 | | | |

Idus. Luz blanca en la normativa española como mejora de la sostenibilidad

Se ha elegido la luminaria Avenue F2 LED AVF 18L35-730, montada a una altura de 5 metros sobre el suelo y cuyas características son:

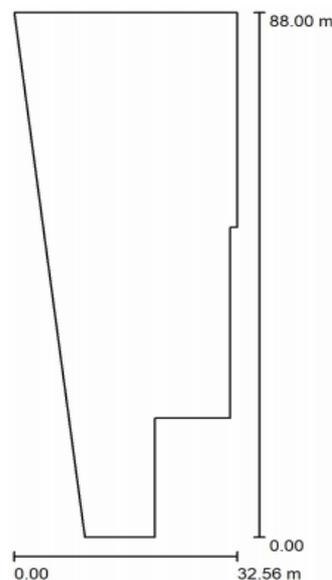
Figura A.23: Datos luminaria zona ajardinada

7 Pieza THORN Lighting 96265462 (STD - standard) AVF Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.
18L35-730 RS CL BPS CL1 CON ANT T60
Nº de artículo: 96265462 (STD - standard)
Flujo luminoso (Luminaria): 2622 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 2625 lm
Potencia de las luminarias: 21.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 97
Código CIE Flux: 12 35 77 97 100
Lámpara: 1 x AVF18L35-730RSCL 21W (Factor de corrección 1.000).



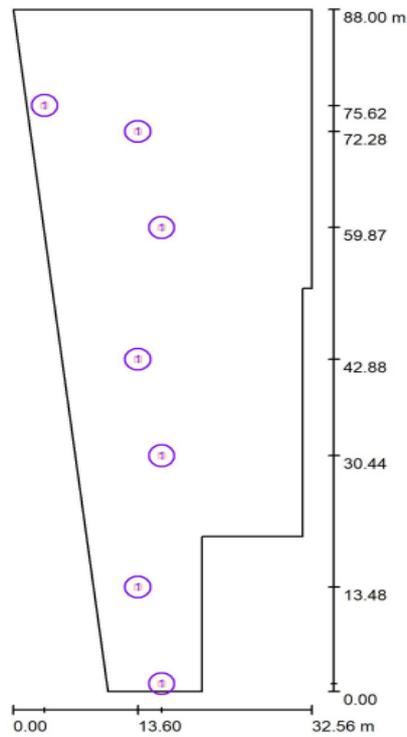
El espacio de la zona ajardinada es el siguiente:

Figura A.24: Zona ajardinada



La disposición de las luminarias es la siguiente:

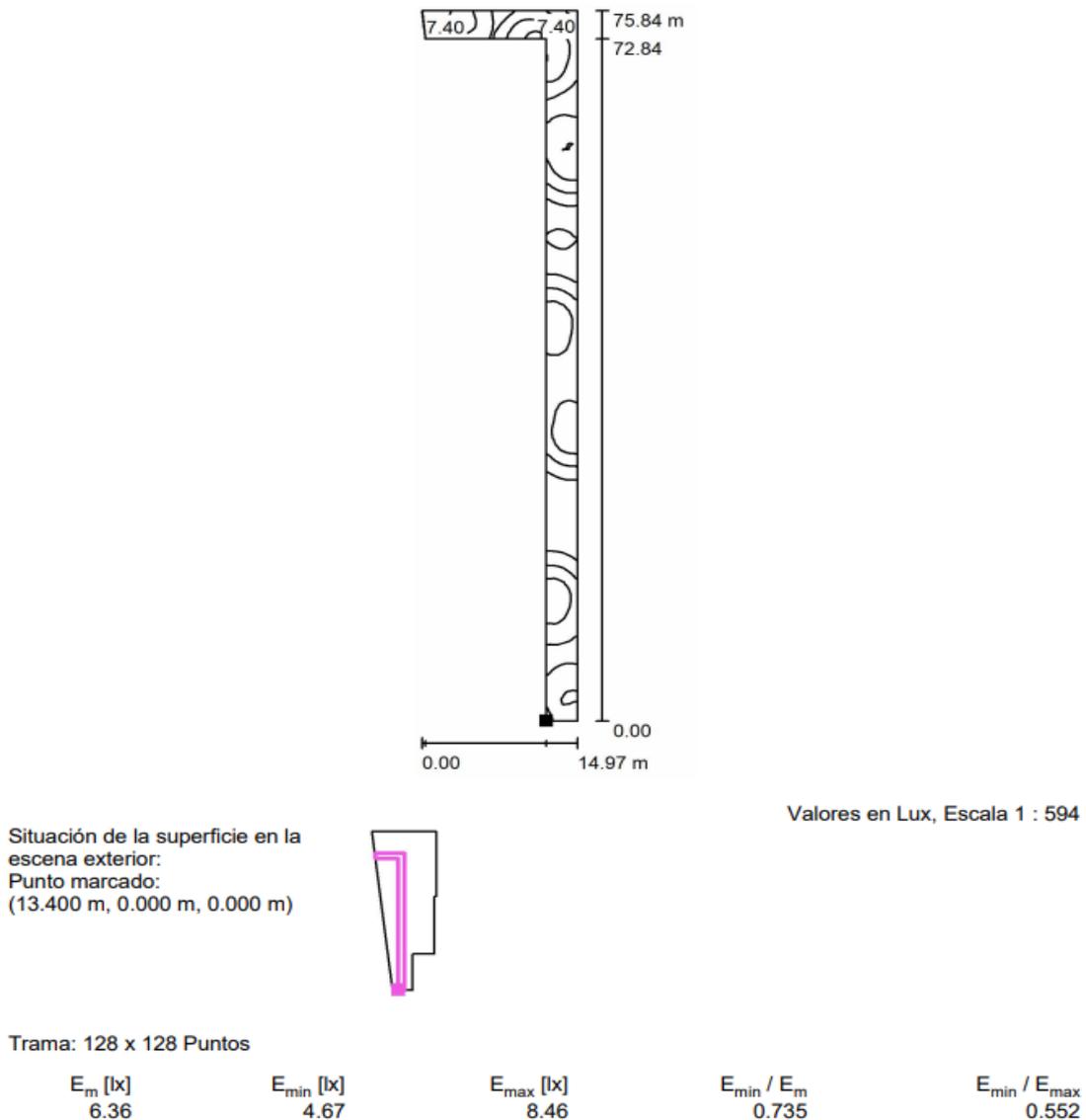
Figura A.25: Disposición luminarias zona ajardinada



| N° | Posición [m] | | | Rotación [°] | | |
|----|--------------|--------|-------|--------------|-----|-------|
| | X | Y | Z | X | Y | Z |
| 1 | 16.200 | 1.000 | 5.000 | 0.0 | 0.0 | 180.0 |
| 2 | 16.200 | 30.435 | 5.000 | 0.0 | 0.0 | 180.0 |
| 3 | 16.200 | 59.871 | 5.000 | 0.0 | 0.0 | 180.0 |
| 4 | 13.600 | 72.278 | 5.000 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 5 | 13.600 | 42.877 | 5.000 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 6 | 13.600 | 13.476 | 5.000 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 7 | 3.430 | 75.617 | 5.000 | 0.0 | 0.0 | -90.0 |

La iluminación de la zona peatonal en las zonas ajardinadas tiene unos niveles de iluminación:

Figura A.26: Resultados lumínicos del camino peatonal de la zona ajardinada



Si comparamos estos niveles de iluminación con los exigidos en la norma para el tipo S4 vemos que:

$$\overline{E_m} = 6,36 \geq 5 \text{ lux}$$

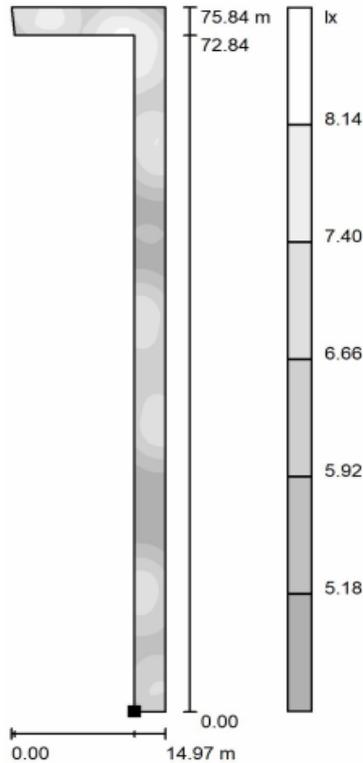
$$E_{min} = 4,67 \geq 1 \text{ lux}$$

Por tanto, se cumplen los requisitos mínimos establecidos en la normativa y el diseño realizado para la zona ajardinada es correcto.

Se han empleado un total de 7 luminarias, cada una de ellas de 21 vatios, obteniendo un total de 0,147 kW.

También, podemos dar los resultados a través de gama de grises:

Figura A.27: Representación del camino peatonal de la zona ajardinada por gama de grises



Al igual que para la vía pública, también se va a calcular la eficiencia para el alumbrado de la zona ajardinada. Como bien se ha dicho, esta vía es tipo E y por lo tanto se los datos se cogerán de aquellas tablas que especifique “Alumbrado vial ambiental y otras instalaciones de alumbrado”.

Comenzamos calculando la eficiencia de la instalación:

$$\varepsilon = \varepsilon_L \cdot f_m \cdot f_u = 125 \cdot 0,8 \cdot 0,6 = 60 \frac{m^2 \cdot lux}{W}$$

La iluminancia media de nuestra vía es de 6,36 lux, por lo que para obtener el valor de eficiencia energética mínima se debe hacer una interpolación lineal en la **tabla A.4**, obteniendo un valor de $4,316 \frac{m^2 \cdot lux}{W}$.

Mediante la **tabla A.5** de alumbrado vial ambiental y otras instalaciones de alumbrado, obtenemos un valor de $6,088 \frac{m^2 \cdot lux}{W}$.

Con esto, el índice de eficiencia energética resulta:

$$I_\varepsilon = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_R} = \frac{60}{6,088} = 9,86$$

Por último, debemos calcular el índice de consumo energético (ICE) para categorizar a nuestra instalación dentro de la etiqueta que caracteriza al consumo de energía de la instalación como:

$$ICE = \frac{1}{I_\varepsilon} = \frac{1}{9,86} = 0,10$$

Con todo esto ya podemos clasificar energéticamente a nuestra instalación con la **tabla A.6:**

- Índice de consumo energético: $ICE = 0,10 < 0,91$
- Índice de eficiencia energética: $I_e = 9,86 > 1,1$

Con esto, podemos decir que nuestra instalación tiene una calificación energética A, siendo la categoría más eficiente.

A.4. Local social

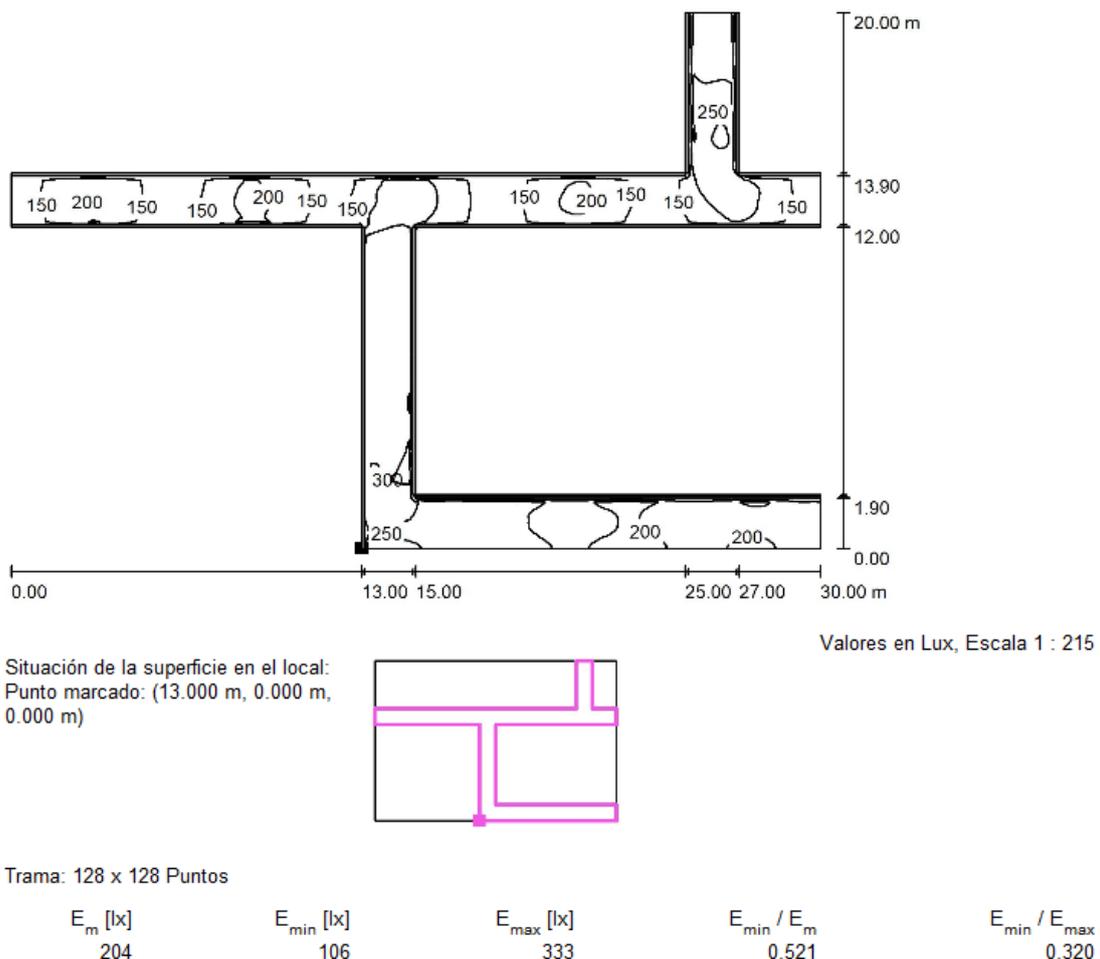
A.4.1. Pasillos y vestíbulo

Se ha usado la siguiente luminaria:

- PHILIPS DN570B.
- Una potencia de 18,8 W con un total de 14 luminarias, obteniendo 263,2 W.
- Superficie total de 126 m².

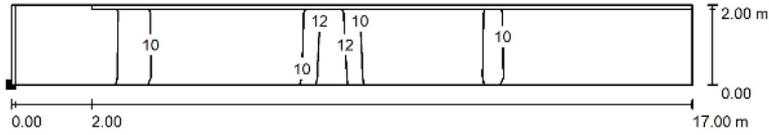
El estudio lumínico de los pasillos y vestíbulo queda:

Figura A.28: Resultados lumínicos de los pasillos y vestíbulos



Para determinar el índice de deslumbramiento, se ha descompuesto por zonas para obtener el individual de cada una y trabajar con el más desfavorable:

Figura A.29: Estudio de deslumbramiento pasillo 1



Situación de la superficie en el local:
 Punto marcado: (13.000 m, 0.000 m, 1.200 m)



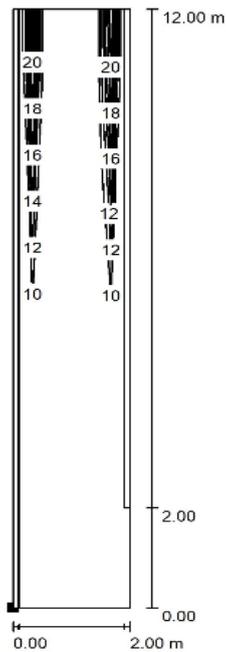
Escala 1 : 122

Trama: 17 x 2 Puntos

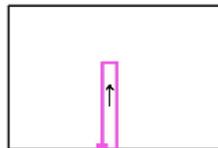
Min /

Max
18

Figura A.30: Estudio de deslumbramiento pasillo 2



Situación de la superficie en el local:
 Punto marcado: (13.000 m, 0.000 m, 1.200 m)



Escala 1 : 94

Trama: 2 x 12 Puntos

Min /

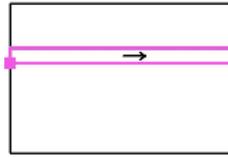
Max
16

Figura A.31: Estudio de deslumbramiento pasillo 3



Escala 1 : 215

Situación de la superficie en el local:
Punto marcado: (0.000 m, 12.000 m,
1.200 m)

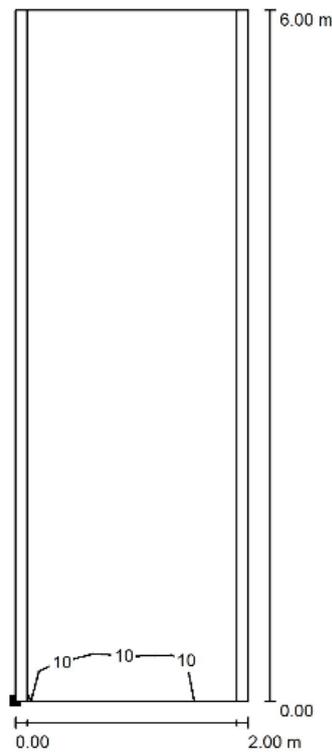


Trama: 30 x 2 Puntos

Min
/

Max
18

Figura A.32: Estudio de deslumbramiento pasillo 4



Escala 1 : 47

Situación de la superficie en el local:
Punto marcado: (25.000 m, 14.000 m,
1.200 m)



Trama: 2 x 6 Puntos

Min
/

Max
<10

El índice de deslumbramiento más desfavorable es igual a 18.

A continuación, se va a coger de la normativa los requisitos que deben tener las zonas de nuestra instalación:

Figura A.33: Especificaciones de los pasillos para el local social

| Nº ref. | Tipo de interior, tarea y actividad | \bar{E}_m lx | UGR_L - | U_o - | R_a - | Requisitos específicos |
|---------|--|-------------------|--------------|------------|------------|---|
| 5.1.1 | Áreas de circulación y pasillos | 100 | 28 | 0,40 | 40 | <ul style="list-style-type: none"> Iluminancia al nivel del suelo R_a y UGR similares a áreas adyacentes 150 lx si hay vehículos en el recorrido El alumbrado de salidas y entradas debe proporcionar una zona de transición para evitar cambios repentinos en iluminancia entre el interior y el exterior de día o de noche Debería tenerse cuidado para evitar el deslumbramiento del conductor y los peatones |
| 5.1.2 | Escaleras, escaleras automáticas, cintas transportadoras | 100 | 25 | 0,40 | 40 | Requiere contraste mejorado sobre los escalones |
| 5.1.3 | Ascensores, montacargas | 100 | 25 | 0,40 | 40 | El nivel de iluminación en frente del montacargas debería ser al menos $\bar{E}_m = 200$ lx |
| 5.1.4 | Rampas/tramos de carga | 150 | 25 | 0,40 | 40 | |

Figura A.34: Especificaciones del vestíbulo para el local social

| Nº ref. | Tipo de interior, tarea y actividad | \bar{E}_m lx | UGR_L - | U_o - | R_a - | Requisitos específicos |
|---------|-------------------------------------|-------------------|--------------|------------|------------|----------------------------|
| 5.28.1 | Vestíbulo de entrada | 100 | 22 | 0,40 | 80 | UGR sólo si es aplicable |
| 5.28.2 | Guardarropas | 200 | 25 | 0,40 | 80 | |
| 5.28.3 | Salones | 200 | 22 | 0,40 | 80 | |
| 5.28.4 | Oficinas de taquillas | 300 | 22 | 0,60 | 80 | |

Una vez conocidos los valores que define la normativa, se procede a evaluar nuestros resultados para comprobar si cumplen la normativa vigente:

Tabla A.12: Estudio lumínico del vestíbulo y de los pasillos

| Pasillo y vestíbulo | E_m | UGR | U_0 | R_a |
|---------------------|-------|-----|-------|-------|
| Normativa | 100 | 22 | 0,4 | 80 |
| Estudio lumínico | 204 | 18 | 0,521 | 99 |

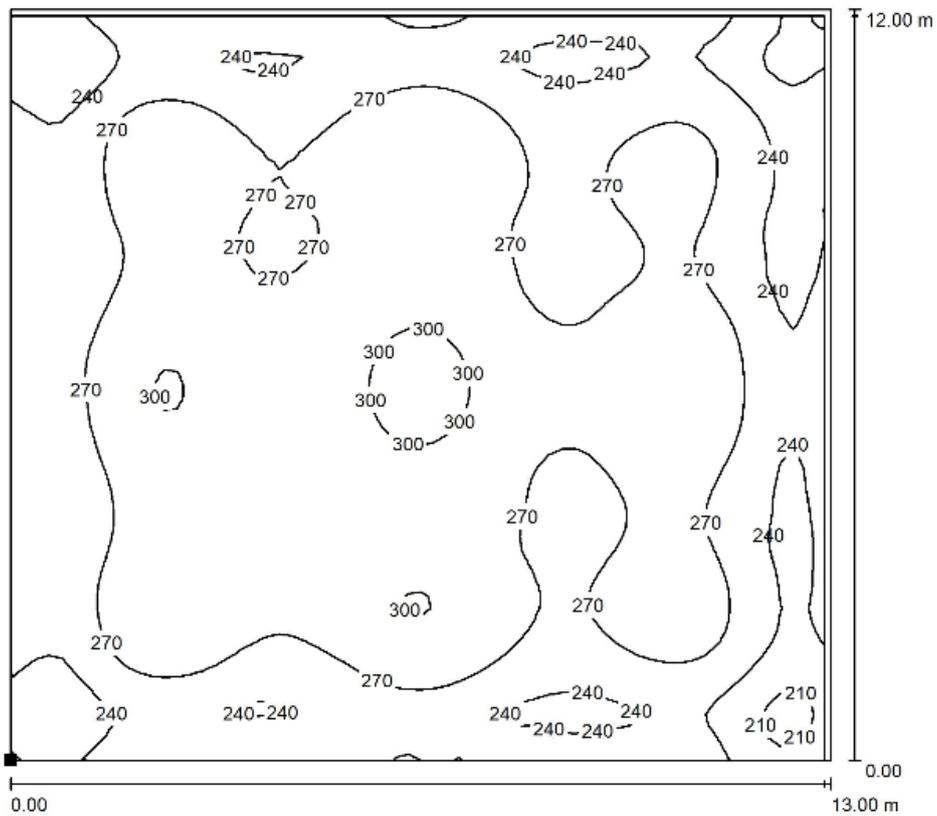
A.4.2. Salón

Se ha usado la siguiente luminaria:

- PHILIPS RC480B.
- Una potencia de 39,5 W con un total de 9 luminarias, obteniendo 355,5 W.
- Superficie total de 156 m².

El estudio lumínico del salón queda:

Figura A.35: Resultados lumínicos del salón



Situación de la superficie en el local:
Punto marcado: (0.000 m, 0.000 m,
0.000 m)



Trama: 64 x 64 Puntos

E_m [lx]
266

E_{min} [lx]
197

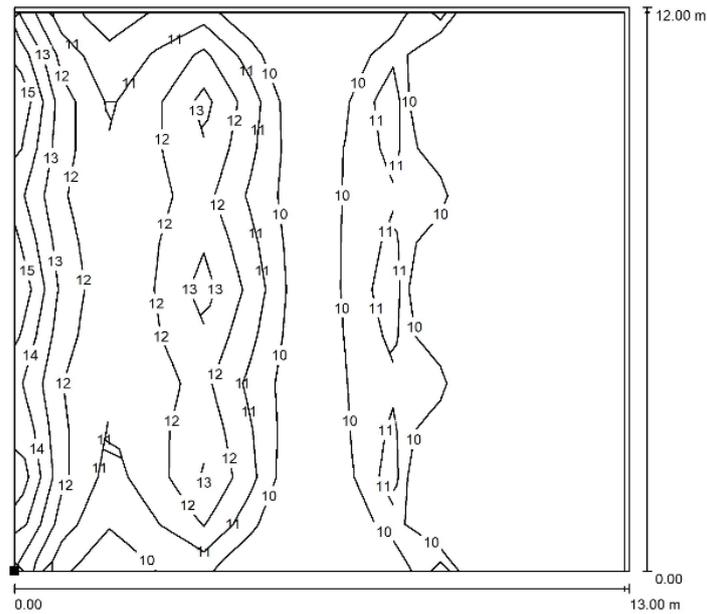
E_{max} [lx]
311

E_{min} / E_m
0.740

E_{min} / E_{max}
0.633

A continuación, se va a estudiar el índice de deslumbramiento del salón:

Figura A.36: Estudio de deslumbramiento del salón



Situación de la superficie en el local:
Punto marcado: (0.000 m, 0.000 m,
1.200 m)



Escala 1 : 94

Trama: 13 x 12 Puntos

Min
/

Max
15

Figura A.37: Especificaciones del salón para el local social

| Nº ref. | Tipo de interior, tarea y actividad | \bar{E}_m lx | UGR_L | U_o | R_a | Requisitos específicos |
|---------|-------------------------------------|-------------------|---------|-------|-------|----------------------------|
| 5.28.1 | Vestibulo de entrada | 100 | 22 | 0,40 | 80 | UGR sólo si es aplicable |
| 5.28.2 | Guardarropas | 200 | 25 | 0,40 | 80 | |
| 5.28.3 | Salones | 200 | 22 | 0,40 | 80 | |
| 5.28.4 | Oficinas de taquillas | 300 | 22 | 0,60 | 80 | |

Tabla A.13: Estudio lumínico del salón

| Salón | E_m | UGR | U_0 | R_a |
|------------------|-------|-----|-------|-------|
| Normativa | 200 | 22 | 0,4 | 80 |
| Estudio lumínico | 266 | 15 | 0,74 | 99 |

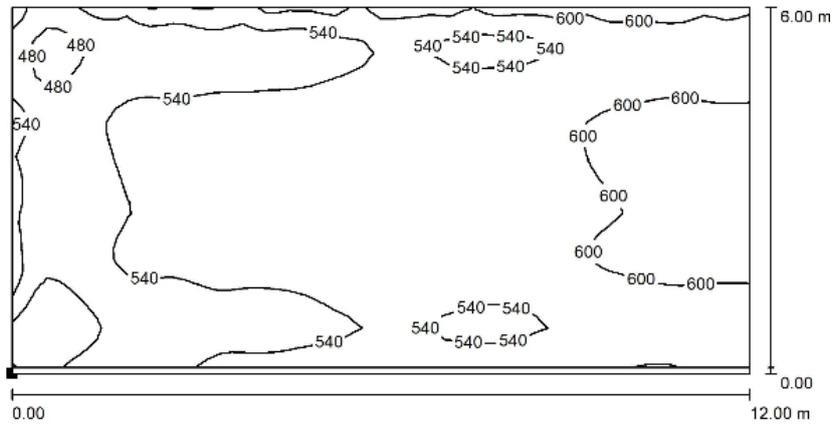
A.4.3. Sala lectura

Se ha usado la siguiente luminaria:

- LIGMAN NYB-90322-P-W40.
- Una potencia de 74 W con un total de 6 luminarias, obteniendo 444 W.
- Superficie total de 72 m².

El estudio lumínico de la sala de lectura queda:

Figura A.38: Resultados lumínicos de la sala de lectura



Valores en Lux, Escala 1 : 86

Situación de la superficie en el local:
Punto marcado: (0.000 m, 14.000 m,
0.000 m)

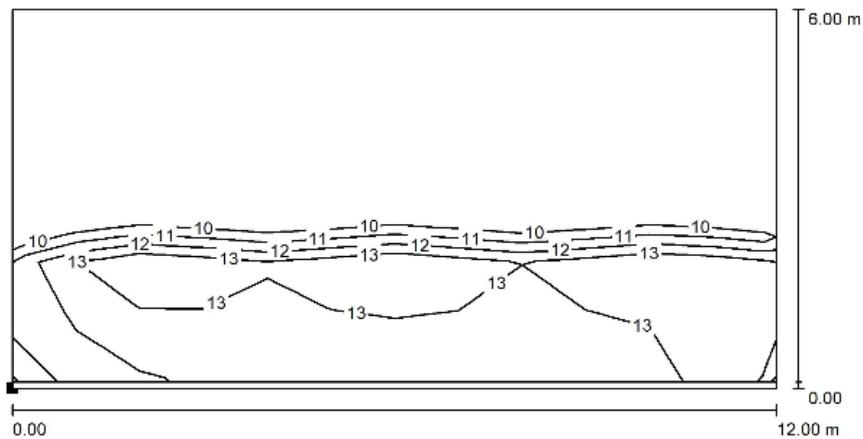


Trama: 64 x 32 Puntos

| E_m [lx] | E_{min} [lx] | E_{max} [lx] | E_{min} / E_m | E_{min} / E_{max} |
|------------|----------------|----------------|-----------------|---------------------|
| 556 | 414 | 679 | 0.745 | 0.610 |

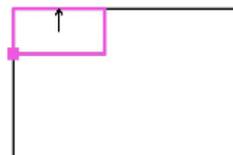
A continuación, se va a estudiar el índice de deslumbramiento de la sala de lectura:

Figura A.39: Estudio de deslumbramiento de la sala de lectura



Escala 1 : 86

Situación de la superficie en el local:
Punto marcado: (0.000 m, 14.000 m,
1.200 m)



Trama: 12 x 6 Puntos

Min
/

Max
15

Figura A.40: Especificaciones de la sala de lectura para el local social

| Nº ref. | Tipo de interior, tarea y actividad | \bar{E}_m lx | UGR _L | U_0 | R_a | Requisitos específicos |
|---------|-------------------------------------|-------------------|------------------|-------|-------|------------------------|
| 5.33.1 | Estanterías | 200 | 19 | 0,40 | 80 | |
| 5.33.2 | Área de lectura | 500 | 19 | 0,60 | 80 | |
| 5.33.3 | Mostrador | 500 | 19 | 0,60 | 80 | |

Tabla A.14: Estudio lumínico de la sala de lectura

| Área de lectura | E_m | UGR | U_0 | R_a |
|------------------|-------|-----|-------|-------|
| Normativa | 500 | 19 | 0,6 | 80 |
| Estudio lumínico | 566 | 15 | 0,745 | 80 |

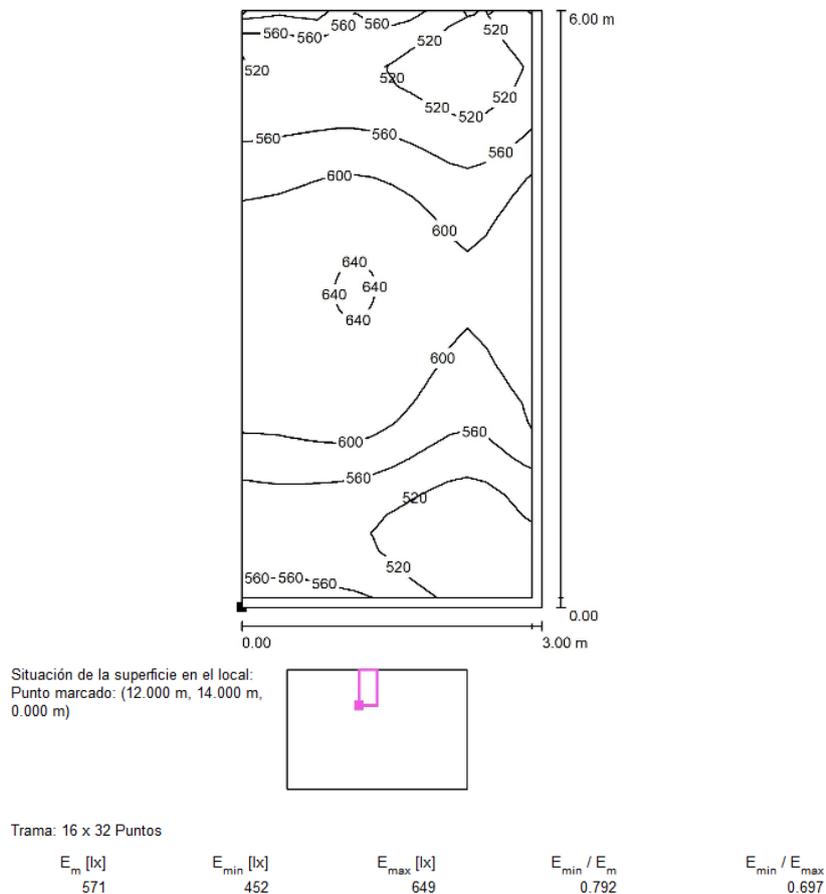
A.4.4. Estanterías área de lectura

Se ha usado la siguiente luminaria:

- LIGMAN NYB-90322-P-W40.
- Una potencia de 74 W con un total de 2 luminarias, obteniendo 148 W.
- Superficie total de 18 m².

El estudio lumínico de las estanterías de la sala de lectura queda:

Figura A.41: Resultados lumínicos de la sala de lectura



A continuación, se va a estudiar el índice de deslumbramiento de las estanterías de la sala de lectura:

Figura A.42: Estudio de deslumbramiento de las estanterías de la sala de lectura del local social

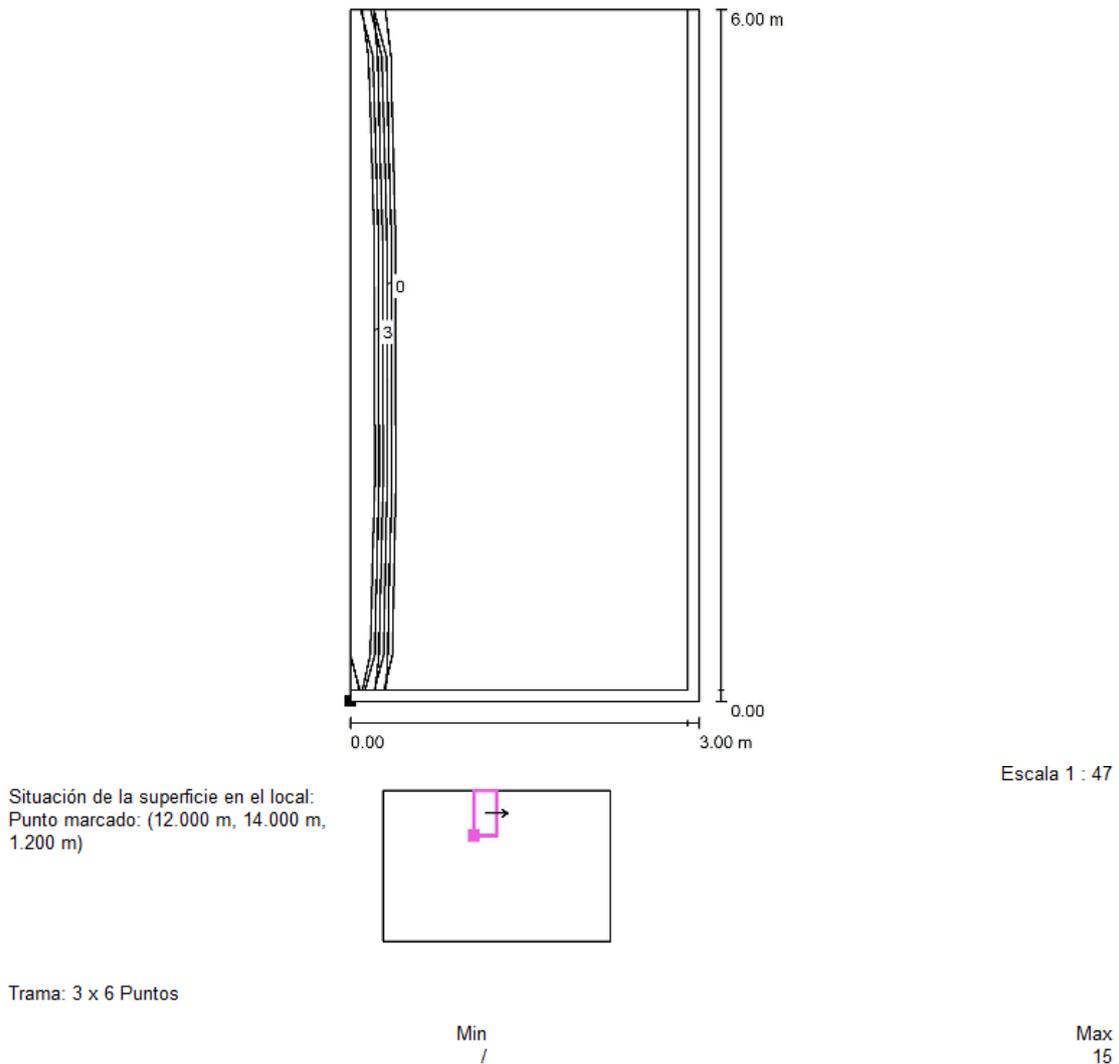


Figura A.43: Especificaciones de las estanterías de la sala de lectura para el local social

| Nº ref. | Tipo de interior, tarea y actividad | \bar{E}_m lx | UGR_L - | U_o - | R_a - | Requisitos específicos |
|---------|-------------------------------------|-------------------|--------------|------------|------------|------------------------|
| 5.33.1 | Estanterías | 200 | 19 | 0,40 | 80 | |
| 5.33.2 | Área de lectura | 500 | 19 | 0,60 | 80 | |
| 5.33.3 | Mostrador | 500 | 19 | 0,60 | 80 | |

Tabla A.15: Estudio lumínico de las estanterías de las estanterías de la sala de lectura del local social

| Estanterías | E_m | UGR | U_0 | R_a |
|------------------|-------|-----|-------|-------|
| Normativa | 200 | 19 | 0,4 | 80 |
| Estudio lumínico | 571 | 15 | 0,792 | 80 |

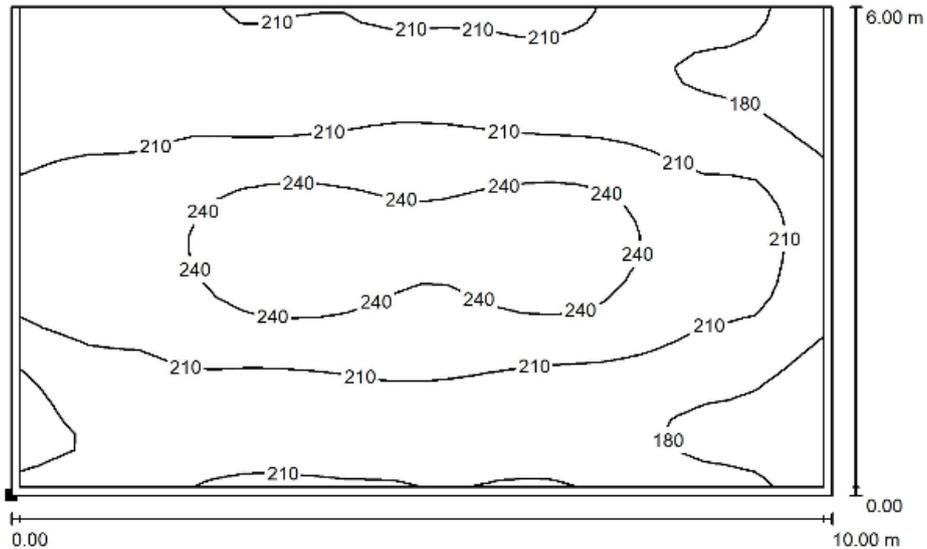
A.4.5. Sala de descanso

Se ha usado la siguiente luminaria:

- PHILIPS CELINO TPS680.
- Una potencia de 31 W con un total de 6 luminarias, obteniendo 186 W.
- Superficie total de 60 m².

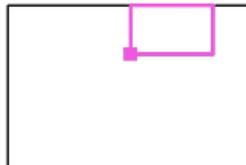
El estudio lumínico de la sala de descanso queda:

Figura A.44: Resultados lumínicos de la sala de descanso



Valores en Lux, Escala 1 : 72

Situación de la superficie en el local:
 Punto marcado: (15.000 m, 14.000 m, 0.000 m)

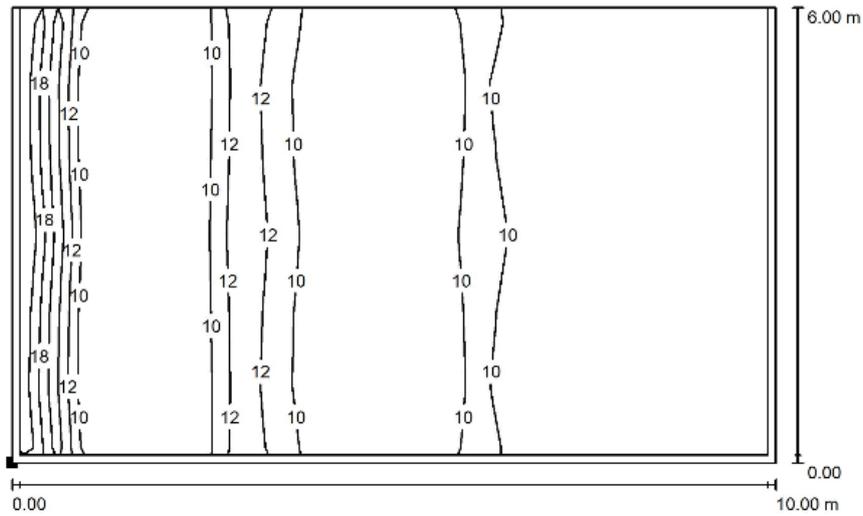


Trama: 32 x 32 Puntos

| | | | | |
|------------|----------------|----------------|-----------------|---------------------|
| E_m [lx] | E_{min} [lx] | E_{max} [lx] | E_{min} / E_m | E_{min} / E_{max} |
| 209 | 153 | 261 | 0.731 | 0.585 |

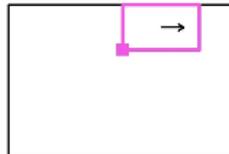
A continuación, se va a estudiar el índice de deslumbramiento de la sala de descanso:

Figura A.45: Estudio de deslumbramiento de las estanterías de la sala de lectura del local social



Escala 1 : 72

Situación de la superficie en el local:
Punto marcado: (15.000 m, 14.000 m,
1.200 m)



Trama: 10 x 6 Puntos

Min
/

Max
18

Figura A.46: Especificaciones de la sala de descanso para el local social

| Nº ref. | Tipo de interior, tarea y actividad | \bar{E}_m lx | UGR_L - | U_o - | R_a - | Requisitos específicos |
|---------|---|-------------------|--------------|------------|------------|---|
| 5.2.1 | Cantinas, despensas | 200 | 22 | 0,40 | 80 | |
| 5.2.2 | Salas de descanso | 100 | 22 | 0,40 | 80 | |
| 5.2.3 | Salas para ejercicio físico | 300 | 22 | 0,40 | 80 | |
| 5.2.4 | Vestuarios, salas de lavado, cuartos de baño, servicios | 200 | 25 | 0,40 | 80 | En cada baño individual si está completamente cerrado |
| 5.2.5 | Enfermería | 500 | 19 | 0,60 | 80 | |
| 5.2.6 | Salas para atención médica | 500 | 16 | 0,60 | 90 | $4\ 000\ K \leq T_{CP} \leq 5\ 000\ K$ |

Tabla A.16: Estudio lumínico de la sala de descanso del local social

| Sala de descanso | E_m | UGR | U_0 | R_a |
|------------------|-------|-----|-------|-------|
| Normativa | 100 | 22 | 0,4 | 80 |
| Estudio lumínico | 209 | 18 | 0,731 | 80 |

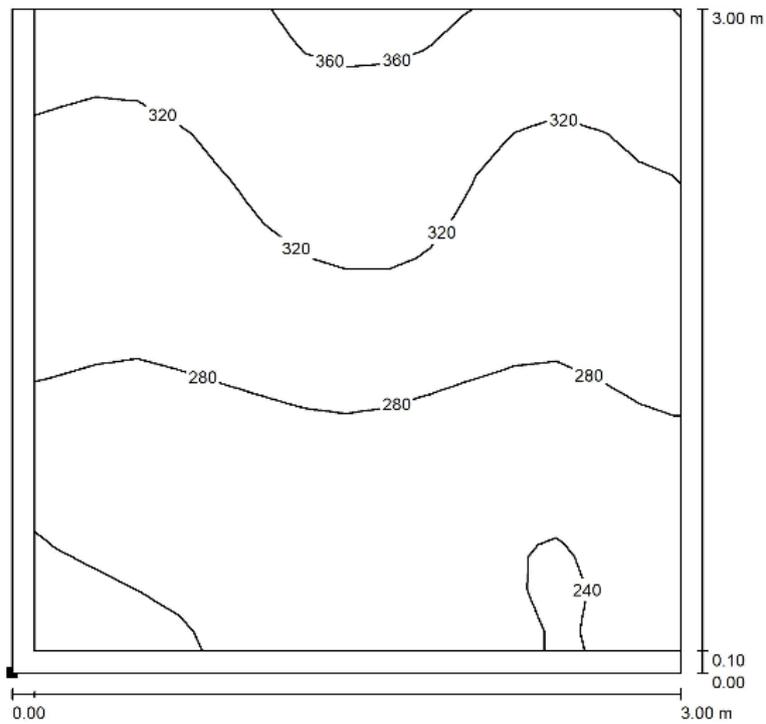
A.4.6. Aseo 1 superior

Se ha usado la siguiente luminaria:

- LIGMAN BK-80031-W-W40.
- Una potencia de 18,7 W con un total de 4 luminarias, obteniendo 74,8 W.
- Superficie total de 9 m².

El estudio lumínico del aseo 1 queda:

Figura A.47: Resultados lumínicos del aseo 1



Valores en Lux, Escala 1 : 24

Situación de la superficie en el local:
 Punto marcado: (27.000 m, 17.000 m, 0.000 m)

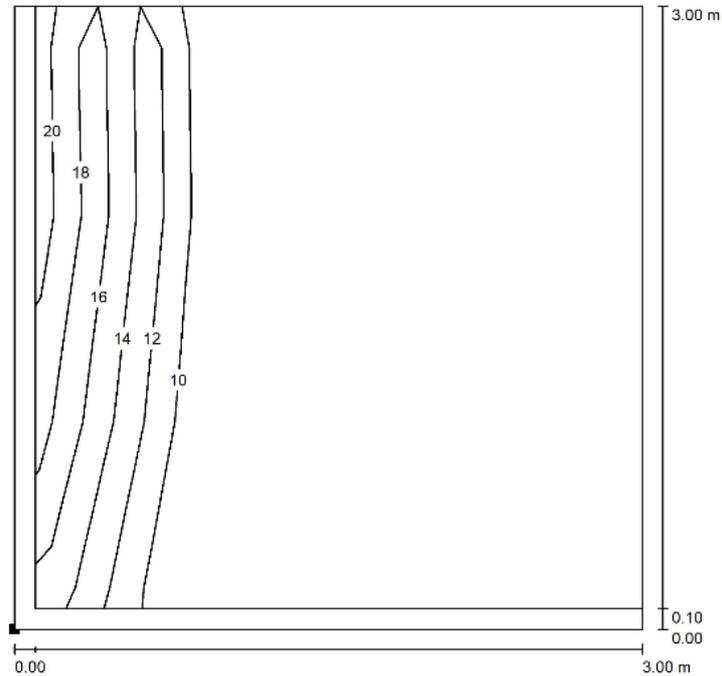


Trama: 16 x 16 Puntos

| E_m [lx] | E_{min} [lx] | E_{max} [lx] | E_{min} / E_m | E_{min} / E_{max} |
|------------|----------------|----------------|-----------------|---------------------|
| 293 | 223 | 377 | 0.761 | 0.592 |

A continuación, se va a estudiar el índice de deslumbramiento del aseo 1:

Figura A.48: Estudio de deslumbramiento del aseo 1 del local social



Situación de la superficie en el local:
Punto marcado: (27.000 m, 17.000 m,
1.200 m)



Escala 1 : 24

Trama: 3 x 3 Puntos

Min
/

Max
15

Figura A.49: Especificaciones del aseo para el local social

| Nº ref. | Tipo de interior, tarea y actividad | \bar{E}_m lx | UGR_L - | U_o - | R_a - | Requisitos específicos |
|---------|---|-------------------|--------------|------------|------------|---|
| 5.2.1 | Cantinas, despensas | 200 | 22 | 0,40 | 80 | |
| 5.2.2 | Salas de descanso | 100 | 22 | 0,40 | 80 | |
| 5.2.3 | Salas para ejercicio físico | 300 | 22 | 0,40 | 80 | |
| 5.2.4 | Vestuarios, salas de lavado, cuartos de baño, servicios | 200 | 25 | 0,40 | 80 | En cada baño individual si está completamente cerrado |
| 5.2.5 | Enfermería | 500 | 19 | 0,60 | 80 | |
| 5.2.6 | Salas para atención médica | 500 | 16 | 0,60 | 90 | $4\ 000\ K \leq T_{CP} \leq 5\ 000\ K$ |

Tabla A.17: Estudio lumínico del aseo 1 del local social

| Baño 1 | E_m | UGR | U_0 | R_a |
|------------------|-------|-----|-------|-------|
| Normativa | 200 | 25 | 0,4 | 80 |
| Estudio lumínico | 293 | 15 | 0,761 | 99 |

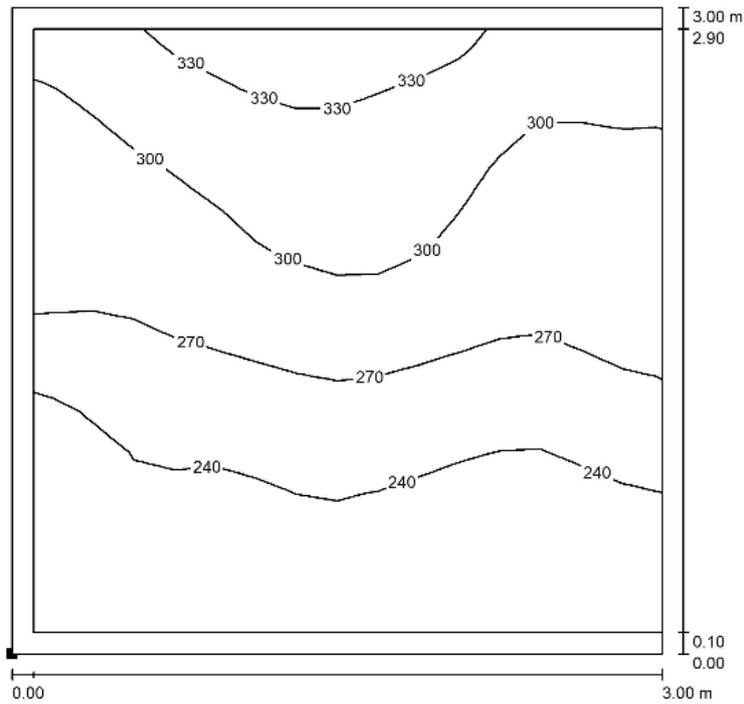
A.4.7. Aseo 2 inferior

Se ha usado la siguiente luminaria:

- LIGMAN BK-80031-W-W40.
- Una potencia de 18,7 W con un total de 4 luminarias, obteniendo 74,8 W.
- Superficie total de 9 m².

El estudio lumínico del aseo 2 queda:

Figura A.50: Resultados lumínicos del aseo 2



Valores en Lux, Escala 1 : 24

Situación de la superficie en el local:
 Punto marcado: (27.000 m, 14.000 m, 0.000 m)



Trama: 16 x 16 Puntos

E_m [lx]
273

E_{min} [lx]
209

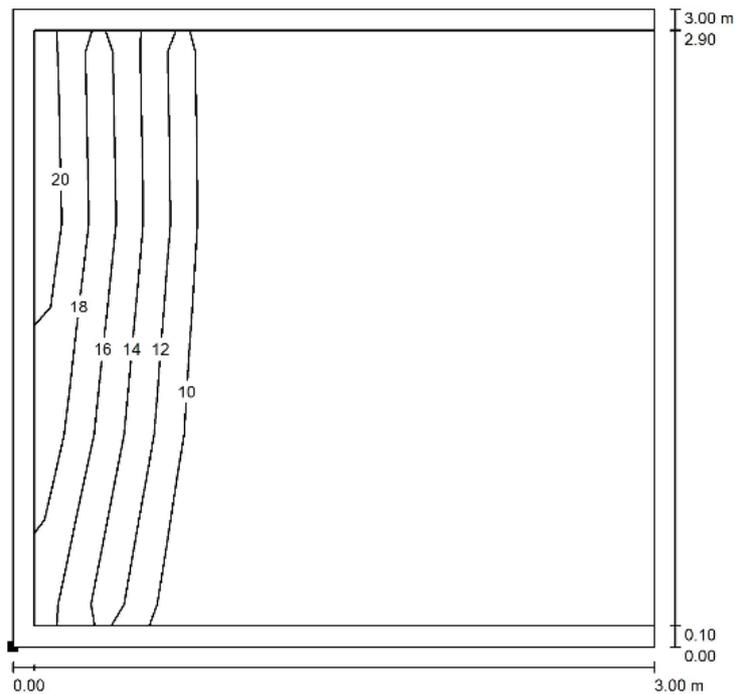
E_{max} [lx]
348

E_{min} / E_m
0.766

E_{min} / E_{max}
0.601

A continuación, se va a estudiar el índice de deslumbramiento del aseo 2:

Figura A.51: Estudio de deslumbramiento del aseo 2 del local social



Escala 1 : 24

Situación de la superficie en el local:
Punto marcado: (27.000 m, 14.000 m,
1.200 m)



Trama: 3 x 3 Puntos

Min
/

Max
16

Mirando la **figura A.49** podemos ver los valores que dicta la normativa, que coinciden con los del aseo 1.

Tabla A.18: Estudio lumínico del aseo 2 del local social

| Baño 2 | E_m | UGR | U_0 | R_a |
|------------------|-------|-----|-------|-------|
| Normativa | 200 | 25 | 0,4 | 80 |
| Estudio lumínico | 273 | 16 | 0,766 | 80 |

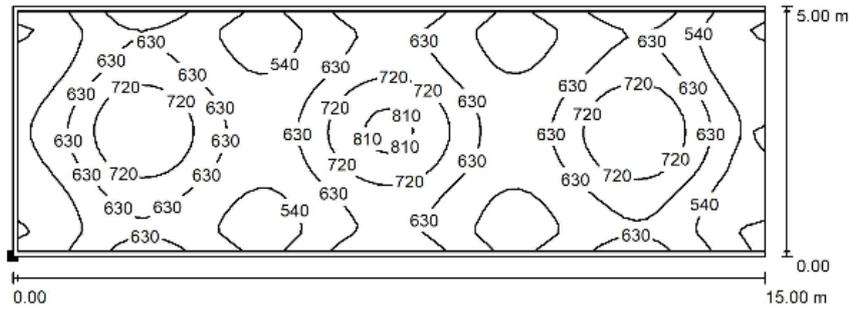
A.4.8. Sala de reuniones

Se ha usado la siguiente luminaria:

- PHILIPS MAXOS 4MX900.
- Una potencia de 65 W con un total de 6 luminarias, obteniendo 390 W.
- Superficie total de 75 m².

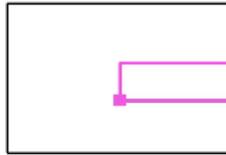
El estudio lumínico de la sala de reuniones queda:

Figura A.52: Resultados lumínicos de la sala de reuniones



Valores en Lux, Escala 1 : 108

Situación de la superficie en el local:
Punto marcado: (15.000 m, 7.000 m,
0.000 m)



Trama: 64 x 32 Puntos

E_m [lx]
616

E_{min} [lx]
416

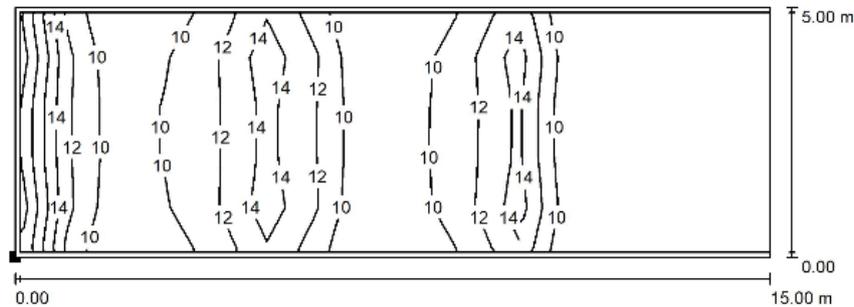
E_{max} [lx]
832

E_{min} / E_m
0.675

E_{min} / E_{max}
0.500

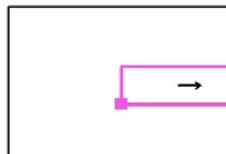
A continuación, se va a estudiar el índice de deslumbramiento de la sala de reuniones:

Figura A.53: Estudio de deslumbramiento de la sala de reuniones del local social



Escala 1 : 108

Situación de la superficie en el local:
Punto marcado: (15.000 m, 7.000 m,
1.200 m)



Trama: 15 x 5 Puntos

Min
/

Max
18

Figura A.54: Especificaciones de la sala de reuniones para el local social

| Nº ref. | Tipo de interior, tarea y actividad | \bar{E}_m lx | UGR_L - | U_0 - | R_a - | Requisitos específicos |
|---------|---|-------------------|--------------|------------|------------|--|
| 5.26.1 | Archivo, copias, etc. | 300 | 19 | 0,40 | 80 | |
| 5.26.2 | Escritura, escritura a máquina, lectura, tratamiento de datos | 500 | 19 | 0,60 | 80 | Trabajo en EPV, véase el apartado 4.9 |
| 5.26.3 | Dibujo técnico | 750 | 16 | 0,70 | 80 | |
| 5.26.4 | Puestos de trabajo de CAD | 500 | 19 | 0,60 | 80 | Trabajo en EPV, véase el apartado 4.9 |
| 5.26.5 | Salas de conferencias y reuniones | 500 | 19 | 0,60 | 80 | La iluminación debería ser controlable |
| 5.26.6 | Mostrador de recepción | 300 | 22 | 0,60 | 80 | |
| 5.26.7 | Archivos | 200 | 25 | 0,40 | 80 | |

Tabla A.19: Estudio lumínico de la sala de reuniones del local social

| Sala de reuniones | E_m | UGR | U_0 | R_a |
|-------------------|-------|-----|-------|-------|
| Normativa | 500 | 19 | 0,6 | 80 |
| Estudio lumínico | 204 | 18 | 0,521 | 99 |

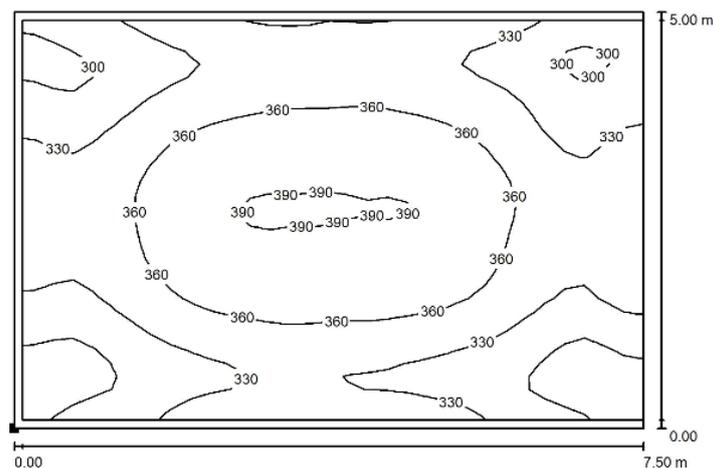
A.4.9. Sala de ejercicio

Se ha usado la siguiente luminaria:

- PHILIPS DN570C
- Una potencia de 17,8 W con un total de luminarias, obteniendo 106,8 W.
- Superficie total de 37,5 m².

El estudio lumínico de la sala de ejercicio queda:

Figura A.55: Resultados lumínicos de la sala de ejercicio



Valores en Lux, Escala 1 : 54

Situación de la superficie en el local:
Punto marcado: (22.500 m, 2.000 m,
0.000 m)



Trama: 32 x 32 Puntos

E_m [lx]
343

E_{min} [lx]
270

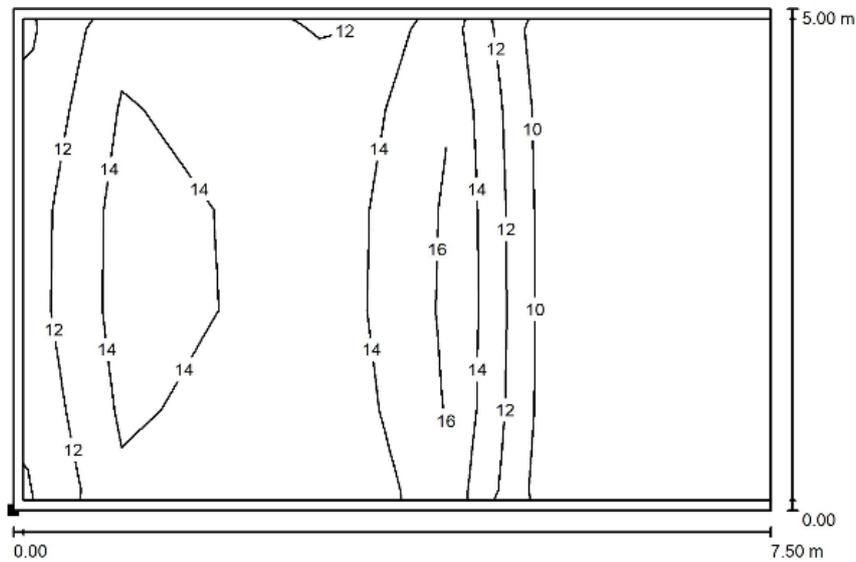
E_{max} [lx]
395

E_{min} / E_m
0.789

E_{min} / E_{max}
0.683

A continuación, se va a estudiar el índice de deslumbramiento de la sala de ejercicio:

Figura A.56: Estudio de deslumbramiento de la sala de ejercicio del local social



Escala 1 : 54

Situación de la superficie en el local:
Punto marcado: (22.500 m, 2.000 m,
1.200 m)



Trama: 7 x 5 Puntos

Min
/

Max
18

Figura A.57: Especificaciones de la sala de ejercicio para el local social

| Nº ref. | Tipo de interior, tarea y actividad | \bar{E}_m lx | UGR_L - | U_0 - | R_a - | Requisitos específicos |
|---------|---|-------------------|--------------|------------|------------|---|
| 5.2.1 | Cantinas, despensas | 200 | 22 | 0,40 | 80 | |
| 5.2.2 | Salas de descanso | 100 | 22 | 0,40 | 80 | |
| 5.2.3 | Salas para ejercicio físico | 300 | 22 | 0,40 | 80 | |
| 5.2.4 | Vestuarios, salas de lavado, cuartos de baño, servicios | 200 | 25 | 0,40 | 80 | En cada baño individual si está completamente cerrado |
| 5.2.5 | Enfermería | 500 | 19 | 0,60 | 80 | |
| 5.2.6 | Salas para atención médica | 500 | 16 | 0,60 | 90 | $4\ 000\ K \leq T_{CP} \leq 5\ 000\ K$ |

Tabla A.20: Estudio lumínico de la sala de reuniones del local social

| Sala de ejercicio | E_m | UGR | U_0 | R_a |
|-------------------|-------|-----|-------|-------|
| Normativa | 300 | 22 | 0,4 | 80 |
| Estudio lumínico | 343 | 18 | 0,789 | 99 |

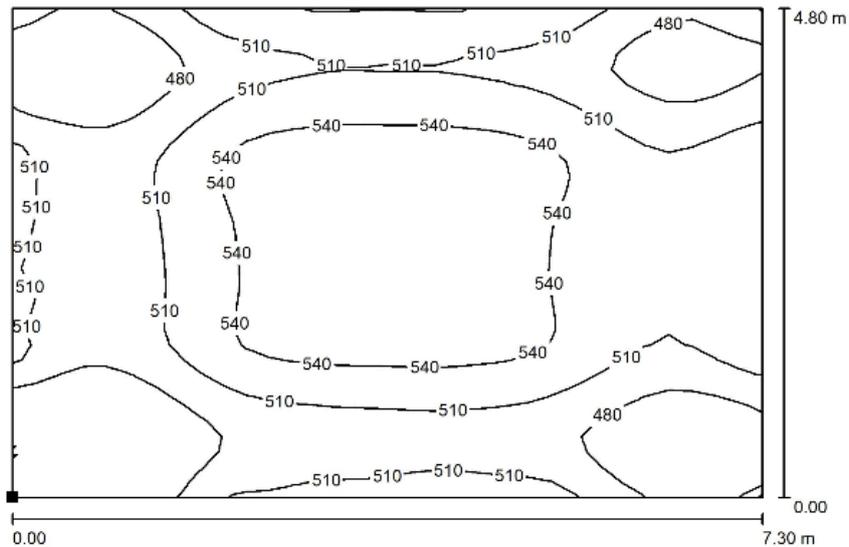
A.4.10. Talleres

Se ha usado la siguiente luminaria:

- LIGMAN NYB-90151-P-W40.
- Una potencia de 73,2 W con un total de luminarias, obteniendo 292,8 W.
- Superficie total de 37,5 m².

El estudio lumínico de la sala de talleres queda:

Figura A.58: Resultados lumínicos de la sala de talleres



Valores en Lux, Escala 1 : 53

Situación de la superficie en el local:
Punto marcado: (15.100 m, 2.100 m,
0.000 m)



Trama: 32 x 32 Puntos

E_m [lx]
511

E_{min} [lx]
418

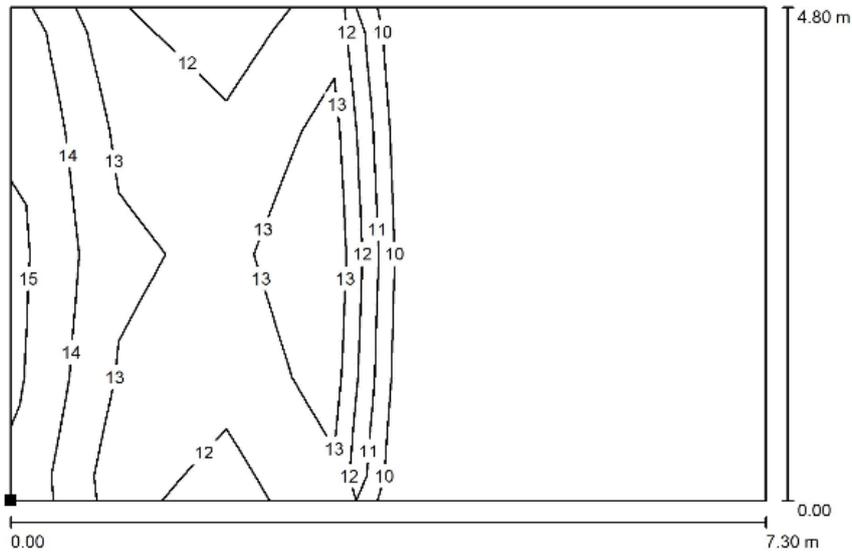
E_{max} [lx]
562

E_{min} / E_m
0.818

E_{min} / E_{max}
0.742

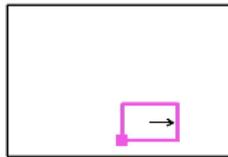
A continuación, se va a estudiar el índice de deslumbramiento de la sala de talleres:

Figura A.59: Estudio de deslumbramiento de la sala de talleres del local social



Escala 1 : 53

Situación de la superficie en el local:
Punto marcado: (15.100 m, 2.100 m,
1.200 m)



Trama: 7 x 4 Puntos

Min
/

Max
14

Figura A.60: Especificaciones de la sala de talleres para el local social

| | | | | | | |
|---------|---|-----|----|------|----|--|
| 5.36.9 | Aulas de prácticas y laboratorios | 500 | 19 | 0,60 | 80 | |
| 5.36.10 | Aulas de manualidades | 500 | 19 | 0,60 | 80 | |
| 5.36.11 | Talleres de enseñanza | 500 | 19 | 0,60 | 80 | |
| 5.36.12 | Aulas de prácticas de música | 300 | 19 | 0,60 | 80 | |
| 5.36.13 | Aulas de prácticas de informática (guiado por menú) | 300 | 19 | 0,60 | 80 | Trabajo con EPV, véase el apartado 4.9 |

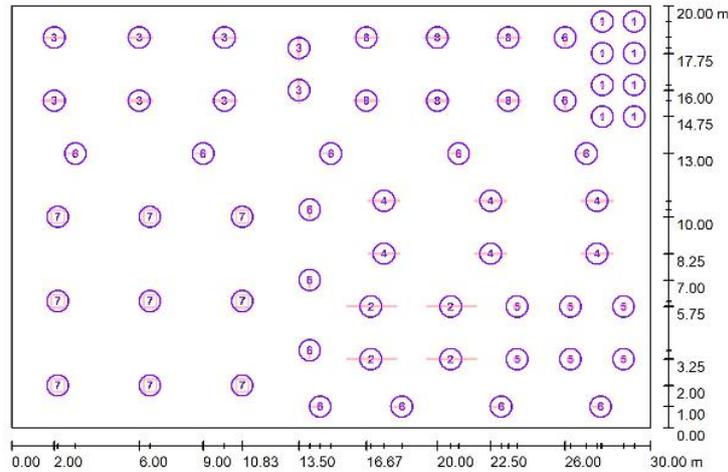
Tabla A.21: Estudio lumínico de la sala de ejercicio del local social

| Talleres | E_m | UGR | U_0 | R_a |
|------------------|-------|-----|-------|-------|
| Normativa | 500 | 19 | 0,6 | 80 |
| Estudio lumínico | 511 | 14 | 0,818 | 99 |

A.4.11. Eficiencia del local social

La disposición de las luminarias del local social es la siguiente:

Figura A.61: Disposición luminarias del local social



Lista de piezas - Luminarias

| Nº | Pieza | Designación |
|----|-------|--|
| 1 | 8 | LIGMAN BK-80031-W-W40 Baker2 Recessed downlights |
| 2 | 4 | LIGMAN NYB-90151-P-W40 Nybro 9 Pendant luminaires |
| 3 | 8 | LIGMAN NYB-90322-P-W40 Nybro 10 Pendant luminaires |
| 4 | 6 | PHILIPS 4MX900 G3 491 1xLED71S/830 PSU MB |
| 5 | 6 | PHILIPS DN570C PSE-E 1xLED20S/840 F |
| 6 | 14 | PHILIPS DN571B PSE-E 1xLED20S/827 F |
| 7 | 9 | PHILIPS RC480B W60L60 PCV 1xLED42S/830 AC-MLO |
| 8 | 6 | PHILIPS TPS680 1xTL5-28W HFP D8 |

En cuanto a la eficiencia del local social, vamos a tener en cuenta el VEEI (Valor de eficiencia energética de la instalación), donde debemos tener en cuenta que las zonas de este son zonas de representación o espacios donde el criterio de diseño, imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, son preponderantes frente a los criterios de eficiencia energética.

La eficiencia energética de una instalación de iluminación de una zona se determinará mediante el valor de eficiencia energética de la instalación VEEI (W/m^2) por cada 100 lux mediante la siguiente expresión:

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m}$$

Siendo:

- P la potencia de la lámpara más el equipo auxiliar [W].
- S la superficie iluminada [m^2].
- E_m la iluminancia media mantenida [lux].

Las zonas de nuestra instalación, debemos distinguirlas entre zonas de no representación (espacios en los que el criterio de diseño, la imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, queda relegado a un segundo plano frente a otros

criterios como el nivel de iluminación, el confort visual, la seguridad y la eficiencia energética) y zonas de representación (espacios donde el criterio de diseño, imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, son preponderantes frente a los criterios de eficiencia energética).

Una vez hechas estas aclaraciones, tenemos que:

Figura A.62: Valor de eficiencia energética de la normativa

| grupo | Zonas de actividad diferenciada | VEEI limite |
|---|---|-------------|
| 1 zonas de no representación | administrativo en general | 3,5 |
| | andenes de estaciones de transporte | 3,5 |
| | salas de diagnóstico ⁽⁴⁾ | 3,5 |
| | pabellones de exposición o ferias | 3,5 |
| | aulas y laboratorios ⁽²⁾ | 4,0 |
| | habitaciones de hospital ⁽³⁾ | 4,5 |
| | recintos interiores asimilables a grupo 1 no descritos en la lista anterior | 4,5 |
| | zonas comunes ⁽¹⁾ | 4,5 |
| | almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas | 5 |
| | aparcamientos | 5 |
| espacios deportivos ⁽⁵⁾ | 5 | |
| 2 zonas de representación | administrativo en general | 6 |
| | estaciones de transporte ⁽⁶⁾ | 6 |
| | supermercados, hipermercados y grandes almacenes | 6 |
| | bibliotecas, museos y galerías de arte | 6 |
| | zonas comunes en edificios residenciales | 7,5 |
| | centros comerciales (excluidas tiendas) ⁽⁹⁾ | 8 |
| | hostelería y restauración ⁽⁸⁾ | 10 |
| | recintos interiores asimilables a grupo 2 no descritos en la lista anterior | 10 |
| | religioso en general | 10 |
| | salones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias ⁽⁷⁾ | 10 |
| | tiendas y pequeño comercio | 10 |
| | zonas comunes ⁽¹⁾ | 10 |
| habitaciones de hoteles, hostales, etc. | 12 | |

Tabla A.22: Resultados del estudio de la eficiencia del local social

| Grupo | Zona | P (W) | S (m ²) | E _m | VEEI | VEEI limite |
|-------------------------------|------------------------|-------|---------------------|----------------|-------|-------------|
| Zonas de no representación | Pasillo y vestíbulo | 263,2 | 126 | 204 | 1,024 | 4,5 |
| | Aseo 1 | 74,8 | 9 | 293 | 2,837 | 4,5 |
| | Aseo 2 | 74,8 | 9 | 273 | 3,044 | 4,5 |
| Zonas de representación | Sala de ejercicio | 106,8 | 37,5 | 343 | 0,830 | 10 |
| | Sala de reuniones | 390 | 75 | 616 | 0,844 | 10 |
| | Sala de lectura | 444 | 72 | 556 | 1,109 | 6 |
| | Estanterías | 148 | 18 | 571 | 1,440 | 6 |
| | Sala de descanso | 186 | 60 | 209 | 1,483 | 10 |
| | Salón | 355,5 | 156 | 266 | 0,857 | 10 |
| | Sala de talleres | 292,8 | 37,5 | 511 | 1,528 | 10 |

Como vemos, todas las zonas del local social, su VEEI queda por debajo del que dicta la normativa, por lo que nuestra instalación interior es válida en términos energéticos.