

ANEJO Nº 15 – CÁLCULOS ELECTROTÉCNICOS

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1			
2.	INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE MEDIA TENSIÓN.....	1			
2.1	NORMATIVA CONSIDERADA	1			
2.2	GESTIONES PREVIAS CON LA CSE.....	2			
2.2.1	PARÁMETROS DE RED CSE.....	2			
2.3	ACOMETIDA ELÉCTRICA EN MEDIA TENSIÓN	2			
2.3.1	DATOS GENERALES DE LAS INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN	2			
2.3.2	CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES A EMPLEAR	2			
2.3.3	CÁLCULOS ELECTROTÉCNICOS EN MEDIA TENSIÓN	3			
2.3.4	CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA LINEA DE MEDIA TENSIÓN.....	4			
2.3.4.1	Resumen de fórmulas.	4			
2.3.4.2	Apoyo adoptado.....	15			
2.3.4.3	Datos generales de la instalación.	20			
2.3.4.4	Distancias de seguridad.....	20			
2.3.4.5	Cruzamientos.	21			
2.3.4.6	Angulo de desviación de la cadena de suspensión.....	21			
2.3.4.7	Tensiones y flechas en hipótesis reglamentarias.	22			
2.3.4.8	Tensiones y flechas de tendido.	23			
2.3.4.9	Cálculo de apoyos.....	23			
2.3.4.10	Apoyos adoptados.....	23			
2.3.4.11	Crucetas adoptadas.....	23			
2.3.4.12	Cálculo de cimentaciones.....	24			
2.3.4.13	Cálculo de cadenas de aisladores.....	24			
2.3.4.14	Cálculo de esfuerzos verticales sin sobrecarga.	24			
2.3.5	CARACTERÍSTICAS DEL APOYO SOBRE EL QUE SE INSTALA EL CTI (PT).....	25			
2.3.6	CUMPLIMIENTO DE LAS INSTRUCCIONES TÉCNICAS ITC-LAT-09 Y LA ITC – RAT – 20.....	25			
3.	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	25			
3.1	PREVISIÓN DE POTENCIA EN TRANSFORMACIÓN	25			
3.1.1	POTENCIA TOTAL DEMANDADA	27			
3.2	JUSTIFICACIÓN DE INTENSIDADES EN LOS DEVANADOS	27			
3.3	ANÁLISIS DE CORRIENTE EN CORTOCIRCUITO.....	27			
3.3.1	OBSERVACIONES.....	27			
3.3.2	CÁLCULO DE CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO.....	28			
3.3.3	CORTOCIRCUITO EN EL LADO DE ALTA TENSIÓN.....	28			
3.3.4	CORTOCIRCUITO EN EL LADO DE BAJA TENSIÓN.....	28			
3.4	JUSTIFICACIÓN DE LAS PROTECCIONES SELECCIONADAS	28			
3.5	PREVISIÓN DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.....	28			
3.5.1	CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DEL TERRENO.....	28			
3.5.2	DETERMINACIÓN DE LAS CORRIENTES MÁXIMAS DE PUESTA A TIERRA Y DEL TIEMPO MÁXIMO CORRESPONDIENTE A LA ELIMINACIÓN DEL DEFECTO.....	28			
3.5.3	DISEÑO PRELIMINAR DEL SISTEMA DE TIERRAS.....	29			
3.5.3.1	Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.....	29			
3.5.3.2	Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación.....	30			
3.5.3.3	Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.....	30			
3.5.3.4	Cálculo de las tensiones aplicadas.....	31			
3.5.3.5	Investigación de las tensiones transferibles al exterior.....	31			
4.	INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN.....	32			
4.1	INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN.....	32			
4.1.1	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	32			
4.2	CUADROS ELÉCTRICOS.....	32			
4.2.1	CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN, MANDO Y PROTECCIÓN.....	32			
4.2.2	PARTICULARIDADES DE ALGUNAS SALIDAS A RECEPTORES.....	33			
4.3	CÁLCULO DEL SISTEMA DE COMPENSACIÓN DE REACTIVA	33			
4.4	TOMAS DE TIERRA	34			
4.5	CONEXIONADO DEL CONDUCTOR DE PROTECCIÓN.....	34			
4.6	INSTALACIÓN INTERIOR.....	35			
4.7	ALUMBRADO	35			
4.8	TOMAS DE CORRIENTE.....	35			
4.9	CÁLCULOS ELÉCTRICOS.....	35			
4.9.1	NORMAS GENERALES DE APLICACIÓN PARA EL CÁLCULO.....	35			
4.9.2	CÁLCULO POR DENSIDAD DE CORRIENTE.....	36			
4.9.3	CÁLCULO POR CAÍDA DE TENSIÓN.....	37			
4.10	CABLEADO A RECEPTORES.....	37			
4.10.1	ALIMENTACIÓN A CUADROS SECUNDARIOS.....	37			
4.10.2	CABLES DE ALIMENTACIÓN A MOTORES.....	37			
4.10.3	CABLES DE ALUMBRADO VIALES.....	38			

4.10.4	CANALIZACIONES TIPO ZANJA	38
4.11	ALUMBRADO EXTERIOR	38
4.11.1	OBJETO	38
4.11.2	NORMATIVA	38
4.11.3	FICHA INFORMATIVA.....	38
4.11.4	CARACTERÍSTICAS DE LA ILUMINACIÓN	39
4.11.5	RESULTADOS LUMINOTÉCNICOS.....	40
4.12	RESULTADOS CALCULOS ELECTRICOS.	40
4.12.1	CÁLCULOS DE PUESTA A TIERRA.....	40
4.12.2	RESULTADO DE CÁLCULOS ELÉCTRICOS EDAR.	40
4.12.3	RESULTADO DE CÁLCULOS ELÉCTRICOS EBAR.....	52

1. INTRODUCCIÓN

El objeto del anejo es el de definir y justificar las instalaciones eléctricas que se proyectan, para el adecuado funcionamiento de la obra.

Las instalaciones a realizar son las siguientes:

EDAR:

- Infraestructura eléctrica en media tensión.
- Centro de Transformación
- Infraestructura eléctrica en Baja Tensión
- Cuadro General de Distribución en Baja Tensión.
- Subcuadros de distribución de Fuerza y Alumbrado.
- Líneas de distribución de Fuerza y Alumbrado.
- Instalación de Alumbrado normal, vigilancia y emergencia.
- Red de tierras.

La acometida a la EDAR se realizará en baja tensión, para lo cual será necesario ejecutar una derivación de la línea de media tensión existente, y la instalación de un centro de transformación intemperie, desde el cual se acometa a la EDAR el suministro en baja tensión. Las instalaciones de extensión de la red existente serán cedidas a la compañía suministradora Endesa Distribución Eléctrica, S.L.U. y la facturación se llevará a cabo en baja tensión.

EBAR:

La acometida a la EBAR se realizará mediante una extensión de la red de Baja Tensión propuesta para la EDAR.

2. INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE MEDIA TENSIÓN

2.1 NORMATIVA CONSIDERADA

- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que aprueban el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión.

- 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 842/2002 de 2 de agosto de 2002 por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.
- 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.
- Guía de aplicación de pararrayos autoválvulas 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.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Código Técnico de la Edificación y sus Documentos Básicos.
- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados y Ordenanzas Municipales.

2.2 GESTIONES PREVIAS CON LA CSE

Se realiza solicitud de suministro eléctrico a la compañía Endesa Distribución Eléctrica, y se recibe contestación a la misma, indicando la infraestructura de extensión necesaria a ejecutar para atender a cada uno de los suministros, EDAR y EBAR, así como sus condiciones.

Se adjunta al presente documento copia de las solicitudes, así como cartas de condiciones recibidas.

2.2.1 PARÁMETROS DE RED CSE

Los parámetros adoptados son los siguientes:

- Tensión de la línea: 25 kV.
- Frecuencia de 50Hz.
- Potencia de cortocircuito: 500 MVA
- Tiempo de duración: 0.5 s

2.3 ACOMETIDA ELÉCTRICA EN MEDIA TENSIÓN

Esta infraestructura es tanto para la EDAR como para la EBAR propuesta. Las instalaciones de extensión de red propuestas por la compañía distribuidora (eDistribución Redes Digitales S.L.) son las siguiente:

- En el Tramo de M.T. ubicado apoyo A751029 de la línea de MT VILLDPARDO perteneciente a la SET VALDIVIE. El conductor existente es LA-110 a la tensión de 25000V Voltios.
- Las instalaciones a ejecutar son un Centro de Transformación y LAMT particular con conductor LA-56 para alimentar la parcela petición de suministro.



2.3.1 DATOS GENERALES DE LAS INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN

La acometida en media tensión constará de una derivación aérea de la red de media tensión existente en la zona, a la tensión de 25 KV y frecuencia de 50Hz, y longitud total de 987 m. Se entroncará en el apoyo existente en vano flojo, y a partir de ahí la LAMT proyectada constará de diez vanos de 100 m. de longitud cada uno:

En el primer apoyo instalado se colocarán seccionadores unipolares de tipo intemperie para la maniobra. El conductor será LA-56.

2.3.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES A EMPLEAR

CONDUCTOR

Denominación: LA-56 (47-AL1/8ST1A).
Sección: 54.6 mm².
Diámetro: 9.45 mm.
Carga de Rotura: 1640 daN.
Módulo de elasticidad: 7900 daN/mm².

Coeficiente de dilatación lineal: $19.1 \cdot 10^{-6}$.

Peso propio: 0.185 daN/m.

Peso propio más sobrecarga de viento: 0,596 daN/m.

Peso propio más sobrecarga con la mitad del viento: 0,339 daN/m.

Peso propio más sobrecarga de hielo (Zona B): 0,738 daN/m.

Peso propio más sobrecarga de hielo (Zona C): 1,292 daN/m.

APOYOS Y CRUCETAS:

NUDO	TIPO	CONSTITUCIÓN	COEFICIENTE SEGURIDAD	ALTURA (m)	ESFUERZO NOMINAL (daN)	CRUCETA	AISLADORES
1	ENTRONQUE						
2	FIN DE LINEA	CELOSIA RECTO	Normal	10	2000	HORIZONTAL ATIRANTADO	U40B
3	ALINEACIÓN SUSPENSIÓN	CELOSIA RECTO	Normal	14	500	TREBOLILLO ATIRANTADO	U40B
4	ALINEACIÓN SUSPENSIÓN	CELOSIA RECTO	Normal	14	500	TREBOLILLO ATIRANTADO	U40B
5	ALINEACIÓN AMARRE	CELOSIA RECTO	Normal	14	500	TREBOLILLO ATIRANTADO	U40B
6	ALINEACIÓN SUSPENSIÓN	CELOSIA RECTO	Normal	14	500	TREBOLILLO ATIRANTADO	U40B
7	ALINEACIÓN SUSPENSIÓN	CELOSIA RECTO	Normal	14	500	TREBOLILLO ATIRANTADO	U40B
8	ALINEACIÓN AMARRE	CELOSIA RECTO	Normal	14	500	TREBOLILLO ATIRANTADO	U40B
9	ALINEACIÓN SUSPENSIÓN	CELOSIA RECTO	Normal	14	500	TREBOLILLO ATIRANTADO	U40B
10	ALINEACIÓN AMARRE	CELOSIA RECTO	Reforzado	14	500	TREBOLILLO ATIRANTADO	U40B
11	ALINEACIÓN SUSPENSIÓN	CELOSIA RECTO	Reforzado	16	500	TREBOLILLO ATIRANTADO	U40B
12	FIN DE LINEA CON CT Intemperie	CELOSIA RECTO	Reforzado	10	2000	HORIZONTAL ATIRANTADO	U40B

2.3.3 CÁLCULOS ELECTROTÉCNICOS EN MEDIA TENSIÓN

A continuación, se presentan los cálculos electrotécnicos de la línea aérea de media tensión proyectada. La misma se ha calculado para una potencia de **50 KVA**. La potencia es la máxima instalada en el transformador intemperie. En el apartado de potencia prevista en la instalación.

Fórmulas Generales

Emplearemos las siguientes:

$$I = S \times 1000 / 1,732 \times U = \text{Amperios (A)}$$

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

En donde:

I = Intensidad en Amperios.

e = Caída de tensión en Voltios.

S = Potencia de cálculo en kVA.

U = Tensión de servicio en voltios.

s = Sección del conductor en mm².

L = Longitud de cálculo en metros.

K = Conductividad a 20°. Cobre 56. Aluminio 35. Aluminio-Acero 28. Aleación Aluminio 31.

cos ϕ = Coseno de ϕ . Factor de potencia.

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

n = N° de conductores por fase.

Fórmulas Cortocircuito

$$* I_{pccM} = S_{cc} \times 1000 / 1,732 \times U$$

Siendo:

I_{pccM}: Intensidad permanente de c.c. máxima de la red en Amperios.

S_{cc}: Potencia de c.c. en MVA.

U: Tensión nominal en kV.

$$* I_{cccs} = K_c \times S / (t_{cc})^{1/2}$$

Siendo:

I_{cccs}: Intensidad de c.c. en Amperios soportada por un conductor de sección "S", en un tiempo determinado "t_{cc}".

S: Sección de un conductor en mm².

t_{cc}: Tiempo máximo de duración del c.c., en segundos.

K_c: Cte del conductor que depende de la naturaleza y del aislamiento.

Las características generales de la red son:

Tensión(V): 25000

C.d.t. máx.(%): 5

cos ϕ : 0,8

Coef. Simultaneidad: 1

Temperatura cálculo conductividad eléctrica (°C):

- Conductores aislados: 20

- Conductores desnudos: 50

Constante cortocircuito K_c:

- PVC, Sección ≤ 300 mm². K_{cCu} = 115, K_{cAl} = 76

- PVC, Sección > 300 mm². K_{cCu} = 102, K_{cAl} = 68

- XLPE. K_{cCu} = 143, K_{cAl} = 94

- EPR. K_{cCu} = 143, K_{cAl} = 94

- HEPR, U_o/U $> 18/30$. K_{cCu} = 143, K_{cAl} = 94

- HEPR, U_o/U $\leq 18/30$. K_{cCu} = 135, K_{cAl} = 89

- Desnudos. K_{cCu} = 164, K_{cAl} = 107, K_{cAl-Ac} = 135

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ (mΩ/m)	Xu	Canal.	Desig. UNE	Polar.	I. Cálculo (A)	Sección (mm ²)	D. tubo (mm)	I. Admisi. (A)/Fci
1	1	13	989	Al-Ac/0,33		Desnudos		Unip.	1,15	3x74,4		243/1

Nudo	C.d.t. (V)	Tensión Nudo (V)	C.d.t. (%)	Carga Nudo
1	0	25.000	0	0 A(0 kVA)
13	-1,243	24.998,758	0,005*	-1,155 A(-50 KVA)

NOTA: - * Nudo de mayor c.d.t.

A continuación, se muestran las pérdidas de potencia activa en kW.

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Pérdida Potencia Activa Rama.3RI ² (kW)	Pérdida Potencia Activa Total Itinerario.3RI ² (kW)
1	1	13	0,003	0,003

Resultados obtenidos para las protecciones:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Un (kV)	U1 (kV)	U2 (kV)	Fusibles;In (Amp)	I.Aut;In/IReg (Amp)	I-Secc;In/Iter/IFus (Amp)
1	1	13	36	170	70			200/10/10

In(A). Intensidad nominal del elemento de protección o corte.

Ireg(A). Intensidad de regulación del relé térmico del interruptor automático.

Iter(A). Intensidad nominal del relé térmico asociado al elemento de corte (seccionador interruptor).

IFus(A). Intensidad nominal de los fusibles asociados al elemento de corte (seccionador interruptor).

Resultados obtenidos para las Autoválvulas-Pararrayos:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	In (kA)	Un (kV)	U1 (kV)	U2 (kV)
1	1	13	10	36	170	70

In(kA). Intensidad nominal de la autoválvula-pararrayos.

Un(kV). Tensión más elevada de la red.

U1(kV). Tensión de ensayo al choque con onda de impulso de 1,2/50 microsegundos. kV Cresta.

U2(kV). Tensión de ensayo a frecuencia industrial 50 Hz, bajo lluvia durante un minuto. kV Eficaces.

Caída de tensión total en los distintos itinerarios:

$$1-13 = 0 \%$$

Según la configuración de la red, se obtienen los siguientes resultados del cálculo a cortocircuito:

$$S_{cc} = 500 \text{ MVA.}$$

$$U = 25 \text{ kV.}$$

$$t_{cc} = 0,5 \text{ s.}$$

$$I_{pccM} = 11.547,34 \text{ A.}$$

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Sección (mm ²)	Icccs (A)	Prot. térmica/In	PdeC (kA)
1	1	13	3x74,4	14.204,36	200	16

2.3.4 CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA LINEA DE MEDIA TENSIÓN

2.3.4.1 Resumen de fórmulas.

2.3.4.1.1 Tensión máxima en un vano (apdo. 3.2.1).

La tensión máxima en un vano se produce en los puntos de fijación del conductor a los apoyos.

$$T_A = P_0 \cdot Y_A = P_0 \cdot c \cdot \cosh(X_A/c) = P_0 \cdot c \cdot \cosh[(X_m - a/2) / c]$$

$$T_B = P_0 \cdot Y_B = P_0 \cdot c \cdot \cosh(X_B/c) = P_0 \cdot c \cdot \cosh[(X_m + a/2) / c]$$

$$P_v = K \cdot d / 1000 \quad K=60 \cdot (v/120)^2 \text{ daN/m}^2 \text{ si } d \leq 16 \text{ mm y } v \geq 120 \text{ Km/h}$$

$$K=50 \cdot (v/120)^2 \text{ daN/m}^2 \text{ si } d > 16 \text{ mm y } v \geq 120 \text{ Km/h}$$

$$P_{vh} = K \cdot D / 1000 \quad K=60 \cdot (v/120)^2 \text{ daN/m}^2 \text{ si } d \leq 16 \text{ mm y } v \geq 60 \text{ Km/h}$$

$$K=50 \cdot (v/120)^2 \text{ daN/m}^2 \text{ si } d > 16 \text{ mm y } v \geq 60 \text{ Km/h}$$

$$P_h = K \cdot \sqrt{d} \quad K=0,18 \text{ Zona B}$$

$$K=0,36 \text{ Zona C}$$

$$P_0 = \sqrt{(P_p^2 + P_v^2)} \quad \text{Zona A, B y C. Hipótesis de viento.}$$

$$P_0 = P_p + P_h \quad \text{Zonas B y C. Hipótesis de hielo.}$$

$$P_0 = \sqrt{[(P_p + P_h)^2 + P_{vh}^2]} \quad \text{Zonas B y C. Hipótesis de hielo + viento.}$$

Cuando sea requerida por la empresa eléctrica.

$$c = T_{0h} / P_0$$

$$X_m = c \cdot \ln[z + \sqrt{(1+z^2)}]$$

$$z = h / (2 \cdot c \cdot \sinh a/2c)$$

Siendo:

v = Velocidad del viento (Km/h).

T_A = Tensión total del conductor en el punto de fijación al primer apoyo del vano (daN).

T_B = Tensión total del conductor en el punto de fijación al segundo apoyo del vano (daN).

P₀ = Peso total del conductor en las condiciones más desfavorables (daN/m).

P_p = Peso propio del conductor (daN/m).

P_v = Sobrecarga de viento (daN/m).

P_{vh} = Sobrecarga de viento incluido el manguito de hielo (daN/m).

P_h = Sobrecarga de hielo (daN/m).

d = diámetro del conductor (mm).

D = diámetro del conductor incluido el espesor del manguito de hielo (mm).

$Y = c \cdot \cosh(x/c)$ = Ecuación de la catenaria.

c = constante de la catenaria.

Y_A = Ordenada correspondiente al primer apoyo del vano (m).

Y_B = Ordenada correspondiente al segundo apoyo del vano (m).

X_A = Abcisa correspondiente al primer apoyo del vano (m).

X_B = Abcisa correspondiente al segundo apoyo del vano (m).

X_m = Abcisa correspondiente al punto medio del vano (m).

a = Proyección horizontal del vano (m).

h = Desnivel entre los puntos de fijación del conductor a los apoyos (m).

T_{0h} = Componente Horizontal de la Tensión en las condiciones más desfavorables o Tensión Máxima Horizontal (daN). Es constante en todo el vano.

2.3.4.1.2 Vano de regulación

Para cada tramo de línea comprendida entre apoyos con cadenas de amarre, el vano de regulación se obtiene del siguiente modo:

$$a_r = \sqrt{(\sum a^3 / \sum a)}$$

2.3.4.1.3 Tensiones y flechas de la línea en determinadas condiciones. Ecuación del cambio de condiciones.

Partiendo de una situación inicial en las condiciones de tensión máxima horizontal (T_{0h}), se puede obtener una tensión horizontal final (T_h) en otras condiciones diferentes para cada vano de regulación (tramo de línea), y una flecha (F) en esas condiciones finales, para cada vano real de ese tramo.

La tensión horizontal en unas condiciones finales dadas, se obtiene mediante la Ecuación del Cambio de Condiciones:

$$[\delta \cdot L_0 \cdot (t - t_0)] + [L_0 / (S \cdot E) \cdot (T_h - T_{0h})] = L - L_0$$

$$L_0 = c_0 \cdot \sinh[(X_{m0} + a/2) / c_0] - c_0 \cdot \sinh[(X_{m0} - a/2) / c_0]$$

$$c_0 = T_{0h} / P_0 ; X_{m0} = c_0 \cdot \ln[z_0 + \sqrt{(1 + z_0^2)}]$$

$$z_0 = h / (2 \cdot c_0 \cdot \sinh a / 2c_0)$$

$$L = c \cdot \sinh[(X_m + a/2) / c] - c \cdot \sinh[(X_m - a/2) / c]$$

$$c = T_h / P ; X_m = c \cdot \ln[z + \sqrt{(1 + z^2)}]$$

$$z = h / (2 \cdot c \cdot \sinh a / 2c)$$

Siendo:

δ = Coeficiente de dilatación lineal.

L_0 = Longitud del arco de catenaria en las condiciones iniciales para el vano de regulación (m).

L = Longitud del arco de catenaria en las condiciones finales para el vano de regulación (m).

t_0 = Temperatura en las condiciones iniciales (°C).

t = Temperatura en las condiciones finales (°C).

S = Sección del conductor (mm²).

E = Módulo de elasticidad (daN/mm²).

T_{0h} = Componente Horizontal de la Tensión en las condiciones más desfavorables o Tensión Máxima Horizontal (daN).

T_h = Componente Horizontal de la Tensión o Tensión Horizontal en las condiciones finales consideradas, para el vano de regulación (daN).

$a = a_r$ (vano de regulación, m).

h = Desnivel entre los puntos de fijación del conductor a los apoyos, en tramos de un solo vano (m).

$h = 0$, para tramos compuestos por más de un vano.

Obtención de la flecha en las condiciones finales (F), para cada vano real de la línea:

$$F = Y_B - [h/a \cdot (X_B - X_{fm})] - Y_{fm}$$

$$X_{fm} = c \cdot \ln[h/a + \sqrt{(1 + (h/a)^2)}]$$

$$Y_{fm} = c \cdot \cosh(X_{fm}/c)$$

Siendo:

Y_B = Ordenada de uno de los puntos de fijación del conductor al apoyo (m).

X_B = Abcisa de uno de los puntos de fijación del conductor al apoyo (m).

Y_{fm} = Ordenada del punto donde se produce la flecha máxima (m).

X_{fm} = Abcisa del punto donde se produce la flecha máxima (m).

h = Desnivel entre los puntos de fijación del conductor a los apoyos (m).

a = proyección horizontal del vano (m).

2.3.4.1.3.1 Tensión máxima

Condiciones iniciales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones.

a) Zona A.

- Tracción máxima viento.

$t = -5\text{ °C}$.

Sobrecarga: viento (P_V).

b) Zona B.

- Tracción máxima viento.

$t = -10\text{ °C}$.

Sobrecarga: viento (P_V).

- Tracción máxima hielo.

$t = -15\text{ °C}$.

Sobrecarga: hielo (P_H).

- Tracción máxima hielo + viento. (Cuando sea requerida por la empresa eléctrica).

$t = -15\text{ °C}$.

Sobrecarga: viento (P_{Vh}).

Sobrecarga: hielo (P_H).

c) Zona C.

- Tracción máxima viento.

$t = -15\text{ °C}$.

Sobrecarga: viento (P_V).

- Tracción máxima hielo.

$t = -20\text{ °C}$.

Sobrecarga: hielo (P_H).

- Tracción máxima hielo + viento. (Cuando sea requerida por la empresa eléctrica).

$t = -20\text{ °C}$.

Sobrecarga: viento (P_{Vh}).

Sobrecarga: hielo (P_H).

2.3.4.1.3.2 Flecha máxima

Condiciones finales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones.

a) Hipótesis de viento.

$t = +15\text{ °C}$.

Sobrecarga: Viento (P_V).

b) Hipótesis de temperatura.

$t = +50\text{ °C}$.

Sobrecarga: ninguna.

c) Hipótesis de hielo.

$t = 0\text{ °C}$.

Sobrecarga: hielo (P_H).

Zona A: Se consideran las hipótesis a) y b).

Zonas B y C: Se consideran las hipótesis a), b) y c).

2.3.4.1.3.3 Flecha mínima.

Condiciones finales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones.

a) Zona A.

$t = -5\text{ °C}$.

Sobrecarga: ninguna.

b) Zona B.

$t = -15\text{ °C}$.

Sobrecarga: ninguna.

c) Zona C.

$t = -20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Sobrecarga: ninguna.

2.3.4.1.3.4 Desviación cadena aisladores.

Condiciones finales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones.

$t = -5\text{ }^{\circ}\text{C}$ en zona A, $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ en zona B y $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ en zona C.

Sobrecarga: mitad de Viento ($P_V/2$).

2.3.4.1.3.5 Hipótesis de Viento. Cálculo de apoyos.

Condiciones finales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones.

$t = -5\text{ }^{\circ}\text{C}$ en zona A, $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ en zona B y $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ en zona C.

Sobrecarga: Viento (P_V).

2.3.4.1.3.6 Tendido de la línea.

Condiciones finales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones.

$t = -20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Sólo zona C).

$t = -15\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Sólo zonas B y C).

$t = -10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Sólo zonas B y C).

$t = -5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

$t = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

$t = +5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

$t = +10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

$t = +15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

$t = +20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

$t = +25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

$t = +30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

$t = +35\text{ }^{\circ}\text{C}$.

$t = +40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

$t = +45\text{ }^{\circ}\text{C}$.

$t = +50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Sobrecarga: ninguna.

2.3.4.1.4 Límite dinámico "EDS".

$$EDS = (T_h / Q_r) \cdot 100 < 15$$

Siendo:

EDS = Every Day Estress, esfuerzo al cual están sometidos los conductores de una línea la mayor parte del tiempo, correspondiente a la temperatura media o a sus proximidades, en ausencia de sobrecarga.

T_h = Componente Horizontal de la Tensión o Tensión Horizontal en las condiciones finales consideradas, para el vano de regulación (daN). Zonas A, B y C, $t^a = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sobrecarga: ninguna.

Q_r = Carga de rotura del conductor (daN).

2.3.4.1.5 Hipótesis cálculo de apoyos

Apoyos de líneas situadas en zona A (Altitud inferior a 500 m).

TIPO DE APOYO	TIPO DE ESFUERZO	HIPOTESIS 1ª (Viento)	HIPOTESIS 2ª (Hielo)	HIPOTESIS 3ª (Des. Tracciones)	HIPOTESIS 4ª (Rotura cond.)
Alineación Suspensión	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca-nc}$		Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca-nc}$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} - P_{cvr} + P_{ca-nc}$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) $T = F_{vc} + E_{ca-nc}$			
	L			Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.1) $L = D_{tv}$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.1) $L_t = Rot_v$
Alineación Amarre	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca-nc}$		Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca-nc}$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} - P_{cvr} + P_{ca-nc}$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) $T = F_{vc} + E_{ca-nc}$			
	L			Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.2) $L = D_{tv}$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.2) $L_t = Rot_v$
Angulo Suspensión	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca-nc}$		Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca-nc}$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} - P_{cvr} + P_{ca-nc}$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = F_{vc} + E_{ca-nc} + R_{avT}$		Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = R_{avdT}$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = R_{avT}$
	L			Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{avdL}$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{avL}; L_t = Rot_v$



Angulo Amarre	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = Pcv + Pca-nc$		Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = Pcv + Pca-nc$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = Pcv - Pcvr + Pca-nc$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = Fvc + Eca-nc + RavT$		Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = RavdT$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = RavrT$
	L	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = RavL$		Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = RavdL$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = RavrL ; Lt = Rotv$
Anclaje Alineación	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = Pcv + Pca-nc$		Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = Pcv + Pca-nc$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = Pcv - Pcvr + Pca-nc$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) $T = Fvc + Eca-nc$			
	L			Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.3) $L = Dtv$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.3) $Lt = Rotv$
Anclaje Angulo y Estrellam.	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = Pcv + Pca-nc$		Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = Pcv + Pca-nc$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = Pcv - Pcvr + Pca-nc$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = Fvc + Eca-nc + RavT$		Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.3) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = RavdT$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.3) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = RavrT$
	L	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = RavL$		Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.3) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = RavdL$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.3) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = RavrL ; Lt = Rotv$
Fin de línea	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = Pcv + Pca-nc$			Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = Pcv - Pcvr + Pca-nc$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) $T = Fvc + Eca-nc$			
	L	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.4) $L = Dtv$			Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.4) $Lt = Rotv$

V = Esfuerzo vertical T = Esfuerzo transversal L = Esfuerzo longitudinal Lt = Esfuerzo de torsión

Para la determinación de las tensiones de los conductores se considerarán sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 Km/h y a la temperatura de -5 °C.

En los apoyos de alineación y ángulo con cadenas de suspensión y amarre se prescinde de la 4ª hipótesis si se verifican simultáneamente las siguientes condiciones (apdo. 3.5.3) :

- Tensión nominal de la línea hasta 66 kV.
- La carga de rotura del conductor es inferior a 6600 daN.
- Los conductores tienen un coeficiente de seguridad de 3, como mínimo.
- El coeficiente de seguridad de los apoyos y cimentaciones en la hipótesis tercera es el correspondiente a las hipótesis normales.
- Se instalen apoyos de anclaje cada 3 kilómetros como máximo.

Apoyos de líneas situadas en zonas B y C (Altitud igual o superior a 500 m).

TIPO DE APOYO	TIPO DE ESFUERZO	HIPOTESIS 1ª (Viento)	HIPOTESIS 2ª (Hielo)	HIPOTESIS 3ª (Des. Tracciones)	HIPOTESIS 4ª (Rotura cond.)
Alineación Suspensión	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = Pcv + Pca-nc$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = Pch + Pca-nc$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = Pch + Pca-nc$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = Pch - Pchr + Pca-nc$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) $T = Fvc + Eca-nc$			
	L			Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.1) $L = Dth$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.1) $Lt = Roth$
Alineación Amarre	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = Pcv + Pca-nc$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = Pch + Pca-nc$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = Pch + Pca-nc$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = Pch - Pchr + Pca-nc$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) $T = Fvc + Eca-nc$			
	L			Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.2) $L = Dth$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.2) $Lt = Roth$
Angulo Suspensión	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = Pcv + Pca-nc$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = Pch + Pca-nc$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = Pch + Pca-nc$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = Pch - Pchr + Pca-nc$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = Fvc + Eca-nc + RavT$	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = RahT$	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = RahdT$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = RahrT$
	L			Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = RahdL$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = RahrL ; Lt = Roth$
Angulo Amarre	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = Pcv + Pca-nc$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = Pch + Pca-nc$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = Pch + Pca-nc$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = Pch - Pchr + Pca-nc$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = Fvc + Eca-nc + RavT$	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = RahT$	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = RahdT$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = RahrT$
	L	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = RavL$	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = RahL$	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = RahdL$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = RahrL ; Lt = Roth$
Anclaje Alineación	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = Pcv + Pca-nc$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = Pch + Pca-nc$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = Pch + Pca-nc$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = Pch - Pchr + Pca-nc$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) $T = Fvc + Eca-nc$			
	L			Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.3) $L = Dth$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.3) $Lt = Roth$

Anclaje Angulo y Estrellam.	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = Pcv + Pca-nc$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = Pch + Pca-nc$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = Pch + Pca-nc$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = Pch - Pchr + Pca-nc$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = Fvc + Eca-nc + RavT$	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = RahT$	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.3) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = RahdT$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.3) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = RahrT$
	L	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = RavL$	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = RahL$	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.3) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = RahdL$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.3) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = RahrL ; Lt = Roth$
Fin de línea	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = Pcv + Pca-nc$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = Pch + Pca-nc$		Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = Pch - Pchr + Pca-nc$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) $T = Fvc + Eca-nc$			
	L	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.4) $L = Dtv$	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.4) $L = Dth$		Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.4) $Lt = Roth$

V = Esfuerzo vertical T = Esfuerzo transversal L = Esfuerzo longitudinal Lt = Esfuerzo de torsión

Para la determinación de las tensiones de los conductores se considerará: Hipótesis 1ª : Sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 Km/h y a la temperatura de -10 °C en zona B y -15 °C en zona C. Resto hipótesis : Sometidos a una sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3) y a la temperatura de -15 °C en zona B y -20 °C en zona C. En los apoyos de alineación y ángulo con cadenas de suspensión y amarre se prescinde de la 4ª hipótesis si se verifican simultáneamente las siguientes condiciones (apdo. 3.5.3) : - Tensión nominal de la línea hasta 66 kV. - La carga de rotura del conductor es inferior a 6600 daN. - Los conductores tienen un coeficiente de seguridad de 3, como mínimo. - El coeficiente de seguridad de los apoyos y cimentaciones en la hipótesis tercera es el correspondiente a las hipótesis normales. - Se instalen apoyos de anclaje cada 3 kilómetros como máximo.

2.3.4.1.5.1 Cargas permanentes

Se considerarán las cargas verticales debidas al peso de los distintos elementos: conductores con sobrecarga (según hipótesis), aisladores, herrajes.

En todas las hipótesis en zona A y en la hipótesis de viento en zonas B y C, el peso que gravita sobre los apoyos debido al conductor y su sobrecarga "Pcv" será:

$$Pcv = Lv \cdot Ppv \cdot \cos \alpha \cdot n \text{ (daN)}$$

$$Pcvr = Lv \cdot Ppv \cdot \cos \alpha \cdot nr \text{ (daN)}$$

Siendo:

Lv = Longitud del conductor que gravita sobre el apoyo en las condiciones de -5 °C (zona A), -10 °C (zona B) o -15 °C (zona C) con sobrecarga de viento (m).

Ppv = Peso propio del conductor con sobrecarga de viento (daN/m).

Pcvr = Peso que gravita sobre los apoyos de los conductores rotos con sobrecarga de viento para la 4ª hipótesis (daN).

α = Angulo que forma la resultante del viento con el peso propio del conductor.

n = número total de conductores.

nr = número de conductores rotos en la 4ª hipótesis.

En todas las hipótesis en zonas B y C, excepto en la hipótesis 1ª de Viento, el peso que gravita sobre los apoyos debido al conductor y su sobrecarga "Pch" será:

$$Pch = Lh \cdot Pph \cdot n \text{ (daN)}$$

$$Pchr = Lh \cdot Pph \cdot nr \text{ (daN)}$$

Siendo:

Lh = Longitud del conductor que gravita sobre el apoyo en las condiciones de -15 °C (zona B) o -20 °C (zona C) con sobrecarga de hielo (m).

Pph = Peso propio del conductor con sobrecarga de hielo (daN/m).

Pphr = Peso que gravita sobre los apoyos de los conductores rotos con sobrecarga de hielo para la 4ª hipótesis (daN).

n = número total de conductores.

nr = número de conductores rotos en la 4ª hipótesis.

En todas las zonas y en todas las hipótesis habrá que considerar el peso de los herrajes y la cadena de aisladores "Pca", así como el número de cadenas de aisladores del apoyo "nc".

2.3.4.1.5.2 Esfuerzos del viento

El esfuerzo del viento sobre los conductores "Fvc" en la hipótesis 1ª para las zonas A, B y C se obtiene de la siguiente forma:

Apoyos alineación

$$Fvc = (a_1 \cdot d_1 \cdot n_1 + a_2 \cdot d_2 \cdot n_2) / 2 \cdot k \text{ (daN)}$$

Apoyos fin de línea

$$Fvc = a/2 \cdot d \cdot n \cdot k \text{ (daN)}$$

Apoyos de ángulo y estrellamiento

$$Fvc = \sum a_p / 2 \cdot d_p \cdot n_p \cdot k \text{ (daN)}$$

Siendo:

a_1 = Proyección horizontal del conductor que hay a la izquierda del apoyo (m).

a_2 = Proyección horizontal del conductor que hay a la derecha del apoyo (m).

a = Proyección horizontal del conductor (m).

a_p = Proyección horizontal del conductor en la dirección perpendicular a la bisectriz del ángulo (apoyos de ángulo) y en la dirección perpendicular a la resultante (apoyos de estrellamiento) (m).

d, d_1, d_2, d_p = Diámetro del conductor(m).

n, n_1, n_2, n_p = nº de haces de conductores.

v = Velocidad del viento (Km/h).

$K = 60 \cdot (v/120)^2 \text{ daN/m}^2$ si $d \leq 16 \text{ mm}$ y $v \geq 120 \text{ Km/h}$

$K = 50 \cdot (v/120)^2 \text{ daN/m}^2$ si $d > 16 \text{ mm}$ y $v \geq 120 \text{ Km/h}$

- En la hipótesis 1ª para las zonas A, B y C habrá que considerar el esfuerzo del viento sobre los herrajes y la cadena de aisladores "Eca", así como el número de cadenas de aisladores del apoyo "nc".

2.3.4.1.5.3 Desequilibrio de tracciones

- En la hipótesis 1ª (sólo apoyos fin de línea) en zonas A, B y C y en la hipótesis 3ª en zona A (apoyos alineación, ángulo, estrellamiento y anclaje), el desequilibrio de tracciones "Dtv" se obtiene:

Apoyos de alineación con cadenas de suspensión.

$$Dtv = 8/100 \cdot T_h \cdot n \text{ (daN)}$$

$$Dtv = \text{Abs}((T_{h1} \cdot n_1) - (T_{h2} \cdot n_2)) \text{ (daN)}$$

Apoyos de alineación con cadenas de amarre.

$$Dtv = 15/100 \cdot T_h \cdot n \text{ (daN)}$$

$$Dtv = \text{Abs}((T_{h1} \cdot n_1) - (T_{h2} \cdot n_2)) \text{ (daN)}$$

Apoyos de ángulo con cadenas de suspensión.

$$Dtv = 8/100 \cdot T_h \cdot n \text{ (daN)}$$

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoyos de ángulo con cadenas de amarre.

$$Dtv = 15/100 \cdot T_h \cdot n \text{ (daN)}$$

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoyos de anclaje de alineación.

$$Dtv = 50/100 \cdot T_h \cdot n \text{ (daN)}$$

$$Dtv = \text{Abs}((T_{h1} \cdot n_1) - (T_{h2} \cdot n_2)) \text{ (daN)}$$

Apoyos de anclaje en ángulo y estrellamiento.

$$Dtv = 50/100 \cdot T_h \cdot n \text{ (daN)}$$

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoyos fin de línea

$$Dtv = 100/100 \cdot T_h \cdot n \text{ (daN)}$$

Siendo:

n, n_1, n_2 = número total de conductores.

T_h, T_{h1}, T_{h2} = Componente horizontal de la tensión en las condiciones de $-5\text{ }^\circ\text{C}$ (zona A), $-10\text{ }^\circ\text{C}$ (zona B) y $-15\text{ }^\circ\text{C}$ (zona C) con sobrecarga de viento (daN).

- En la hipótesis 2ª (fin de línea) y 3ª (alineación, ángulo, estrellamiento y anclaje) en zonas B y C, el desequilibrio de tracciones "Dth" se obtiene:

Apoyos de alineación con cadenas de suspensión.

$$Dth = 8/100 \cdot T_{0h} \cdot n \text{ (daN)}$$

$$Dth = \text{Abs}(T_{0h1} \cdot n_1) - (T_{0h2} \cdot n_2) \text{ (daN)}$$

Apoyos de alineación con cadenas de amarre.

$$Dth = 15/100 \cdot T_{0h} \cdot n \text{ (daN)}$$

$$Dth = \text{Abs}(T_{0h1} \cdot n_1) - (T_{0h2} \cdot n_2) \text{ (daN)}$$

Apoyos de ángulo con cadenas de suspensión.

$$Dth = 8/100 \cdot T_{0h} \cdot n \text{ (daN)}$$

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoyos de ángulo con cadenas de amarre.

$$Dth = 15/100 \cdot T_{0h} \cdot n \text{ (daN)}$$

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoyos de anclaje en alineación.

$$Dth = 50/100 \cdot T_{0h} \cdot n \text{ (daN)}$$

$$Dth = \text{Abs}(T_{0h1} \cdot n_1) - (T_{0h2} \cdot n_2) \text{ (daN)}$$

Apoyos de anclaje en ángulo y estrellamiento.

$$Dth = 50/100 \cdot T_{0h} \cdot n \text{ (daN)}$$

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoyos fin de línea

$$Dth = 100/100 \cdot T_{0h} \cdot n \text{ (daN)}$$

Siendo:

n, n_1, n_2 = número total de conductores.

T_{0h}, T_{0h1}, T_{0h2} = Componente horizontal de la tensión en las condiciones $-15\text{ }^\circ\text{C}$ (Zona B) y $-20\text{ }^\circ\text{C}$ (Zona C) con sobrecarga de hielo (daN).

2.3.4.1.5.4 Rotura de conductores

El esfuerzo debido a la rotura de conductores "Rotv" en zona A, aplicado en el punto donde produzca la sollicitación más desfavorable produciendo un esfuerzo de torsión, se obtiene:

Apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de suspensión

- Se prescinde siempre que se cumplan las condiciones especificadas en el apdo 3.5.3.

- Si no se cumplen esas condiciones, se considerará el esfuerzo unilateral correspondiente a la rotura de un solo conductor "Rotv", aplicado en el punto que produzca la sollicitación más desfavorable.

$$\text{Rotv} = T_{0h} \text{ (daN)}$$

Apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de amarre

- Se prescinde siempre que se cumplan las condiciones especificadas en el apdo 3.5.3.

- Si no se cumplen esas condiciones, se considerará el esfuerzo unilateral correspondiente a la rotura de un solo conductor "Rotv", aplicado en el punto que produzca la sollicitación más desfavorable.

$$\text{Rotv} = T_{0h} \text{ (daN)}$$

Apoyos de anclaje en alineación, anclaje en ángulo y estrellamiento

$$\text{Rotv} = T_{0h} \text{ (simplex, un sólo conductor por fase) (daN)}$$

$$\text{Rotv} = T_{0h} \cdot \text{ncf} \cdot 0,5 \text{ (dúplex, tríplex, cuadruplex; dos, tres o cuatro conductores por fase) (daN)}$$

Fin de línea

$$\text{Rotv} = T_{0h} \cdot \text{ncf} \text{ (daN)}$$

$$\text{Rotv} = 2 \cdot T_{0h} \cdot \text{ncf} \text{ (montaje tresbolillo y bandera) (daN)}$$

Siendo:

ncf = número de conductores por fase.

T_{0h} = Componente horizontal de la tensión en las condiciones de -5 °C (zona A), -10 °C (zona B) y -15 °C (zona C) con sobrecarga de viento (daN).

El esfuerzo debido a la rotura de conductores "Roth" en zonas B y C, aplicado en el punto donde produzca la sollicitación más desfavorable produciendo un esfuerzo de torsión, se obtiene:

Apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de suspensión

- Se prescinde siempre que se cumplan las condiciones especificadas en el apdo 3.5.3.
- Si no se cumplen esas condiciones, se considerará el esfuerzo unilateral correspondiente a la rotura de un solo conductor "Roth", aplicado en el punto que produzca la sollicitación más desfavorable.

$$\text{Roth} = T_{0h} \text{ (daN)}$$

Apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de amarre

- Se prescinde siempre que se cumplan las condiciones especificadas en el apdo 3.5.3.
- Si no se cumplen esas condiciones, se considerará el esfuerzo unilateral correspondiente a la rotura de un solo conductor "Roth", aplicado en el punto que produzca la sollicitación más desfavorable.

$$\text{Roth} = T_{0h} \text{ (daN)}$$

Apoyos de anclaje en alineación, anclaje en ángulo y estrellamiento

$$\text{Roth} = T_{0h} \text{ (simplex, un sólo conductor por fase) (daN)}$$

$$\text{Roth} = T_{0h} \cdot \text{ncf} \cdot 0,5 \text{ (dúplex, tríplex, cuadruplex; dos, tres o cuatro conductores por fase) (daN)}$$

Fin de línea

$$\text{Roth} = T_{0h} \cdot \text{ncf} \text{ (daN)}$$

$$\text{Roth} = 2 \cdot T_{0h} \cdot \text{ncf} \text{ (montaje tresbolillo y bandera) (daN)}$$

Siendo:

ncf = número de conductores por fase.

T_{0h} = Componente horizontal de la tensión en las condiciones de -15 °C (Zona B) y -20 °C (Zona C) con sobrecarga de hielo (daN).

2.3.4.1.5.5 Resultante de ángulo

El esfuerzo resultante de ángulo "Rav" de las tracciones de los conductores en la hipótesis 1ª para las zonas A, B y C se obtiene del siguiente modo:

$$\text{Rav} = \sqrt{(T_{h1} \cdot n_1)^2 + (T_{h2} \cdot n_2)^2 - 2 \cdot (T_{h1} \cdot n_1) \cdot (T_{h2} \cdot n_2) \cdot \cos [180 - \alpha]} \text{ (daN)}$$

El esfuerzo resultante de ángulo "Rav" se descompondrá en dos esfuerzos, uno en dirección longitudinal a la línea "RavL" y otro en dirección transversal a la línea "RavT".

Siendo:

n_1, n_2 = Número de conductores.

T_{h1}, T_{h2} = Tensiones horizontales en las condiciones de -5 °C (zona A), -10 °C (zona B) y -15 °C (zona C) con sobrecarga de viento (daN).

α = Angulo que forman T_{h1} y T_{h2} (gr. sexa.).

El esfuerzo resultante de ángulo "Rah" de las tracciones de los conductores en la hipótesis 2ª para las zonas B y C se obtiene del siguiente modo:

$$Rah = \sqrt{(T_{h1} \cdot n_1)^2 + (T_{h2} \cdot n_2)^2} - 2 \cdot (T_{h1} \cdot n_1) \cdot (T_{h2} \cdot n_2) \cdot \cos [180 - \alpha] \text{ (daN)}$$

El esfuerzo resultante de ángulo "Rah" se descompondrá en dos esfuerzos, uno en dirección longitudinal a la línea "RahL" y otro en dirección transversal a la línea "RahT".

Siendo:

n_1, n_2 = Número de conductores.

T_{h1}, T_{h2} = Tensiones horizontales en las condiciones de -15 °C (zona B) y -20 °C (zona C) con sobrecarga de hielo (daN).

α = Angulo que forman T_{h1} y T_{h2} (gr. sexa.).

El esfuerzo resultante de ángulo "Ravd" de las tracciones de los conductores en la hipótesis 3ª para la zona A se obtiene del siguiente modo:

$$Ravd = \sqrt{(T_{h1} \cdot n_1)^2 + (T_{h1} \cdot n_1 - Dtv)^2} - 2 \cdot (T_{h1} \cdot n_1) \cdot (T_{h1} \cdot n_1 - Dtv) \cdot \cos [180 - \alpha] \text{ (daN)}$$

El esfuerzo resultante de ángulo "Ravd" se descompondrá en dos esfuerzos, uno en dirección longitudinal a la línea "RavdL" y otro en dirección transversal a la línea "RavdT".

Siendo:

n_1 = Número de conductores.

T_{h1} = Tensiones horizontales en las condiciones de -5 °C (zona A), -10 °C (zona B) y -15 °C (zona C) con sobrecarga de viento (daN).

Dtv = Desequilibrio de tracciones en la hipótesis de viento.

α = Angulo que forman T_{h1} y $(T_{h1} - Dtv)$ (gr. sexa.).

El esfuerzo resultante de ángulo "Rahd" de las tracciones de los conductores en la hipótesis 3ª para las zonas B y C se obtiene del siguiente modo:

$$Rahd = \sqrt{(T_{h1} \cdot n_1)^2 + (T_{h1} \cdot n_1 - Dth)^2} - 2 \cdot (T_{h1} \cdot n_1) \cdot (T_{h1} \cdot n_1 - Dth) \cdot \cos [180 - \alpha] \text{ (daN)}$$

El esfuerzo resultante de ángulo "Rahd" se descompondrá en dos esfuerzos, uno en dirección longitudinal a la línea "RahdL" y otro en dirección transversal a la línea "RahdT".

Siendo:

n_1 = Número de conductores.

T_{h1} = Tensiones horizontales en las condiciones de -15 °C (zona B) y -20 °C (zona C) con sobrecarga de hielo (daN).

Dth = Desequilibrio de tracciones en la hipótesis de hielo.

α = Angulo que forman T_{h1} y $(T_{h1} - Dth)$ (gr. sexa.).

El esfuerzo resultante de ángulo "Ravr" de la rotura de conductores en la hipótesis 4ª para la zona A se obtiene del siguiente modo:

$$Ravr = \sqrt{(T_{h1} \cdot n_1)^2 + (T_{h2} \cdot n_2)^2} - 2 \cdot (T_{h1} \cdot n_1) \cdot (T_{h2} \cdot n_2) \cdot \cos [180 - \alpha] \text{ (daN)}$$

El esfuerzo resultante de ángulo "Ravr" se descompondrá en dos esfuerzos, uno en dirección longitudinal a la línea "RavrL" y otro en dirección transversal a la línea "RavrT".

Siendo:

n_1, n_2 = Número de conductores quitando los conductores que se han roto.

T_{h1}, T_{h2} = Tensiones horizontales en las condiciones de -5 °C (zona A), -10 °C (zona B) y -15 °C (zona C) con sobrecarga de viento (daN).

α = Angulo que forman T_{h1} y T_{h2} (gr. sexa.).

El esfuerzo resultante de ángulo "Rahr" de la rotura de conductores en la hipótesis 4ª para las zonas B y C se obtiene del siguiente modo:

$$Rahr = \sqrt{(T_{h1} \cdot n_1)^2 + (T_{h2} \cdot n_2)^2} - 2 \cdot (T_{h1} \cdot n_1) \cdot (T_{h2} \cdot n_2) \cdot \cos [180 - \alpha] \text{ (daN)}$$

El esfuerzo resultante de ángulo "Rahr" se descompondrá en dos esfuerzos, uno en dirección longitudinal a la línea "RahrL" y otro en dirección transversal a la línea "RahrT".

Siendo:

n_1, n_2 = Número de conductores quitando los conductores que se han roto.

T_{h1}, T_{h2} = Tensiones horizontales en las condiciones de -15 °C (zona B) y -20 °C (zona C) con sobrecarga de hielo (daN).

α = Angulo que forman T_{h1} y T_{h2} (gr. sexa.).

*Nota: En los apoyos de estrellamiento las operaciones anteriores se han realizado tomando las tensiones dos a dos para conseguir la resultante total.

2.3.4.1.5.6 Esfuerzos descentrados

En los apoyos fin de línea, cuando tienen el montaje al tresbolillo o bandera, aparecen por la disposición de la cruceta esfuerzos descentrados en condiciones normales, cuyo valor será:

$$E_{sdt} = T_{0h} \cdot ncf \text{ (daN) (tresbolillo)}$$

$$E_{sdb} = 3 \cdot T_{0h} \cdot ncf \text{ (daN) (bandera)}$$

Siendo:

ncf = número de conductores por fase.

T_{0h} = Componente horizontal de la tensión en las condiciones más desfavorables de tensión máxima.

2.3.4.1.5.7 Esfuerzos equivalentes

Los esfuerzos horizontales de los apoyos vienen especificados en un punto de ensayo, situado en la cogolla (excepto en los apoyos de hormigón y de chapa metálica que están 0,25 m por debajo de la cogolla).

Si los esfuerzos están aplicados en otro punto se aplicará un coeficiente reductor o de mayoración.

- Coeficiente reductor del esfuerzo nominal. Se aplica para esfuerzos horizontales a mayor altura del punto de ensayo, cuyo valor será:

Apoyos de celosía y presilla

$$K = 4,6 / (H_S + 4,6)$$

Apoyos de hormigón

$$K = 5,4 / (H_S + 5,25)$$

Apoyos de chapa metálica

$$K = 4,6 / (H_S + 4,85)$$

- Coeficiente de mayoración del esfuerzo nominal. Se aplica para esfuerzos horizontales a menor altura del punto de ensayo, cuyo valor será:

$$K = H_{En} / H_F$$

Por tanto, los esfuerzos horizontales aplicados en el punto de ensayo serán:

$$T = T_c / K$$

$$L = L_c / K$$

El esfuerzo horizontal equivalente soportado por el apoyo será:

- Existe solamente esfuerzo transversal.

$$F = T$$

- Existe solamente esfuerzo longitudinal.

$$F = L$$

- Existe esfuerzo transversal y longitudinal simultáneamente.

En apoyos de celosía, presilla, hormigón vibrado hueco y chapa circular.

$$F = T + L$$

En apoyos de hormigón vibrado y chapa rectangular con viento sobre la cara secundaria.

$$F = RU \cdot T + L$$

En apoyos de hormigón vibrado y chapa rectangular sin viento o con viento sobre la cara principal.

$$F = T + RN \cdot L$$

El esfuerzo de torsión aplicado en el punto de ensayo será:

$$L_t = L_{tc} \cdot D_c / D_n$$

En apoyos de hormigón vibrado y chapa rectangular el apoyo se orienta con su esfuerzo nominal principal en dirección del esfuerzo mayor (T o L).

Siendo:

H_{En} = Distancia desde el punto de ensayo de los esfuerzos horizontales hasta el terreno (m).

H_S = Distancia por encima de la cogolla, donde se aplican los esfuerzos horizontales (m).

H_F = Distancia desde punto de aplicación de los esfuerzos horizontales hasta el terreno (m).

D_n = Distancia del punto de ensayo del esfuerzo de torsión al eje del apoyo (m).

D_c = Distancia del punto de aplicación de los conductores al eje del apoyo (m).

H_v = Altura del punto de aplicación del esfuerzo del viento (m).

E_{va} = Esfuerzo del viento sobre el apoyo (daN).

EvaRed = Esfuerzo del viento sobre el apoyo reducido al punto de ensayo (daN).

$$EvaRed = Eva \cdot H_v / H_{En}$$

RU = Esfuerzo nominal principal / (Esfuerzo nominal secundario – EvaRed).

RN = Esfuerzo nominal principal / Esfuerzo nominal secundario.

Tc = Esfuerzo transversal en el punto de aplicación de los conductores (daN).

Lc = Esfuerzo longitudinal en el punto de aplicación de los conductores (daN).

Ltc = Esfuerzo de torsión en el punto de aplicación de los conductores (daN).

F = Esfuerzo horizontal equivalente (daN).

T = Esfuerzo transversal en el punto de ensayo (daN).

L = Esfuerzo longitudinal en el punto de ensayo (daN).

Lt = Esfuerzo de torsión en el punto de ensayo (daN).

2.3.4.2 Apoyo adoptado

El apoyo adoptado deberá soportar la combinación de esfuerzos considerados en cada hipótesis (V,F,Lt).

A estos esfuerzos se le aplicará un coeficiente de seguridad si el apoyo es reforzado.

- Hipótesis sin esfuerzo de torsión.

El esfuerzo horizontal debe cumplir la ecuación:

$$E_n \geq F$$

En apoyos de hormigón el esfuerzo vertical debe cumplir la ecuación:

$$V_n \geq V$$

En apoyos que no sean de hormigón se aplicará la ecuación resistente:

$$(3 \cdot V_n) \geq V$$

$$(5 \cdot E_n + V_n) \geq (5 \cdot F + V)$$

- Hipótesis con esfuerzo de torsión.

El esfuerzo horizontal debe cumplir la ecuación:

$$E_{nt} \geq F$$

El esfuerzo vertical debe cumplir la ecuación:

$$V_{nt} \geq V$$

El esfuerzo de torsión debe cumplir la ecuación:

$$E_T \geq Lt$$

Siendo:

V = Cargas verticales.

F = Esfuerzo horizontal equivalente.

Lt = Esfuerzo de torsión.

E_n = Esfuerzo nominal sin torsión del apoyo.

E_{nt} = Esfuerzo nominal con torsión del apoyo.

V_n = Esfuerzo vertical sin torsión del apoyo.

V_{nt} = Esfuerzo vertical con torsión del apoyo.

E_T = Esfuerzo de torsión del apoyo.

2.3.4.2.1 Cimentaciones

Las cimentaciones se podrán realizar mediante zapatas monobloque o zapatas aisladas. En ambos casos se producirán dos momentos, uno debido al esfuerzo en punta y otro debido al viento sobre el apoyo.

Estarán situados los dos momentos, horizontalmente en el centro del apoyo y verticalmente a ras de tierra.

Momento debido al esfuerzo en punta

El momento debido al esfuerzo en punta "Mep" se obtiene:

$$Mep = Ep \cdot H_L$$

Siendo:

Ep = Esfuerzo en punta (daN).

H_L = Altura libre del apoyo (m).

Momento debido al viento sobre el apoyo

El momento debido al esfuerzo del viento sobre el apoyo "Mev" se obtiene:

$$M_{ev} = E_{va} \cdot H_v$$

Siendo:

E_{va} = Esfuerzo del viento sobre el apoyo (daN). Según apdo. 3.1.2.3 se obtiene:

$$E_{va} = 170 \cdot (v/120)^2 \cdot \eta \cdot S \text{ (apoyos de celosía).}$$

$$E_{va} = 100 \cdot (v/120)^2 \cdot S \text{ (apoyos con superficies planas).}$$

$$E_{va} = 70 \cdot (v/120)^2 \cdot S \text{ (apoyos con superficies cilíndricas).}$$

v = Velocidad del viento (Km/h).

S = Superficie definida por la silueta del apoyo (m^2).

η = Coeficiente de opacidad. Relación entre la superficie real de la cara y el área definida por su silueta.

H_v = Altura del punto de aplicación del esfuerzo del viento (m). Se obtiene:

$$H_v = H/3 \cdot (d_1 + 2 \cdot d_2) / (d_1 + d_2) \text{ (m)}$$

H = Altura total del apoyo (m).

d_1 = anchura del apoyo en el empotramiento (m).

d_2 = anchura del apoyo en la cogolla (m).

2.3.4.2.1.1 Zapatas Monobloque.

Las zapatas monobloque están compuestas por macizos de hormigón de un solo bloque.

Momento de fallo al vuelco

Para que un apoyo permanezca en su posición de equilibrio, el momento creado por las fuerzas exteriores a él ha de ser absorbido por la cimentación, debiendo cumplirse, por tanto:

$$M_f \geq 1,65 \cdot (M_{ep} + M_{ev})$$

Siendo:

M_f = Momento de fallo al vuelco. Momento absorbido por la cimentación (daN · m).

M_{ep} = Momento producido por el esfuerzo en punta (daN · m).

M_{ev} = Momento producido por el esfuerzo del viento sobre el apoyo (daN · m).

Momento absorbido por la cimentación

El momento absorbido por la cimentación " M_f " se calcula por la fórmula de Sulzberger:

$$M_f = [139 \cdot C_2 \cdot a \cdot h^4] + [a^3 \cdot (h + 0,20) \cdot 2420 \cdot (0,5 - 2/3 \cdot \sqrt{(1,1 \cdot h/a \cdot 1/10 \cdot C_2)})]$$

Siendo:

C_2 = Coeficiente de compresibilidad del terreno a la profundidad de 2 m (daN/cm³).

a = Anchura del cimiento (m).

h = Profundidad del cimiento (m).

2.3.4.1.6.2. Zapatas Aisladas.

Las zapatas aisladas están compuestas por un macizo de hormigón para cada pata del apoyo.

Fuerza de rozamiento de las tierras

Cuando la zapata intenta levantar un volumen de tierra, este opone una resistencia cuyo valor será:

$$F_{rt} = \delta_t \cdot \Sigma (\gamma^2 \cdot L) \cdot \text{tg} [\phi/2]$$

Siendo:

δ_t = Densidad de las tierras de que se trata (1600 daN/ m³).

γ = Longitudes parciales del macizo, en m.

L = Perímetro de la superficie de contacto, en m.

ϕ = Angulo de las tierras (generalmente = 45°).

Peso de la tierra levantada

El peso de la tierra levantada será:

$$P_t = V_t \cdot \delta_t, \text{ en daN.}$$

Siendo:

$V_t = 1/3 \cdot h \cdot (S_s + S_i + \sqrt{(S_s \cdot S_i)})$; volumen de tierra levantada, que corresponde a un tronco de pirámide, en m³.

δ_t = Densidad de la tierra, en daN/ m³.

h = Altura del tronco de pirámide de la tierra levantada, en m.

S_s = Superficie superior del tronco de pirámide de la tierra levantada, en m².

S_i = Superficie inferior del tronco de pirámide de la tierra levantada, en m².

Al volumen de tierra " V_t ", habrá que quitarle el volumen del macizo de hormigón que hay enterrado.

Peso del macizo de hormigón

El peso del macizo de hormigón de la zapata será:

$$P_h = V_h \cdot \delta_h, \text{ en daN.}$$

Siendo:

$$\delta_h = \text{Densidad del macizo de hormigón, en daN/ m}^3.$$

$V_h = \sum V_{hi}$; los volúmenes " V_{hi} " pueden ser cubos, pirámides o troncos de pirámide, en m^3 .

$$V_i = 1/3 \cdot h \cdot (S_s + S_i + \sqrt{(S_s \cdot S_i)}); \text{ volumen del tronco de pirámide, en m}^3.$$

$$V_i = 1/3 \cdot h \cdot S; \text{ volumen de la pirámide, en m}^3.$$

$$V_i = h \cdot S; \text{ volumen del cubo, en m}^3.$$

h = Altura del cubo, pirámide o tronco de pirámide, en m.

S_s = Superficie superior del tronco de pirámide, en m^2 .

S_i = Superficie inferior del tronco de pirámide, en m^2 .

S = Superficie de la base del cubo o pirámide, en m^2 .

Esfuerzo vertical debido al esfuerzo en punta

El esfuerzo vertical que tiene que soportar la zapata debido al esfuerzo en punta "Fep" se obtiene:

$$F_{ep} = 0,5 \cdot (M_{ep} + M_{ev} \cdot f) / \text{Base}, \text{ en daN.}$$

Siendo:

M_{ep} = Momento producido por el esfuerzo en punta, en $\text{daN} \cdot \text{m}$.

M_{ev} = Momento producido por el esfuerzo del viento sobre el apoyo, en $\text{daN} \cdot \text{m}$.

f = Factor que vale 1 si el coeficiente de seguridad del apoyo es normal y 1,25 si el coeficiente de seguridad es reforzado.

Base = Base del apoyo, en m.

Esfuerzo vertical debido a los pesos

Sobre la zapata actuarán esfuerzos verticales debidos a los pesos, el valor será:

$$F_V = T_V/4 + P_a/4 + P_t + P_h, \text{ en daN.}$$

Siendo:

T_V = Esfuerzos verticales del cálculo de los apoyos, en daN.

P_a = Peso del apoyo, en daN.

P_t = Peso de la tierra levantada, en daN.

P_h = Peso del hormigón de la zapata, en daN.

Esfuerzo total sobre la zapata

El esfuerzo total que actúa sobre la zapata será:

$$F_T = F_{ep} + F_V, \text{ en daN.}$$

Siendo:

F_{ep} = Esfuerzo debido al esfuerzo en punta, en daN.

F_V = Esfuerzo debido a los esfuerzos verticales, en daN.

Comprobación de las zapatas

Si el esfuerzo total que actúa sobre la zapata tiende a levantar el macizo de hormigón, habrá que comprobar el coeficiente de seguridad "Cs", cuyo valor será:

$$Cs = (F_V + F_{rt}) / F_{ep} > 1,5.$$

Si el esfuerzo total que actúa sobre la zapata tiende a hundir el macizo de hormigón, habrá que comprobar que el terreno tiene la debida resistencia "Rt", cuyo valor será:

$$Rt = F_T / S, \text{ en daN/cm}^2.$$

Siendo:

F_V = Esfuerzo debido a los esfuerzos verticales, en daN.

F_{rt} = Esfuerzo de rozamiento de las tierras, en daN.

F_{ep} = Esfuerzo debido al esfuerzo en punta, en daN.

F_T = Esfuerzo total sobre la zapata, en daN.

S = Superficie de la base del macizo, en cm^2 .

2.3.4.2.2 Cadena de aisladores.

2.3.4.2.2.1 Cálculo eléctrico

El grado de aislamiento respecto a la tensión de la línea se obtiene colocando un número de aisladores suficiente "NAis", cuyo número se obtiene:

$$NAis = Nia \cdot Ume / Llf$$

Siendo:

NAis = número de aisladores de la cadena.

Nia = Nivel de aislamiento recomendado según las zonas por donde atraviesa la línea (cm/kV).

Ume = Tensión más elevada de la línea (kV).

Llf = Longitud de la línea de fuga del aislador elegido (cm).

2.3.4.2.2.2 Cálculo mecánico

Mecánicamente, el coeficiente de seguridad a la rotura de los aisladores "Csm" ha de ser mayor de 3.

El aislador debe soportar las cargas normales que actúan sobre él.

$$Csmv = Qa / (Pv + Pca) > 3$$

Siendo:

Csmv = coeficiente de seguridad a la rotura de los aisladores con cargas normales.

Qa = Carga de rotura del aislador (daN).

Pv = El esfuerzo vertical transmitido por los conductores al aislador (daN).

Pca = Peso de la cadena de aisladores y herrajes (daN).

El aislador debe soportar las cargas anormales que actúan sobre él.

$$Csmh = Qa / (Toh \cdot ncf) > 3$$

Siendo:

Csmh = coeficiente de seguridad a la rotura de los aisladores con cargas anormales.

Qa = Carga de rotura del aislador (daN).

Toh = Tensión horizontal máxima en las condiciones más desfavorables (daN).

ncf = número de conductores por fase.

2.3.4.2.2.3 Longitud de la cadena

La longitud de la cadena Lca será:

$$Lca = NAis \cdot LAis \text{ (m)}$$

Siendo:

Lca = Longitud de la cadena (m).

NAis = número de aisladores de la cadena.

LAis = Longitud de un aislador (m).

2.3.4.2.2.4 Peso de la cadena

El peso de la cadena Pca será:

$$Pca = NAis \cdot PAis \text{ (daN)}$$

Siendo:

Pca = Peso de la cadena (daN).

NAis = número de aisladores de la cadena.

PAis = Peso de un aislador (daN).

2.3.4.2.2.5 Esfuerzo del viento sobre la cadena

El esfuerzo del viento sobre la cadena Eca será:

$$Eca = k \cdot (DAis / 1000) \cdot Lca \text{ (daN)}$$

Siendo:

Eca = Esfuerzo del viento sobre la cadena (daN).

$k = 70 \cdot (v/120)^2$. Según apdo 3.1.2.2.

v = Velocidad del viento (Km/h).

DAis = Diámetro máximo de un aislador (mm).

Lca = Longitud de la cadena (m).

2.3.4.2.3 Distancias de seguridad.

2.3.4.2.3.1 Distancia de los conductores al terreno

La altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical, queden situados por encima de cualquier punto del terreno o superficies de agua no navegables a una altura mínima de:

$$D = D_{add} + D_{el} = 5,3 + D_{el} \text{ (m), mínimo 6 m.}$$

Siendo:

D_{add} = Distancia de aislamiento adicional (m).

D_{el} = Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido, según tabla 15 del apdo. 5.2 (m).

2.3.4.2.3.2 Distancia de los conductores entre sí

La distancia de los conductores entre sí "D" debe ser como mínimo:

$$D = k \cdot \sqrt{(F + L)} + k' \cdot D_{pp} \text{ (m).}$$

Siendo:

k = Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento, según tabla 16 del apdo. 5.4.1.

L = Longitud de la cadena de suspensión (m). Si la cadena es de amarre $L=0$.

F = Flecha máxima (m).

k' = 0,75.

D_{pp} = Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido, según tabla 15 del apdo. 5.2 (m).

2.3.4.2.3.3 Distancia de los conductores al apoyo

La distancia mínima de los conductores al apoyo "ds" será de:

$$ds = D_{el} \text{ (m), mínimo de 0,2 m.}$$

Siendo:

D_{el} = Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido, según tabla 15 del apdo. 5.2 (m).

2.3.4.2.4 Angulo de desviación de la cadena de suspensión.

Debido al esfuerzo del viento sobre los conductores, las cadenas de suspensión en apoyos de alineación y de ángulo sufren una desviación respecto a la vertical. El ángulo máximo de desviación de la cadena " γ " no podrá ser superior al ángulo " μ " máximo permitido para que se mantenga la distancia del conductor al apoyo.

$$\text{tg } \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-X^{\circ}C+V/2} + P_{ca}/2) = E_{tv} / P_t \text{ , en apoyos de alineación.}$$

$$\text{tg } \gamma = (P_v \cdot \cos[(180-\alpha)/2] + R_{av} + E_{ca}/2) / (P_{-X^{\circ}C+V/2} + P_{ca}/2) = E_{tv} / P_t \text{ , en apoyos de ángulo.}$$

Siendo:

$\text{tg } \gamma$ = Tangente del ángulo que forma la cadena de suspensión con la vertical, al desviarse por la acción del viento.

P_v = Esfuerzo de la mitad de la presión de viento sobre el conductor (120 km/h) (daN).

E_{ca} = Esfuerzo de la mitad de la presión de viento sobre la cadena de aisladores y herrajes (120 km/h) (daN).

$P_{-X^{\circ}C+V/2}$ = Peso total del conductor que gravita sobre el apoyo en las condiciones de una $T^{\circ}X$ (-5 °C en zona A, -10 °C en zona B, -15 °C en zona C) con sobrecarga mitad de la presión de viento (120 km/h) (daN).

P_{ca} = Peso de la cadena de aisladores y herrajes (daN).

α = Ángulo que forman los conductores de la línea (gr. sexa.).

R_{av} = Resultante de ángulo en las condiciones de -5 °C en zona A, -10 °C en zona B y -15 °C en zona C con sobrecarga mitad de la presión de viento (120 km/h) (daN).

Si el valor del ángulo de desviación de la cadena " γ " es mayor del ángulo máximo permitido " μ ", se deberá colocar un contrapeso de valor:

$$G = E_{tv} / \text{tg } \mu - P_t$$

2.3.4.2.5 Desviación horizontal de las catenarias por la acción del viento.

$$d_H = z \cdot \text{sen } \alpha$$

Siendo:

d_H = Desviación horizontal de las catenarias por la acción del viento (m).

z = Distancia entre el punto de la catenaria y la recta de unión de los puntos de sujeción (m).

α = Angulo que forma la resultante del viento con el peso propio del conductor.

2.3.4.3 Datos generales de la instalación.

Tensión de la línea: 25 kV.

Tensión más elevada de la línea: 30 kV.

Velocidad del viento: 120 km/h.

Zonas: A.

CONDUCTOR.

Denominación: LA-56 (47-AL1/8ST1A).

Sección: 54,6 mm².

Diámetro: 9,45 mm.

Carga de Rotura: 1640 daN.

Módulo de elasticidad: 7900 daN/mm².

Coefficiente de dilatación lineal: $19,1 \cdot 10^{-6}$.

Peso propio: 0,185 daN/m.

Peso propio más sobrecarga de viento: 0,596 daN/m.

Peso propio más sobrecarga con la mitad del viento: 0,339 daN/m.

Peso propio más sobrecarga de hielo (Zona B): 0,738 daN/m.

Peso propio más sobrecarga de hielo (Zona C): 1,292 daN/m.

2.3.4.4 Distancias de seguridad.

2.3.4.4.1 Distancia de los conductores al terreno

La altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical, queden situados por encima de cualquier punto del terreno o superficies de agua no navegables a una altura mínima de.

$$dst_{des} = Dadd + Del = 5,3 + 0,22 = 5,52 \text{ m.}; \text{mínimo } 6\text{m.}$$

$$dst_{des} = 7 \text{ m.}$$

$$dst_{ais} = 6 \text{ m.}$$

$$dst_{rec} = 6 \text{ m.}$$

Siendo:

Dadd = Distancia de aislamiento adicional, para asegurar el valor Del con el terreno.

Del = Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido.

2.3.4.4.2 Distancia de los conductores entre sí

La distancia de los conductores entre sí D debe ser como mínimo:

$$D_{des} = k \cdot \sqrt{(F + L)} + k' \cdot Dpp$$

$$D_{rec} = 1/3 \cdot k \cdot \sqrt{(F + L)} + k' \cdot Dpp$$

Siendo:

k = Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento, según tabla 16 del apdo. 5.4.1.

L = Longitud de la cadena de suspensión (m). Si la cadena es de amarre $L=0$.

F = Flecha máxima (m).

Dpp = Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido.

apoyo 2

$$D = 0,65 \cdot \sqrt{(2,02 + 0)} + 0,75 \cdot 0,33 = 1,17 \text{ m}$$

apoyo 3

$$D = 0,65 \cdot \sqrt{(2,02 + 0,62)} + 0,75 \cdot 0,33 = 1,3 \text{ m}$$

apoyo 4

$$D = 0,65 \cdot \sqrt{(2,02 + 0)} + 0,75 \cdot 0,33 = 1,17 \text{ m}$$

apoyo 5

$$D = 0.65 \cdot \ddot{O}(2.02 + 0) + 0.75 \cdot 0.33 = 1.17 \text{ m}$$

apoyo 6

$$D = 0.65 \cdot \ddot{O}(2.02 + 0.51) + 0.75 \cdot 0.33 = 1.28 \text{ m}$$

apoyo 7

$$D = 0.65 \cdot \ddot{O}(2.02 + 0.51) + 0.75 \cdot 0.33 = 1.28 \text{ m}$$

apoyo 8

$$D = 0.65 \cdot \ddot{O}(2.02 + 0) + 0.75 \cdot 0.33 = 1.17 \text{ m}$$

apoyo 9

$$D = 0.65 \cdot \ddot{O}(2.03 + 0.51) + 0.75 \cdot 0.33 = 1.28 \text{ m}$$

apoyo 10

$$D = 0.65 \cdot \ddot{O}(2.13 + 0) + 0.75 \cdot 0.33 = 1.2 \text{ m}$$

apoyo 11

$$D = 0.65 \cdot \ddot{O}(2.13 + 0.51) + 0.75 \cdot 0.33 = 1.3 \text{ m}$$

apoyo 12

$$D = 0.65 \cdot \ddot{O}(1.1 + 0) + 0.75 \cdot 0.33 = 0.93 \text{ m}$$

2.3.4.4.3 Distancia de los conductores al apoyo

La distancia mínima de los conductores al apoyo d_{sa} será de:

$$d_{sa} = D_{el} = 0,27 \text{ m.}; \text{mínimo } 0,2 \text{ m.}$$

$$d_{sa} = 0,27 \text{ m.}$$

Siendo:

D_{el} = Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido.

2.3.4.5 Cruzamientos.

Carretera No Estatal

Anchura: 6 m.

Distancia vertical:

Mínima: 7 m.

Distancia horizontal al apoyo 12:

Mínima: 0 m.

Calculada: 18 m.

2.3.4.6 Angulo de desviación de la cadena de suspensión.

Debido al esfuerzo del viento sobre los conductores, las cadenas de suspensión en los apoyos sufren una desviación respecto a la vertical. El ángulo máximo de desviación de la cadena no podrá ser superior al ángulo máximo permitido para que se mantenga la distancia del conductor al apoyo.

$$\text{tg } \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-X^{\circ}C+V/2} + P_{ca}/2) = E_{tv} / P_t, \text{ en apoyos de alineación.}$$

$$\text{tg } \gamma = (P_v \cdot \cos[(180-\alpha)/2] + R_{av} + E_{ca}/2) / (P_{-X^{\circ}C+V/2} + P_{ca}/2) = E_{tv} / P_t, \text{ en apoyos de ángulo.}$$

Siendo:

$\text{tg } \gamma$ = Tangente del ángulo que forma la cadena de suspensión con la vertical, al desviarse por la acción del viento.

P_v = Esfuerzo de la mitad de la presión de viento sobre el conductor (120 km/h) (daN).

E_{ca} = Esfuerzo de la mitad de la presión de viento sobre la cadena de aisladores y herrajes (120 km/h) (daN).

$P_{-X^{\circ}C+V/2}$ = Peso total del conductor que gravita sobre el apoyo en las condiciones de una T^a X (-5 °C en zona A, -10 °C en zona B, -15 °C en zona C) con sobrecarga mitad de la presión de viento (120 km/h) (daN).

P_{ca} = Peso de la cadena de aisladores y herrajes (daN).

α = Angulo que forman los conductores de la línea (gr. sexa.).

R_{av} = Resultante de ángulo en las condiciones de -5 °C en zona A, -10 °C en zona B y -15 °C en zona C con sobrecarga mitad de la presión de viento (120 km/h) (daN).

Si el valor del ángulo de desviación de la cadena "g" es mayor del ángulo máximo permitido "m", se deberá colocar un contrapeso de valor:

$$G = E_{tv} / tg \text{ m} - Pt$$

Apoyos con cadenas de suspensión.

apoyo 3

$$tg \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-5^\circ C+V/2} + P_{ca}/2) = (28.37 + 2.7/2) / (12.99 + 6.68/2) = 1.82.$$

$$\gamma = 61.22^\circ$$

$$\mu = 64.18^\circ$$

apoyo 6

$$tg \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-5^\circ C+V/2} + P_{ca}/2) = (28.38 + 2.02/2) / (22.34 + 5.01/2) = 1.18.$$

$$\gamma = 49.79^\circ$$

$$\mu = 58.03^\circ$$

apoyo 7

$$tg \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-5^\circ C+V/2} + P_{ca}/2) = (28.37 + 2.02/2) / (25.75 + 5.01/2) = 1.04.$$

$$\gamma = 46.12^\circ$$

$$\mu = 58.03^\circ$$

apoyo 9

$$tg \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-5^\circ C+V/2} + P_{ca}/2) = (28.43 + 2.02/2) / (39.07 + 5.01/2) = 0.71.$$

$$\gamma = 35.3^\circ$$

$$\mu = 58.03^\circ$$

apoyo 11

$$tg \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-5^\circ C+V/2} + P_{ca}/2) = (24.39 + 2.02/2) / (16.27 + 5.01/2) = 1.35.$$

$$\gamma = 53.53^\circ$$

$$\mu = 58.03^\circ$$

2.3.4.7 Tensiones y flechas en hipótesis reglamentarias.

Vano	Longit. (m)	Desni. (m)	Vano Regula. (m)	Hipótesis de Tensión Máxima							
				-5°C+V Toh(daN)	-10°C+V Toh(daN)	-15°C+V Toh(daN)	-15°C+H Toh(daN)	-20°C+H Toh(daN)	-15°C+H+V Toh(daN)	-20°C+H+V Toh(daN)	
2-3	100	-3.52	100	436.1							
3-4	100	-0.28	100	436.1							
4-5	100	-0.1	100	436.1							
5-6	100	3.99	100	436.1							
6-7	100	1.75	100	436.1							
7-8	100	-2.49	100	436.1							
8-9	100	2.49	100	436.1							
9-10	100	-9.54	100	436.1							
10-11	100	-0.96	89.35	426.6							
11-12	72	-0.84	89.35	426.6							

Vano	Longit. (m)	Desni. (m)	Vano Regula. (m)	Hipótesis de Flecha Máxima						Hipótesis Flecha Mínima		
				15°C+V		50°C		0°C+H		-5°C	-15°C	-20°C
				Th(daN)	F(m)	Th(daN)	F(m)	Th(daN)	F(m)	F(m)	F(m)	F(m)
2-3	100	-3.52	100	379.3	1.97	114.6	2.02			1.04		
3-4	100	-0.28	100	379.3	1.97	114.6	2.02			1.04		
4-5	100	-0.1	100	379.3	1.97	114.6	2.02			1.04		
5-6	100	3.99	100	379.3	1.97	114.6	2.02			1.04		
6-7	100	1.75	100	379.3	1.97	114.6	2.02			1.04		
7-8	100	-2.49	100	379.3	1.97	114.6	2.02			1.04		
8-9	100	2.49	100	379.3	1.97	114.6	2.02			1.04		
9-10	100	-9.54	100	379.3	1.98	114.6	2.03			1.04		
10-11	100	-0.96	89.35	364.8	2.04	108.6	2.13			0.98		
11-12	72	-0.84	89.35	364.8	1.06	108.6	1.1			0.51		

Vano	Longit. (m)	Desni. (m)	Vano Regula. (m)	Hipótesis de Cálculo Apoyos					Desviación Cadenas Aisladores			Desviación horizontal viento (m)	
				-5°C+V Th(daN)	-10°C+V Th(daN)	-15°C+V Th(daN)	-15°C+H Th(daN)	-20°C+H Th(daN)	5°C+V/2 Th(daN)	10°C+V/2 Th(daN)	15°C+V/2 Th(daN)		
2-3	100	-3.52	100	436.1						311.8			
3-4	100	-0.28	100	436.1						311.8			
4-5	100	-0.1	100	436.1						311.8			
5-6	100	3.99	100	436.1						311.8			
6-7	100	1.75	100	436.1						311.8			
7-8	100	-2.49	100	436.1						311.8			
8-9	100	2.49	100	436.1						311.8			
9-10	100	-9.54	100	436.1						311.8			
10-11	100	-0.96	89.35	426.6						313.4			
11-12	72	-0.84	89.35	426.6						313.4			

2.3.4.8 Tensiones y flechas de tendido.

Vano	Long. (m)	Desni. (m)	V.Reg. (m)	-20°C		-15°C		-10°C		-5°C		0°C		5°C		10°C		15°C			
				T(daN)	F(m)																
				gr.sex.		gr.sex.		gr.sex.		gr.sex.		gr.sex.		gr.sex.		gr.sex.		gr.sex.		gr.sex.	
2-3	100	-3.52	100							223.3	1.04	205	1.13	189.2	1.22	175.6	1.32	163.9	1.41		
3-4	100	-0.28	100							223.3	1.04	205	1.13	189.2	1.22	175.6	1.32	163.9	1.41		
4-5	100	-0.1	100							223.3	1.04	205	1.13	189.2	1.22	175.6	1.32	163.9	1.41		
5-6	100	3.99	100							223.3	1.04	205	1.13	189.2	1.22	175.6	1.32	163.9	1.41		
6-7	100	1.75	100							223.3	1.04	205	1.13	189.2	1.22	175.6	1.32	163.9	1.41		
7-8	100	-2.49	100							223.3	1.04	205	1.13	189.2	1.22	175.6	1.32	163.9	1.41		
8-9	100	2.49	100							223.3	1.04	205	1.13	189.2	1.22	175.6	1.32	163.9	1.41		
9-10	100	-9.54	100							223.3	1.04	205	1.13	189.2	1.23	175.6	1.32	163.9	1.42		
10-11	100	-0.96	89.35							235	0.98	213.1	1.09	194.1	1.19	177.8	1.3	163.9	1.41		
11-12	72	-0.84	89.35							235	0.51	213.1	0.56	194.1	0.62	177.8	0.67	163.9	0.73		

Vano	Long. (m)	Desni. (m)	V.Reg. (m)	20°C		25°C		30°C		35°C		40°C		45°C		50°C		EDS
				T(daN)	F(m)													
				gr.sex.		gr.sex.		gr.sex.		gr.sex.		gr.sex.		gr.sex.		gr.sex.		
2-3	100	-3.52	100	153.8	1.5	145	1.6	137.4	1.68	130.6	1.77	124.7	1.86	119.4	1.94	114.6	2.02	9.99
3-4	100	-0.28	100	153.8	1.5	145	1.6	137.4	1.68	130.6	1.77	124.7	1.86	119.4	1.94	114.6	2.02	9.99
4-5	100	-0.1	100	153.8	1.5	145	1.6	137.4	1.68	130.6	1.77	124.7	1.86	119.4	1.94	114.6	2.02	9.99
5-6	100	3.99	100	153.8	1.51	145	1.6	137.4	1.69	130.6	1.77	124.7	1.86	119.4	1.94	114.6	2.02	9.99
6-7	100	1.75	100	153.8	1.5	145	1.6	137.4	1.68	130.6	1.77	124.7	1.86	119.4	1.94	114.6	2.02	9.99
7-8	100	-2.49	100	153.8	1.5	145	1.6	137.4	1.68	130.6	1.77	124.7	1.86	119.4	1.94	114.6	2.02	9.99
8-9	100	2.49	100	153.8	1.5	145	1.6	137.4	1.68	130.6	1.77	124.7	1.86	119.4	1.94	114.6	2.02	9.99
9-10	100	-9.54	100	153.8	1.51	145	1.6	137.4	1.69	130.6	1.78	124.7	1.86	119.4	1.95	114.6	2.03	9.99
10-11	100	-0.96	89.35	152.1	1.52	142.1	1.63	133.4	1.73	125.9	1.84	119.4	1.94	113.7	2.04	108.6	2.13	9.99
11-12	72	-0.84	89.35	152.1	0.79	142.1	0.84	133.4	0.9	125.9	0.95	119.4	1	113.7	1.05	108.6	1.1	9.99

2.3.4.9 Cálculo de apoyos.

Apoyo	Tipo	Ang. Rel. gr.sex.	Hipótesis 1ª (Viento) (-5:A/-10:B/-15:C)°C+V				Hipótesis 2ª (Hielo) (-15:B/-20:C)°C+H			
			V (daN)	T (daN)	L (daN)	Lt (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	Lt (daN)
			2	Fin Línea		57.1	97.3	1308.3		
3	Alin. Susp.		62.4	186.5						
4	Alin. Am.		84.9	194.5						
5	Alin. Am.		69	194.6						
6	Alin. Susp.		79.7	182.4						
7	Alin. Susp.		87.8	182.4						
8	Alin. Am.		65.4	194.5						
9	Alin. Susp.		119.6	182.8						
10	Alin. Am.		50.8	194.9						
11	Alin. Susp.		63.6	158.5						
12	Fin Línea		30.4	73.4	1279.8					

Apoyo	Tipo	Ang. Rel. gr.sex.	Hipótesis 3ª (Desequilibrio de tracciones) (-5:A)°C+V (-15:B/-20:C)°C+H				Hipótesis 4ª (Rotura de conductores) (-5:A)°C+V (-15:B/-20:C)°C+H				Dist. Con d. (m)	Dist. Lt (m)
			V (daN)	T (daN)	L (daN)	Lt (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	Lt (daN)		
			2	Fin Línea					43.1			
3	Alin. Susp.		62.4		104.7					1.3	1.5	
4	Alin. Am.		84.9		196.2					1.17	1.25	
5	Alin. Am.		69		196.2					1.17	1.25	
6	Alin. Susp.		79.7		104.7					1.28	1.25	
7	Alin. Susp.		87.8		104.7					1.28	1.25	
8	Alin. Am.		65.4		196.2					1.17	1.25	
9	Alin. Susp.		119.6		104.7					1.28	1.25	
10	Alin. Am.		50.8		196.2					1.2	1.25	
11	Alin. Susp.		63.6		102.4					1.3	2	
12	Fin Línea					25.3			426.6	0.93	1	

2.3.4.10 Apoyos adoptados.

Apoyo	Tipo	Constitución	Coefic. Secur.	Angulo gr.sex.	Altura Total (m)	Esf. Nomin al (daN)	Esf. Secund (daN)	Esf. punta c.Tors. (daN)	Esf.Ver s.Tors. (daN)	Esf.Ver c.Tors. (daN)	Esfuer. Torsión (daN)	Dist. Torsión (m)	Peso (daN)														
														2	Fin Línea	Celosia recto	N		10	2000			600	600	1400	1.5	
														3	Alin. Susp.	Celosia recto	N		14	500			600	600	500	1.5	
4	Alin. Am.	Celosia recto	N		14	500			600	600	500	1.5															
5	Alin. Am.	Celosia recto	N		14	500			600	600	500	1.5															
6	Alin. Susp.	Celosia recto	N		14	500			600	600	500	1.5															
7	Alin. Susp.	Celosia recto	N		14	500			600	600	500	1.5															
8	Alin. Am.	Celosia recto	N		14	500			600	600	500	1.5															
9	Alin. Susp.	Celosia recto	N		14	500			600	600	500	1.5															
10	Alin. Am.	Celosia recto	R		14	500			600	600	500	1.5															
11	Alin. Susp.	Celosia recto	R		16	500			600	600	500	1.5															
12	Fin Línea	Celosia recto	R		10	2000			600	600	1400	1.5															

2.3.4.11 Crucetas adoptadas.

Apoyo	Tipo	Constitución	Montaje	D.Cond. Cruceta (m)	a	b	c	d	e	Peso (daN)
					Brazo Superior (m)	Brazo Medio (m)	Brazo Inferior (m)	D.Vert. Brazos (m)	Altura Tirante (m)	
					2	Fin Línea	Celosia recto	Montaje O A.	1.25	
3	Alin. Susp.	Celosia recto	Tresbolillo A.	2.4	1.25	1.25	1.5	1.2	0.6	82.5
4	Alin. Am.	Celosia recto	Tresbolillo A.	2.33	1	1	1.25	1.2	0.6	75
5	Alin. Am.	Celosia recto	Tresbolillo A.	2.33	1	1	1.25	1.2	0.6	75
6	Alin. Susp.	Celosia recto	Tresbolillo A.	2.33	1	1	1.25	1.2	0.6	75
7	Alin. Susp.	Celosia recto	Tresbolillo A.	2.33	1	1	1.25	1.2	0.6	75
8	Alin. Am.	Celosia recto	Tresbolillo A.	2.33	1	1	1.25	1.2	0.6	75
9	Alin. Susp.	Celosia recto	Tresbolillo A.	2.33	1	1	1.25	1.2	0.6	75

Apoyo	Tipo	Constitución	Montaje	D.Cond. Cruceta (m)	a Brazo Superior (m)	b Brazo Medio (m)	c Brazo Inferior (m)	d D.Vert. Brazos (m)	e Altura Tirante (m)	Peso (daN)
10	Alin. Am.	Celosia recto	Tresbolillo A.	2.33	1	1	1.25	1.2	0.6	75
11	Alin. Susp.	Celosia recto	Tresbolillo A.	3.6	2	2	2	1.8	0.6	150
12	Fin Línea	Celosia recto	Montaje O A.	1	1				0.6	50

2.3.4.12 Cálculo de cimentaciones.

Apoyo	Tipo	Esf.Util Punta (daN)	Alt.Res. conduc. (m)	Mom.Producid o por el conduc. (daN.m)	Esf.Vie. Apoyos (daN)	Alt.Vie. Apoyos (m)	Mom.Producid o Viento Apoyos (daN.m)	Momento Total Fuerzas externas (daN.m)
2	Fin Línea	2000	8.2	16400	271.6	3.81	1033.8	17433.8
3	Alin. Susp.	500	10.38	5190	376.7	5.66	2132.7	7322.7
4	Alin. Am.	500	11	5500	376.7	5.66	2132.7	7632.7
5	Alin. Am.	500	11	5500	376.7	5.66	2132.7	7632.7
6	Alin. Susp.	500	10.49	5245	376.7	5.66	2132.7	7377.7
7	Alin. Susp.	500	10.49	5245	376.7	5.66	2132.7	7377.7
8	Alin. Am.	500	11	5500	376.7	5.66	2132.7	7632.7
9	Alin. Susp.	500	10.49	5245	376.7	5.66	2132.7	7377.7
10	Alin. Am.	500	10.95	5475	374.7	5.64	2113.9	7588.9
11	Alin. Susp.	500	11.84	5920	444.3	6.43	2857.4	8777.4
12	Fin Línea	2000	8.2	16400	271.6	3.81	1033.8	17433.8

Apoyo	Tipo	Ancho Cimen. A(m)	Alto Cimen. H(m)	MONOBLOQUE	
				Coefic. Comp.	Mom.Absorbido por la cimentac. (daN.m)
2	Fin Línea	1.07	2.05	10	28956.8
3	Alin. Susp.	1.33	1.45	10	12183.4
4	Alin. Am.	1.36	1.45	10	12653.5
5	Alin. Am.	1.36	1.45	10	12653.5
6	Alin. Susp.	1.33	1.45	10	12183.4
7	Alin. Susp.	1.33	1.45	10	12183.4
8	Alin. Am.	1.36	1.45	10	12653.5
9	Alin. Susp.	1.33	1.45	10	12183.4
10	Alin. Am.	1.33	1.5	10	13479.7
11	Alin. Susp.	1.46	1.5	10	15768.1
12	Fin Línea	1.08	2.05	10	29281.5

2.3.4.13 Cálculo de cadenas de aisladores.

Apoyo	Tipo	Denom.	Qa (daN)	Diam. Aisl. (mm)	Lif (mm)	Long. Aisl. (m)	Peso Aisl. (daN)
2	Fin Línea	U40B	4000	175	190	0.11	1.67
3	Alin. Susp.	U40B	4000	175	190	0.11	1.67
4	Alin. Am.	U40B	4000	175	190	0.11	1.67
5	Alin. Am.	U40B	4000	175	190	0.11	1.67
6	Alin. Susp.	U40B	4000	175	190	0.11	1.67
7	Alin. Susp.	U40B	4000	175	190	0.11	1.67
8	Alin. Am.	U40B	4000	175	190	0.11	1.67
9	Alin. Susp.	U40B	4000	175	190	0.11	1.67
10	Alin. Am.	U40B	4000	175	190	0.11	1.67
11	Alin. Susp.	U40B	4000	175	190	0.11	1.67
12	Fin Línea	U40B	4000	175	190	0.11	1.67

Apoyo	Tipo	N.Cad.	Denom.	N.Aisl.	Nia (cm/KV)	Lca (m)	L.Alarg (m)	Pca (daN)	Eca (daN)	Pv+Pca (daN)	Csmv	Toh-ncf (daN)	Csmh
2	Fin Línea	3 C.Am.	U40B	3	1.7	0.51		5.01	4.04	19.04	210.06	436.1	9.17
3	Alin. Susp.	3 C.Su.	U40B	4	2	0.62		6.68	5.39	20.81	192.21	0	40000
4	Alin. Am.	6 C.Am.	U40B	3	1.7	0.51		5.01	4.04	14.4	277.73	436.1	9.17
5	Alin. Am.	6 C.Am.	U40B	3	1.7	0.51		5.01	4.04	14.13	283.05	436.1	9.17
6	Alin. Susp.	3 C.Su.	U40B	3	1.7	0.51		5.01	4.04	26.57	150.56	0	40000
7	Alin. Susp.	3 C.Su.	U40B	3	1.7	0.51		5.01	4.04	29.27	136.64	0	40000
8	Alin. Am.	6 C.Am.	U40B	3	1.7	0.51		5.01	4.04	10.9	367.09	436.1	9.17
9	Alin. Susp.	3 C.Su.	U40B	3	1.7	0.51		5.01	4.04	39.87	100.33	0	40000
10	Alin. Am.	6 C.Am.	U40B	3	1.7	0.51		5.01	4.04	15.54	257.39	426.6	9.38
11	Alin. Susp.	3 C.Su.	U40B	3	1.7	0.51		5.01	4.04	21.2	188.64	0	40000
12	Fin Línea	3 C.Am.	U40B	3	1.7	0.51		5.01	4.04	10.13	394.94	426.6	9.38

2.3.4.14 Cálculo de esfuerzos verticales sin sobrecarga.

Apoyo	Tipo	Esf.Vert. -20°C (daN)	Esf.Vert. -15°C (daN)	Esf.Vert. -5°C (daN)
2	Fin Línea			66.4
3	Alin. Susp.			53.86
4	Alin. Am.			84.37
5	Alin. Am.			58.18
6	Alin. Susp.			85.59
7	Alin. Susp.			98.98
8	Alin. Am.			52.21
9	Alin. Susp.			151.32
10	Alin. Am.			28.53
11	Alin. Susp.			64.23
12	Fin Línea			26.79

2.3.5 CARACTERÍSTICAS DEL APOYO SOBRE EL QUE SE INSTALA EL CTI (PT)

En el apoyo donde se instale el transformador, será necesario efectuar una losa o solera de hormigón de 20 cm de altura sobre el terreno, con las dimensiones adecuadas para que de cada arista de esta solera a la parte más saliente del apoyo (dispositivo antiescalada) quede una distancia mínima de 1,10 m. Esta solera será recubierta de asfalto, como protección frente a tensiones de contacto.

Aproximadamente a 15 cm por debajo de la superficie de la solera se instalará, como armado, un mallazo constituido por redondos de acero de diámetro no inferior a 4 mm, formando cuadrículas no superiores a 30x30 cm.

Como en nuestro caso, la salida de baja tensión será subterránea, se deberá prever un tubo de paso de polietileno PN 160, a través de la solera.

En cumplimiento de lo dispuesto en el MIE RAT 15, apartado 4.2, los apoyos metálicos en los que se instale el transformador dispondrán de un dispositivo antiescalada, que deberá ser de poliéster, o bien de obra de fábrica, como protección frente a tensiones de contacto, hasta una altura de 3 metros. En nuestro caso, se ejecutará de obra de fábrica.

Los PT equiparan las placas de identificación y de seguridad reglamentarias.

La línea de MT dispondrá de un seccionamiento a colocar en el mismo apoyo del transformador o en el apoyo anterior. En nuestro caso, este seccionamiento será mediante seccionadores unipolares a base de cortacircuitos fusibles de expulsión, que cumplirá la Norma ENDESA AND007.

Estos elementos se instalarán en la cara opuesta del transformador para facilitar su maniobrabilidad.

Los centros de intemperie se protegerán contra sobretensiones mediante pararrayos de óxidos metálicos, que necesariamente tendrán una intensidad de descarga de 10 kA como mínimo y envolvente polimérica. Los pararrayos cumplirán con la Norma ENDESA AND015, y si se trata de líneas de 25 ó 20 kV de tensión nominal, como es nuestro caso, además cumplirán con las Especificaciones Técnicas de ENDESA Referencias nº 6700522 ó 6703005, respectivamente. Todo ello conforme al párrafo 2 de la MIE-RAT 09.

La conexión de la línea de MT al transformador se efectuará utilizando conductor del mismo tipo que el de la línea por medio de una grapa de amarre de tornillería. En las derivaciones a los portafusibles y pararrayos se utilizarán terminales de apriete en cuña de compresión, la conexión a los pasatapas del transformador se hará con terminales bimetalicos. Cuando las

distancias de la línea a herrajes, zonas de maniobra o bien la salvaguarda de la avifauna así lo aconseje, los conductores se aislarán utilizando fundas termorretráctiles.

2.3.6 CUMPLIMIENTO DE LAS INSTRUCCIONES TÉCNICAS ITC-LAT-09 Y LA ITC – RAT – 20.

En relación a la instalación de alta tensión que nos ocupa, para su legalización y puesta en marcha será necesario, previo a la ejecución de la instalación, de la redacción de un proyecto técnico administrativo que tiene por finalidad la tramitación de la correspondiente autorización administrativa de construcción y registro por parte de la Administración pública competente y sirve asimismo como documento básico para la realización de la obra.

Las directrices fundamentales para la redacción del proyecto técnico-administrativo son las siguientes:

- a) Exponer la finalidad de la instalación a ejecutar, justificando su necesidad o conveniencia.
- b) Describir y definir el conjunto de la instalación, los elementos que la componen y sus características de funcionamiento y operación.
- c) Evidenciar el cumplimiento de las prescripciones técnicas impuestas por el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión, por las normas de la ITC-RAT 02 y por las especificaciones particulares aprobadas de las empresas de transporte y distribución eléctrica que sean de aplicación.
- d) Valoración clara y detallada de toda la instalación.

3. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

3.1 PREVISIÓN DE POTENCIA EN TRANSFORMACIÓN

En el cuadro del siguiente punto figura la relación de receptores con las características relativas a potencia instalada y simultánea.

Se entiende por potencia instalada la suma total de la potencia de todos los receptores existentes en la instalación, incluyendo los motores en reserva.

Para obtener la potencia simultánea en cada cuadro se ha aplicado el siguiente criterio: descontar los motores de reserva y aquellos elementos de funcionamiento en caso excepcional o en ocasión de operaciones de mantenimiento (equipos de aislamiento de líneas o aparatos y polipastos o elementos de elevación en general).

Por otra parte, para obtener la potencia aparente de transformación necesaria se ha tomado como factor de potencia de 0,80, aunque en la EDAR, la batería de condensadores está calculada para conseguir un coseno 0,99.

El valor así calculado se mayorará en un 20% y se seleccionará el transformador comercial más próximo por exceso. Para la determinación del factor de potencia siempre se considerará que no está funcionando la batería de condensadores instalada para la corrección del mismo.

Como resumen de los cuadros reseñados anteriormente tenemos:

CUADRO EBAR								
Designación del equipo	Potencia unitaria Kw	Unidades instaladas	Unidades en servicio	Potencia simultánea Kw	Rendimiento h	Factor de Potencia	Potencia total Kw	P. aparente absorbida Kw
Bombeo agua bruta con variador	4,00	2	1	4,00	89,0%	0,94	4,49	4,78
Sensor nivel ultrasónico	0,40	1	1	0,40	100,0%	0,95	0,40	0,42
Boyas de nivel	0,01	1	1	0,01	100,0%	0,95	0,01	0,01
Alumbrado interior y exterior	0,05	1	1	0,05	90,0%	0,95	0,06	0,06
Fuerza	3,00	1	1	3,00	100,0%	0,80	3,00	3,75
PLC	0,30	1	1	0,30	90,0%	0,95	0,33	0,35
Subtotal Cuadro EBAR		7	6	7,76		0,88	8,29	9,37

CUADRO EDAR								
PRETRATAMIENTO								
Designación del equipo	Potencia unitaria Kw	Unidades instaladas	Unidades en servicio	Potencia simultánea Kw	Rendimiento h	Factor de Potencia	Potencia total Kw	P. aparente absorbida Kw
PRETRATAMIENTO								
Planta Compacta de Pretratamiento	4,00	1	1	4,00	90,0%	0,85	4,44	5,23
Medidor de caudal	0,10	2	2	0,20	90,0%	0,85	0,22	0,26
Medidor Multiparamétrico (PH,Conduc.,Tª.)	0,40	1	1	0,40	90,0%	0,85	0,44	0,52
Puerta Acceso Planta	0,20	1	1	0,20	70,0%	0,80	0,29	0,36
Fuerza y usos varios	3,00	1	1	3,00	100,0%	0,80	3,00	3,75
PLC Pretratamiento	0,30	1	1	0,30	90,0%	0,95	0,33	0,35
Subtotal Pretratamiento		7	7	8,10		0,83	8,73	10,47

ETAPA 1								
Designación del equipo	Potencia unitaria Kw	Unidades instaladas	Unidades en servicio	Potencia simultánea Kw	Rendimiento h	Factor de Potencia	Potencia total Kw	P. aparente absorbida Kw
1ª ETAPA HAFSSV								
Bombeo	2,50	2	1	2,50	89%	0,94	2,81	2,99
Electroválvulas	0,01	7	2	0,02	90%	0,85	0,02	0,02
Medidor Multiparamétrico (niveles)	0,40	1	1	0,40	90%	0,85	0,44	0,52
PLC 1ª Fase	0,30	1	1	0,30	90%	0,95	0,33	0,35
Subtotal Etapa 1		9	3	2,52		0,94	2,83	3,01

ETAPA 2								
Designación del equipo	Potencia unitaria Kw	Unidades instaladas	Unidades en servicio	Potencia simultánea Kw	Rendimiento h	Factor de Potencia	Potencia total Kw	P. aparente absorbida Kw
2ª ETAPA HAFSSV								
Bombeo	1,50	2	1	1,50	89%	0,94	1,69	1,79
Electroválvulas	0,01	9	3	0,02	90%	0,85	0,03	0,03
Medidor Multiparamétrico (niveles)	0,40	1	1	0,40	90%	0,85	0,44	0,52
Caudalímetro	0,01	1	1	0,01	90%	0,85	0,01	0,01
PLC 2ª Fase	0,30	1	1	0,30	90%	0,95	0,33	0,35
Subtotal Etapa 2		11	4	1,52		0,94	1,71	1,82

CUADRO ED. CONTROL								
Designación del equipo	Potencia unitaria Kw	Unidades instaladas	Unidades en servicio	Potencia simultánea Kw	Rendimiento h	Factor de Potencia	Potencia total Kw	P. aparente absorbida Kw
Luminaria Downlight	0,02	4	4	0,10	90,0%	0,95	0,11	0,11
Luminaria Modular	0,04	3	3	0,13	90,0%	0,95	0,15	0,15
Luminaria Estanca	0,04	2	2	0,08	90,0%	0,95	0,09	0,09
Alumbrado de emergencia	0,01	1	1	0,01	90,0%	0,95	0,01	0,01
Climatización	1,50	1	1	1,50	100,0%	0,80	1,50	1,88
Fuerza y uso varios	3,00	3	1	3,00	100,0%	0,80	3,00	3,75
Fuerza y uso varios	3,00	3	1	3,00	100,0%	0,80	3,00	3,75
Fuerza y uso varios	3,00	3	1	3,00	100,0%	0,80	3,00	3,75
Subtotal		20	14	10,82		0,80	10,85	13,50

CUADRO ALUMBRADO EXTERIOR								
Designación del equipo	Potencia unitaria Kw	Unidades instaladas	Unidades en servicio	Potencia simultánea Kw	Rendimiento h	Factor de Potencia	Potencia total Kw	P. aparente absorbida Kw
Luminaria en columna	0,024	35	35	0,84	100,0%	0,90	0,84	0,93
Subtotal		35	35	0,84		0,90	0,84	0,93

RESUMEN DE POTENCIAS EDAR		
Designación del cuadro	P. activa total	P. aparente absorbida
	Kw	Kw
CUADRO CCM1	8,73	10,47
CUADRO CCM2	2,83	3,01
CUADRO CCM3	1,71	1,82
CUADRO ED. CONTROL	10,85	13,50
CUADRO ALUMBRADO EXTER.	0,84	0,93
Total	24,96	28,80

RESUMEN DE POTENCIAS EBAR		
Designación del cuadro	P. activa total	P. aparente absorbida
	Kw	Kw
CUADRO CCM	8,29	9,37
Total	8,29	9,37

La potencia de la EBAR computa en el cálculo del centro de transformación ya que, aunque se encuentra ubicada en otro emplazamiento, su acometida es directamente a la red de baja tensión propuesta.

3.1.1 POTENCIA TOTAL DEMANDADA

Sumando, por tanto, las potencias de la EDAR y la EBAR que son $P_s = 24,96 + 8,29 = 33,25 \text{ kW}$.

El coeficiente de simultaneidad se ha estimado en un 0,88 (corresponde con la potencia del cuadro de edificio, que será usado sólo eventualmente)

Se ha aplicado también un coeficiente de mayoración del 20% por lo que se obtiene una potencia demandada de $P_{dem} = 43,89 \text{ kW}$.

POTENCIA TOTAL DEMANDADA		
Potencia Activa Total	Kw	33,25
Coeficiente de simultaneidad		0,88
Potencia Simultánea Total	Kw	29,26
Factor de Potencia Medio	Cos φ	0,80
Potencia Aparente	KVA	36,58
Coeficiente de mayoración	%	20,00
Potencia Total Demandada	KVA	43,89

Transformador Necesario	KVA	50
-------------------------	-----	----

3.2 JUSTIFICACIÓN DE INTENSIDADES EN LOS DEVANADOS

En este apartado se determinará la intensidad máxima en los devanados de media tensión y baja tensión:

- INTENSIDAD EN ALTA TENSIÓN.

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

$$I_p = S / (1,732 \cdot U_p) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.
 U_p = Tensión compuesta primaria en kV.
 I_p = Intensidad primaria en A.

Sustituyendo valores:

Transformador	Potencia (kVA)	U_p (kV)	I_p (A)
trafo 1	50	25	1.15

- 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:

Transformador	Potencia (kVA)	U_s (V)	I_s (A)
trafo 1	50	380	75,97

3.3 ANÁLISIS DE CORRIENTE EN CORTOCIRCUITO

3.3.1 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 que debe ser contrastado con la Cía suministradora.

3.3.2 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.

3.3.3 CORTOCIRCUITO EN EL LADO DE ALTA TENSIÓN.

Utilizando las expresiones del apartado 3.2.

S_{cc} (MVA)	U_p (kV)	I_{ccp} (kA)
500	25	11,55

3.3.4 CORTOCIRCUITO EN EL LADO DE BAJA TENSIÓN.

Utilizando las expresiones del apartado 3.2.

Transformador	Potencia (kVA)	U_s (V)	U_{cc} (%)	I_{ccs} (kA)
trafo 1	50	380	4	1,90

3.4 JUSTIFICACIÓN DE LAS PROTECCIONES SELECCIONADAS

Protección en AT.

La protección contra sobrecargas del transformador en AT se realiza utilizando un Seccionador con fusibles de expulsión XS cut-out de tensión asignada 36 kV y 400 A de intensidad asignada.

El calibre de los fusibles será de 4A.

La protección contra sobretensiones del transformador en AT se realiza mediante autoválvulas de 36 kV de tensión asignada y una intensidad de descarga de 10 kA.

Protección en Baja Tensión.

En el circuito de baja tensión se instalará un armario que se colocará sobre el apoyo, el cual estará previsto para 2 salidas. La protección en baja tensión se realizará con cortocircuitos fusibles, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad nominal exigida a esa salida.

La descarga del trafo al cuadro de BT se realizará con conductores RZ 0,6/1kV 3x150 Al/80 Almelec cableados en haz con aislamiento de polietileno reticulado, instalados al aire cuya intensidad admisible a 40°C de temperatura ambiente es de 305 A.

En nuestro caso el número de haces es de 1.

3.5 PREVISIÓN DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA

3.5.1 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DEL TERRENO

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determina una resistividad media superficial de 200 Wxm.

3.5.2 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, $I_{dm\acute{a}x}$ (A): 300.
- Duración de la falta.

Desconexión inicial:

Tiempo máximo de eliminación del defecto (s): 1.

3.5.3 DISEÑO PRELIMINAR DEL SISTEMA DE TIERRAS

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.

3.5.3.1 Cálculo de la resistencia del sistema de tierra

Las características de la red de alimentación son:

- Tensión de servicio, $U = 25000$ V.
- Puesta a tierra del neutro:
 - Desconocida.
- Nivel de aislamiento de las instalaciones de Baja Tensión, $U_{bt} = 6000$ V.
- Características del terreno:
 - r terreno (Wxm): 200.
 - 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 :

$$R_t = K_r \cdot r (W)$$

- Intensidad de defecto, I_d :

$$I_d = I_{dm\acute{a}x} (A)$$

- Aumento del potencial de tierra, U_E :

$$U_E = R_t \cdot I_d (V)$$

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 40-40/5/82.
- Geometría: Anillo.
- Dimensiones (m): 4x4.

- 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, $K_r (W/Wxm) = 0.082$.
- De la tensión de paso, $K_p (V/((Wxm)A)) = 0.0181$.
- De la tensión de contacto exterior, $K_c (V/((Wxm)A)) = 0.0371$.

Sustituyendo valores en las expresiones anteriores, se tiene:

$$R_t = K_r \cdot r = 0.082 \cdot 200 = 16,4 \Omega.$$

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

$$U_E = R_t \cdot I_d = 16,4 \cdot 300 = 4920 \text{ V.}$$

TIERRA DE SERVICIO.

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 5/32.
- Geometría: Picas en hilera.
- Profundidad del electrodo (m): 0.5.
- Número de picas: 3.
- Longitud de las picas (m): 2.
- Separación entre picas (m): 3.

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia, $K_r (W/Wxm) = 0.135$.

Sustituyendo valores:

$$R_{t\text{NEUTRO}} = K_r \cdot r = 0.135 \cdot 200 = 27 \text{ W.}$$

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

Para evitar el peligro de la tensión de contacto, se debe instalar una losa de hormigón de espesor total 20 cm., como mínimo y que sobresalga 1,2 m. del borde de la base de la columna o poste. Dentro de esta losa (plataforma del operador) y hasta 1 m. del borde de la base de la columna o poste se embeberá un mallazo electrosoldado de 4 mm. de diámetro como mínimo formando una retícula de 0,30x0,30m. Este mallazo debe conectarse a dos puntos opuestos de la puesta a tierra. El mallazo tendrá por encima al menos 10 cm. de hormigón.

Asimismo, pueden adoptarse medidas de seguridad adicionales tales como recubrimiento de obra en apoyos metálicos hasta 3 m. de altura, o vallado de la plataforma del operador.

Todo ello encaminado a hacer inaccesibles las partes metálicas, susceptibles de quedar en tensión por defecto o avería, sobre todo desde fuera de la plataforma del operador evitando o haciendo muy difícil la aparición de tensiones de contacto.

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:

$$U_p = K_p \cdot r \cdot I_d = 0.0181 \cdot 200 \cdot 300 = 1086 \text{ V.}$$

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

Para evitar el peligro de la tensión de contacto, se debe instalar una losa de hormigón de espesor total 20 cm., como mínimo y que sobresalga 1,2 m. del borde de la base de la columna o poste. Dentro de esta losa (plataforma del operador) y hasta 1 m. del borde de la base de la columna o poste se embeberá un mallazo electrosoldado de 4 mm. de diámetro como mínimo formando una retícula de 0,30x0,30m. Este mallazo debe conectarse a dos puntos opuestos de la puesta a tierra. El mallazo tendrá por encima al menos 10 cm. de hormigón.

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.

$$U'p \text{ (acc)} = Kc \cdot r \cdot Id = 0.0371 \cdot 200 \cdot 300 = 2226 \text{ V.}$$

3.5.3.4 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:

$$Up = 10 \cdot Uca \cdot (1 + (2 \cdot Rac + 6 \cdot r_s \cdot Cs) / 1000) \text{ V.}$$

$$Up \text{ (acc)} = 10 \cdot Uca \cdot (1 + (2 \cdot Rac + 3 \cdot r_s \cdot Cs + 3 \cdot r_H) / 1000) \text{ V.}$$

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

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

Siendo:

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

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

Uca = Tensión de contacto aplicada admisible según ITC-RAT 13 (Tabla 1), en voltios.

Rac = Resistencias adicionales, como calzado, aislamiento de la torre, etc, en W.

Cs = Coeficiente reductor de la resistencia superficial del suelo.

hs = 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:

$$t' = 1 \text{ s.}$$

$$t = t' = 1 \text{ s.}$$

Sustituyendo valores:

$$Upa = 10 \cdot k / t^n \cdot (1 + 6 \cdot \rho / 1000) = 10 \cdot 78.5 \cdot (1 + 6 \cdot 200 / 1000) = 1727 \text{ V.}$$

$$Upa \text{ (acc)} = 10 \cdot k / t^n \cdot (1 + (3 \cdot \rho + 3 \cdot \rho_H) / 1000) = 10 \cdot 78.5 \cdot (1 + (3 \cdot 200 + 3 \cdot 3000) / 1000) = 8321 \text{ V.}$$

Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

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

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
----------	-----------------	-----------	-----------------

Tensión de paso			
en el exterior	$Up = 1086 \text{ V.}$	\leq	$Upa = 1727 \text{ V.}$

Tensión de paso			
en el acceso	$Up \text{ (acc)} = 2226 \text{ V.}$	\leq	$Upa \text{ (acc)} = 8321 \text{ V.}$

Tensión de defecto.

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
----------	-----------------	-----------	-----------------

Tensión de defecto	$Ud = 4920 \text{ V.}$	\leq	$Ubt = 6000 \text{ V.}$
--------------------	------------------------	--------	-------------------------

3.5.3.5 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 ($Dn-p$), entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio.

$$Dn-p^3 (r \cdot Id) / (2000 \cdot p) = (200 \cdot 300) / (2000 \cdot p) = 9,55 \text{ m.}$$

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 mm², aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

Corrección del diseño inicial.

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

4. INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN

4.1 INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN.

Este apartado abarca la infraestructura eléctrica necesaria a ejecutar en baja tensión desde el Centro de Transformación tipo Intemperie hasta la Caja General de Protección y Medida situada en el muro de la EDAR junto a la puerta de entrada, lugar límite entre las instalaciones de Endesa y las de cliente.

Además, se definirá la acometida subterránea para el suministro a la EBAR.

4.1.1 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.

EDAR:

Se instalará una red subterránea de baja tensión XLPE RV0.6/1 KV 4x25 mm² Al, bajo canalización formada por tubo de PE160, dejando un tubo de reserva para posibles ampliaciones, e intercalando arquetas normalizadas por la Compañía Endesa en cada cambio de sentido y cada 40 m.

La red de baja tensión terminará en la caja general de protección y medida dispuesta en el muro de la parcela de la EDAR junto a la puerta de entrada.

EBAR:

Se instalará una red subterránea de baja tensión XLPE RV0.6/1 KV 4x50 mm² Al, bajo canalización formada por tubo de PE160, dejando un tubo de reserva para posibles ampliaciones, e intercalando arquetas normalizadas por la Compañía Endesa en cada cambio de sentido y cada 40 m.

La red de baja tensión terminará en la caja general de protección y medida dispuesta en el muro de la EBAR.

4.2 CUADROS ELÉCTRICOS

4.2.1 CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN, MANDO Y PROTECCIÓN.

El cuadro denominado CGMP (Cuadro General de Mando y Protección) se realizarán según ITC-BT-017.

En este cuadro se instalarán las protecciones principales, así como los elementos de maniobra y automatismos para controlar los diferentes receptores de la instalación.

Cuando vayan en el interior de edificios los CCM estarán formados típicamente por columnas de armario metálicas autoportantes de 2000x800x600 mm (salvo que por sus reducidas dimensiones puedan ser de fijación mural).

La colocación de los distintos elementos en el interior de los cuadros permitirá su correcta maniobrabilidad y ventilación, señalizándose cada circuito protegido una vez finalizada su instalación.

El **interruptor de corte general** tendrá las características reseñadas en el anexo de cálculo.

Se instalarán unas **bases toma-corrientes en el edificio** con el fin de tener alimentación eléctrica en otros equipos de menor importancia, tal como máquinas herramientas.

Se instalará un **analizador de red eléctrica** para medida electrónica de las principales magnitudes eléctricas: tensiones, intensidades potencias, energía, distorsión armónica, valores máximos, promedios, etc. (en sustitución de los voltímetros con conmutador voltimétrico y amperímetros tradicionales).

Se instalarán **limitador de sobretensiones transitorias** (obligado por REBT) y **limitador de sobretensiones permanentes** (exigido por Sevillana-Endesa) así como **protección contra fallo en la secuencia de fases** (mediante relé detector en la alimentación del cuadro que dispare el interruptor de cabecera o efecto similar).

Cada circuito contará con protección diferencial y magnetotérmica.

En las **salidas a motores**, en lugar de la estructura “interruptor diferencial + disyuntor magnetotérmico + contactor motor” se empleará la estructura “arrancador controlador + central diferencial” ya que presenta las siguientes ventajas:

1ª) Frente al interruptor diferencial tradicional, la central diferencial (marca Circutor gama CBS):

- Permite ajustar la sensibilidad de la protección diferencial.
- Permite ajustar el retardo del disparo diferencial.
- Permite visualizar la corriente de fuga en el equipo protegido.
- Permiten la comunicación con el autómata con posibilidad de rearme.
- Ocupan menor espacio en el armario.

2ª) Frente al disyuntor magnetotérmico, el arrancador controlador (marca Telemecánica gama Tesys U o equivalente):

- La protección es de tipo electrónica (no bimetálica), por tanto, más rápida y segura, con efecto memoria.
- Permiten la comunicación con el autómata con posibilidad de rearme del disparo térmico.
- Ocupan menor espacio en armario.

De este modo, en las salidas a motor se usará la estructura “arrancador controlador + central diferencial” para **arranque directo**, la estructura “arrancador controlador + central diferencial + arrancador electrónico” para **arranque suave** y la estructura “arrancador controlador + central diferencial + variador de frecuencia” para **arranque con variación de velocidad**, en función de la potencia y el tipo de motor., lo que viene definido en el esquema unifilar.

En **salidas a medidores de campo** (caudalímetros, etc.) se instalarán protección magnetotérmica y diferencial independiente para cada equipo. Se usará la estructura “interruptor magnetotérmico de pequeño calibre (2A) + bloque diferencial de alta sensibilidad (30mA)”. Se añadirá una protección contra sobretensiones transitorias en la alimentación de corriente del medidor.

En **salidas a cuadros** (como cuadro alumbrado exterior, etc.) se instalarán protección magnetotérmica y diferencial independiente. Se usará la estructura “interruptor magnetotérmico + bloque diferencial”.

4.2.2 PARTICULARIDADES DE ALGUNAS SALIDAS A RECEPTORES.

El **pretratamiento compacto** de la EDAR se suministrará de fábrica con el cuadro eléctrico incorporado. No obstante, se añadirá un módulo de entradas/salidas comunicado con el autómata PLC para que, de una parte el PLC esté informado del estado de los equipos y de otra parte, el PLC pueda controlar la puesta en marcha de los mismos.

En el **bombeo de la Etapa 1** y en el **bombeo de la etapa 2**, se instalarán dos (2) equipos quedando uno (1) en reserva que irá rotando. Todas las bombas podrán trabajar en paralelo (aunque en condiciones normales una de ellas permanecerá en reserva) y en ningún caso la parada de las bombas será simultánea. El funcionamiento de los mismos vendrá regulado mediante autómatas PLC.

4.3 CÁLCULO DEL SISTEMA DE COMPENSACIÓN DE REACTIVA

La potencia correspondiente a aparatos y motores que consumen potencia reactiva en la instalación es de **24,96 kW**. Para corregir el factor de potencia y minimizar así la potencia reactiva se instalarán equipos adaptativos de mejora del factor de potencia, de tal manera que se lleve éste hasta un valor de **0.99**.

El factor de potencia medio de la instalación, calculado anteriormente, es de 0,80. Por tanto:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

Donde:

cos φ : el factor de potencia

P: la potencia activa (KW)

Q: potencia reactiva (KVAr)

S: potencia aparente (KVA)

La potencia activa es **21,32 kW**,

$$\cos \varphi 1 = 0.80 \quad S1 = 31,20 \text{ KVA} \quad Q1 = 18,72 \text{ KVAr}$$

$$\cos \varphi 2 = 0.99 \quad S2 = 25,21 \text{ KVA} \quad Q2 = 3,56 \text{ KVAr.}$$

Por tanto, es necesario compensar 15,16 KVAR. Para lo cual, se instalará **una batería de condensadores automáticos de 20 KVAR**, de tensión asignada 400 V, trifásico, frecuencia 50 Hz, grado de protección mural, con protección interna, contactores con resistencias, interruptor termomagnético C60H, regulador de E.R. y seccionador bajo carga INS.

4.4 TOMAS DE TIERRA

Cumplirán con el REBT y particularmente la ITC-BT-18 e ITC-BT-19.

Las máquinas, masas metálicas y receptores llevarán conexionado a tierra.

Todas las líneas llevarán un hilo de protección de igual sección que las fases respectivas y conectadas todos los terminales a un circuito general de tierra.

El electrodo se dimensionará de forma que su resistencia de tierra, en cualquier circunstancia previsible, no sea superior al valor especificado para ella en cada caso.

Este valor de resistencia de tierra será tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a:

24 V en local o emplazamiento conductor.

50 V en los demás casos.

No se colocará en la línea general de protección ningún dispositivo de corte (seccionador, fusible o interruptor).

Únicamente se podrá instalar un dispositivo de corte que permita medir la resistencia de la toma de tierra.

En los equipos de protección diferencial ajustables, se establecerá el umbral de 60 mA de intensidad de defecto máxima con el fin de proteger a las personas contra contactos indirectos fortuitos.

4.5 CONEXIONADO DEL CONDUCTOR DE PROTECCIÓN.

El conductor de protección está destinado a funciones de protección de la red contra cortocircuitos unipolares, defectos francos a tierra, protección de las personas contra contactos directos e indirectos, etc.

Por los conductores de protección solamente circula corriente eléctrica (o corriente de defecto) en condiciones de servicio que pueden considerarse anormales. Esta corriente de defecto debe anularse mediante los correspondientes medios de protección.

Los conductores de protección pueden conectarse de diferentes maneras, según sea la misión protectora que deben cumplir; en todos los casos, los conductores de protección unen las masas de los receptores con otras masas.

Los conductores de neutro y de protección serán independientes en toda la red eléctrica. Por lo tanto, la línea general de distribución de la red constará de cinco (5) conductores.

Para que las masas de la instalación receptora puedan estar conectadas a neutro como medida de protección contra contactos indirectos, la red de alimentación cumplirá las siguientes prescripciones especiales:

- La sección del conductor neutro será en todo su recorrido igual a la indicada en la tabla siguiente en función de la sección de los conductores de fase.

Sección de conductores de fase (mm ²)	Sección del conductor neutro en red aérea (mm ²)
S < 16	2,5 si los conductores no forman parte de la canalización de alimentación y tienen protección mecánica.
	4 si los conductores no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen protección mecánica
16 ≤ S ≤ 35	16
S > 35	S/2

- En las líneas aéreas, el conductor neutro se tenderá con las mismas precauciones que los conductores de fase.
- La resistencia de tierra del neutro no será superior a cinco (5) ohmios en las proximidades del centro de transformación.
- La resistencia global de tierra, de todas las tomas de tierra del neutro, no será superior a dos (2) ohmios.
- Debe procurarse en las redes subterráneas la unión del conductor neutro de las cajas de empalme, terminales, etc., con las canalizaciones metálicas de agua próximas al emplazamiento de estas cajas y terminales.
- Las masas de las instalaciones receptoras deberán conectarse al conductor neutro mediante conductores de protección.

4.6 INSTALACIÓN INTERIOR

Para todos los circuitos que se ramifican desde los cuadros de protección, los conductores deberán ser fácilmente identificables, especialmente por lo que respecta a los conductores neutros y de protección. Esta identificación será por los colores que presenta su aislamiento. El conductor neutro se identificará por el color azul, el de protección por amarillo-verde y los conductores activos podrán ser marrones, negros o grises.

El trazado de los conductores se realizará siguiendo líneas horizontales y verticales, y siempre de una forma ordenada. En el caso de cruzamientos y paralelismos se tendrá en cuenta ITC-BT- 07 en toda su extensión.

4.7 ALUMBRADO

Todas las dependencias dispondrán de una instalación de alumbrado artificial para apoyar la iluminación natural cuando ésta no sea suficiente para asegurar un nivel luminoso adecuado.

En el caso de las lámparas fluorescentes o de descarga, será obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0,9, dando así cumplimiento al ITC-BT-44.

Asimismo, se instalará una red de alumbrado especial y de emergencia para garantizar, aun fallando el alumbrado general, la iluminación en todas las zonas y accesos de salida, que permita una eventual evacuación de las personas que se encuentren en el interior.

Cuando el suministro habitual de los alumbrados de emergencia y señalización falle, o su tensión caiga por debajo del 70% de su valor nominal, según ITC-BT-28, la alimentación de los elementos de estas instalaciones deberá conectarse automáticamente a un suministro autónomo compuesto por acumuladores propios e independientes.

Los aparatos autónomos para alumbrado de emergencia cumplirán, lo especificado en las normas UNE- EN 20062; 20392 y 60.598-2-22.

4.8 TOMAS DE CORRIENTE

Las tomas de corriente se proyectan y calculan para una intensidad máxima que pueda recorrer los conductores de alimentación, en ningún caso se alimentará la máxima potencia, ya que en todo momento se atenderá al diseño eléctrico de la acometida.

El diferencial de la instalación y la protección magnetotérmica están diseñados para que en la instalación no se sobrepase las intensidades máximas admisibles.

4.9 CÁLCULOS ELÉCTRICOS.

4.9.1 NORMAS GENERALES DE APLICACIÓN PARA EL CÁLCULO.

Los cables de alimentación a cuadros y a motores se han dimensionado teniendo en cuenta lo especificado por el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión en las siguientes instrucciones:

ITC-BT-047.

- Los conductores que alimenten a un solo motor deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125 por 100 de la intensidad a plena carga del motor en cuestión.
- Los conductores que alimentan a varios motores deberán estar dimensionados para una intensidad no menor a la suma del 125 por 100 de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia más la intensidad a plena carga de todos los demás.

ITC-BT-07

- Tabla 5. Intensidad máxima admisible en amperios para cables con conductores de cobre, instalados enterrados en servicio permanente a $t = 40^{\circ}\text{C}$.
- Se ha considerado el caso de un cable tripolar o tetrapolar con aislamiento de polietileno reticulado, y tensión de aislamiento 0,6/1 KV designados por RV 0,6/1 KV.
- Los cables se instalarán tendidos sobre bandeja perforada, en una sola capa, o bajo tubo de PVC.
- Los factores de reducción sobre la intensidad máxima admisible dados en la tabla 14 y 15, se referirán a bandejas perforadas, según instalación y cables.
- Los factores de reducción sobre la intensidad máxima admisible dados en el punto 3.1.3, se referirán a canalización bajo tubo según instalación y cables

ITC BT 019.

- La sección de los conductores a utilizar, para instalaciones industriales que se alimenten directamente de alta tensión mediante un transformador de distribución propio se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización sea menor del 4,5% de la tensión nominal en el origen de la instalación, para alumbrado y del 6,5% en los demás casos.

ITC-BT-29

Debido a la existencia de emplazamiento en los que existe o puede existir riesgo de explosión o de incendio, se da aplicación a la presente instrucción técnica.

Los cables se han calculado por densidad de corriente y por caída de tensión. La condición de intensidad de cortocircuito ha sido tomada en cuenta en la línea de media tensión, por no ser determinante en el resto de la instalación debido a las protecciones, según el ANEXO 2 de la Guía Técnica de Aplicación Cálculo de Caídas de Tensión.

4.9.2 CÁLCULO POR DENSIDAD DE CORRIENTE.

La intensidad se ha obtenido de las fórmulas:

- Para líneas trifásicas:

$$I_n = \frac{K \cdot P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \alpha}$$

- Para líneas monofásicas:

$$I = \frac{P}{U}$$

Donde:

I: Intensidad de corriente, en amperios.

K: Coeficiente de carga. (1,8 para lámpara de descarga, 1 para las demás cargas).

U: Tensión de servicio, en voltios. (400 V para líneas trifásicas, 230 V para líneas monofásicas).

cos: 0,8

Los conductores proyectados son de los tipos siguientes:

- Cables de Centro Transformación a Cuadro General de Distribución CGD: RZ1-K(AS)-K(AS)-K 0,6/1 KV.
- Cables de CGD a cuadros CCM de Fuerza: RV-K 0,6/1 KV.
- Cables de CCM a elementos de fuerza (motores...): RV-K 0,6/1 KV
- Cables en zona con riesgo de incendio y explosión, Clase I Zona 0: RZ-K(AS) 0,6/1 KV, cumpliendo con la ITC-BT-29.

Para los cables enterrados en zanja, se ha aplicado el REBT, instrucción ITC-BT-07, "Redes subterráneas para distribución de energía eléctrica. Intensidades máximas admisibles", aplicándose:

- TABLA 12 "Intensidad máxima admisible en amperios para cables aislados con conductores de cobre, instalados al aire, servicio permanente".
- TABLA 13 "Coeficientes de corrección F para temperaturas distinta a 40°C".
- TABLA 14 "Factor de corrección para agrupación de cables unipolares instalados al aire".
- TABLA 15 "Factor de corrección para agrupación de cables trifásicos".

También se ha tenido en cuenta la instrucción ITC-BT-019: "Instalaciones interiores o receptoras" en el caso de conductores canalizados bajo tubo de acero.

Asimismo, se ha cumplido la Tabla V, de la citada instrucción ITC-BT-07, referente a las secciones mínimas de los conductores de protección en función de los conductores de fase respectivos.

Como secciones mínimas de conductores se han adoptado las siguientes:

- Cables de alimentación a motores: 2,5 mm², en caso de ir enterrados 6 mm².
- Cables de alimentación a cuadros locales de alumbrado: 6 mm².
- Cables de alimentación a tomas de corriente: 2,5 mm².
- Cables de alimentación a puntos de alumbrado: 1,5 mm².
- Cables de alimentación a alumbrado exterior: 6 mm².
- Cables de mando y control: 1,5 mm².
- Cables de fuerza o alumbrado enterrados: 6 mm².

TABLA V.- Conductores de protección.

Sección de conductores de fase (mm ²)	Sección de conductor neutro en red aérea (mm ²)
S < 16	2,5 si los conductores no forman parte de la canalización de alimentación y tienen protección mecánica.
	4 si los conductores no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen protección mecánica
16 ≤ S ≤ 35	16
S > 35	S/2

4.9.3 CÁLCULO POR CAÍDA DE TENSIÓN.

La caída de tensión se ha calculado por las fórmulas:

- Para líneas trifásicas:

$$\Delta U = \frac{K \cdot P \cdot L}{C \cdot S \cdot U}$$

- Para líneas monofásicas:

$$\Delta U = \frac{2 \cdot K \cdot P \cdot L}{C \cdot S \cdot U}$$

Donde:

ΔU : Caída de tensión del tramo en voltios

K: Coeficiente por tipo de carga (1,8 para lámparas de descarga, 1 para las demás cargas).

P: Potencia activa transportada, en vatios.

L: Longitud de la línea, en metros.

C: Conductibilidad del cobre: 56 m/ Ω m².

S: Sección del conductor de fase, en mm².

U: Tensión entre fases en voltios (400 V para líneas trifásicas, 220 V para líneas monofásicas).

Como caída de tensión máxima admisible se ha tomado el 5% para fuerza, y el 4,5% para alumbrado (medido desde el CT), de acuerdo con el estipulado en el REBT, poniendo como límites en la distribución el siguiente reparto de dicha caída de tensión:

- Distribución de fuerza:

- o De CCM1 a elementos de fuerza..... 5,0 %
- o De CCM1 a CCM2 de fuerza..... 1,0 %
- o De CCM2 a elementos de fuerza..... 4,0 %

TOTAL (desde CGD) 5 %

- Distribución de alumbrado:

- o De CCM1 a CS..... 0,5 %
- o De CS a elemento de alumbrado 2,5 %
- TOTAL (desde CGD) 3,5 %**

4.10 CABLEADO A RECEPTORES.

4.10.1 ALIMENTACIÓN A CUADROS SECUNDARIOS

Partimos de la máxima intensidad de cortocircuito calculada en baja tensión en el centro de transformación.

El poder de limitación de los interruptores automáticos previstos se traduce en su capacidad de dejar pasar, durante un cortocircuito, una intensidad de defecto muy inferior a la calculada.

La sollicitación térmica en los cables (en A2s) limitada en función del valor eficaz de la corriente de cortocircuito no requiere sobredimensionar estos por condiciones de cortocircuito.

A continuación, se comprueba la carga admisible por densidad de corriente y la caída de tensión en cada una de las alimentaciones a cuadros secundarios.

Las potencias que se consideran en el cuadro al final de este desarrollo son las simultáneas calculadas en el balance de potencias, incrementadas en el 25% del motor de mayor potencia alimentado por el cuadro. La intensidad admisible por el cable está reducida en un 20% por condiciones de instalación.

4.10.2 CABLES DE ALIMENTACIÓN A MOTORES

Todos los cables de alimentación a motores de pequeña potencia serán tetrapolares, es decir, el conductor del neutro forma parte del propio cable. Esta disposición está justificada por tratarse de pequeños motores que no requieren grandes secciones de cable para su alimentación, resultando un tipo de instalación más estética y de menor costo que si lleváramos el cable de tierra independiente a cada motor. Esta forma de instalación está recomendada por la propia instrucción ITC-BT-19.

Para los cables que se instalen en canalizaciones subterráneas fuera de los edificios, la sección mínima será de 6 mm².

La sección que aparece en los detalles de cálculos del final de este documento es orientativa de la sección mínima necesaria desde el punto de vista eléctrico, pero la sección mínima a instalar en este tipo de cables será de 2,5 mm² en interior de edificios y de 6 mm² en las canalizaciones subterráneas.

Por otra parte, al estar todos los cables de alimentación a motores protegidos por dispositivos de alta capacidad de ruptura, con tiempos de corte inferiores a un semiperíodo y curva limitadora de corriente de cortocircuito, no es necesario tener en cuenta esta condición en su dimensionado.

4.10.3 CABLES DE ALUMBRADO VIALES

Tal como establece la misma norma, la sección mínima prevista en instalación subterránea, es de 6 mm². Se ha comprobado que, con esta sección, la caída de tensión en el circuito de mayor carga y longitud es inferior al 3% de la tensión nominal en el origen de la instalación (CGD).

4.10.4 CANALIZACIONES TIPO ZANJA.

Hemos unificado las zanjas hacia elementos de fuerza y las zanjas hacia elementos de alumbrado, pero manteniendo el cableado por tubos independientes.

Se ha previsto un tubo vacío de Ø90mm en reserva para futuras ampliaciones.

4.11 ALUMBRADO EXTERIOR

4.11.1 OBJETO

El presente apartado tiene por objeto la descripción y definición de las características y condiciones legales, técnicas y de seguridad que reunirá la instalación eléctrica destinada al alumbrado público del Proyecto que nos ocupa.

Incluye el alumbrado exterior del vial de acceso e interior a la EDAR, la colocación de columnas, luminarias, equipos auxiliares, tendido de cables y conexionado de todos los puntos de luz, cimentaciones de columnas, zanjas, arquetas y red de toma de tierras.

4.11.2 NORMATIVA

AUTONÓMICO:

- Ley 7/2007, de 9 de julio de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental

ESTATAL:

- Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07.

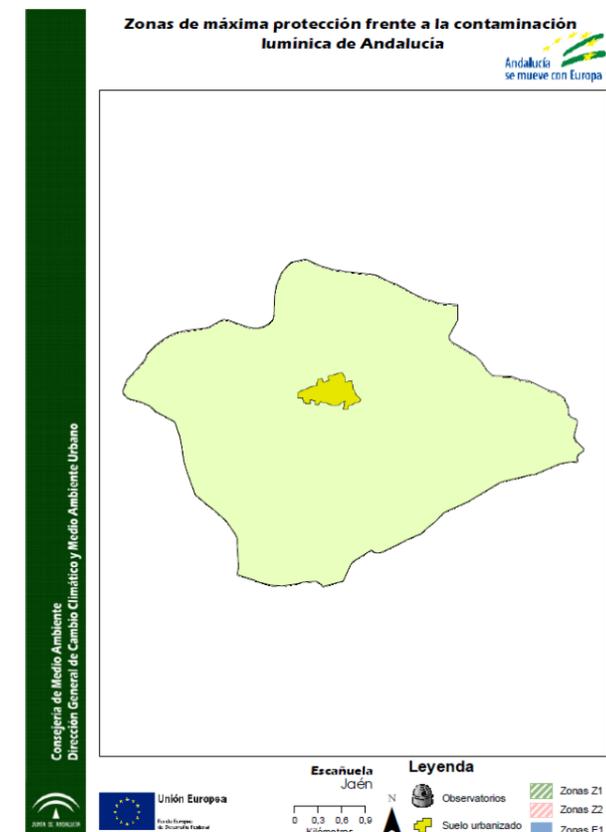
4.11.3 FICHA INFORMATIVA

TIPO DE ACTUACIÓN		Estación depuradora	
NUEVA	x	MODIFICACIÓN	
TIPO DE ZONIFICACIÓN		E2	
CLASIFICACIÓN DEL ALUMBRADO EXTERIOR		Alumbrado para la vigilancia y seguridad nocturna	
CLASIFICACIÓN DEL SUELO SEGÚN PLANEAMIENTO URBANÍSTICO		Suelo no urbanizable	
DENSIDAD DE EDIFICACIÓN			

De acuerdo con el artículo 63 de la Ley de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental, la zonificación lumínica en la zona de actuación sería:

E2:

Áreas que admiten flujo luminoso reducido: terrenos clasificados como URBANIZABLES y NO URBANIZABLES no incluidos en la zona E1.



4.11.4 CARACTERÍSTICAS DE LA ILUMINACIÓN

De acuerdo con la Instrucción Técnica Complementaria EA-02 del Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07, se consideran este tipo de alumbrado exterior como **Alumbrado para la vigilancia y seguridad nocturna**. Los requerimientos y niveles de iluminación para los distintos tipos de alumbrado serán los que se recogen en las Instrucciones Técnicas Complementarias 02 y 03 del Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, así como en los artículos siguientes.

CARACTERÍSTICAS DE LAS LÁMPARAS Y LUMINARIAS:

Sin perjuicio de lo dispuesto en el Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, las lámparas y luminarias habrán de tener las siguientes características:

a) En relación al tipo de lámpara, se emplearán aquellas que proporcionen mayor eficiencia energética del alumbrado y resulten compatibles con las exigencias contempladas en el presente Reglamento.

La distribución espectral de la luz emitida por las lámparas ha de ser tal que la suma de las radiancias espectrales para todas las longitudes de onda menores de 440 nm sea inferior al 15% de su radiancia total. En el caso de emplearse leds, la suma de las radiancias espectrales para todas las longitudes de onda menores de 500 nm será inferior al 15% de su radiancia total. Si es superior, deberán aplicarse filtros para cumplir los límites anteriores. Cuando el uso de la zona iluminada no requiera un alto grado de reproducción cromática y cuando las características técnicas lo permitan, se optará por lámparas monocromáticas o cuasi monocromáticas.

b) Se deben utilizar luminarias con un diseño tal que proyecten la luz por debajo del plano horizontal.

c) Con carácter general, se emplearán luminarias que no proyecten la luz fuera del objeto o zona a iluminar evitando que ésta se introduzca directamente en fincas colindantes o se dirija hacia el cielo nocturno. A tal fin se interpondrán paramentos, lamas, para-lúmenes o cualquier otro elemento adecuado.

INTRUSIÓN LUMÍNICA

Las instalaciones de alumbrado exterior nuevas, entendiéndose por éstas las que no se consideren existentes conforme a los criterios contenidos en la disposición transitoria segunda, con excepción del alumbrado festivo y navideño, deberán cumplir los valores máximos establecidos en la Instrucción Técnica Complementaria EA-03 del Real Decreto 1890/2008,

de 14 de noviembre, con objeto de minimizar los efectos de la luz intrusa o molesta procedente de las mismas sobre las personas residentes y sobre la ciudadanía en general.

RÉGIMEN Y HORARIO DE USOS DEL ALUMBRADO

Con carácter general se establece como horario nocturno el comprendido en la franja horaria siguiente:

- a) Desde las 0,00 horas, hasta las 6,00 horas, en el período de la hora de invierno.
- b) Desde las 1,00 horas, hasta las 6,00 horas, en el período de la hora de verano.

No obstante, el Ayuntamiento podrá establecer de forma justificada en sus ordenanzas municipales ampliaciones al horario nocturno.

Todas las instalaciones de alumbrado exterior nuevas deben estar dotadas con sistemas automáticos de regulación o encendido y apagado, que les sean necesarios para el cumplimiento de lo establecido en el presente Reglamento, así como en el Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre.

En zonas clasificadas como E2, el alumbrado exterior que no sea necesario por motivos de seguridad, se mantendrá apagado durante el horario nocturno.

Las instalaciones de alumbrado exterior deben reducir en la medida de lo posible el flujo luminoso durante el horario nocturno con respecto a los límites que les sean aplicables, manteniendo la uniformidad de la iluminación.

FLUJO HEMISFÉRICO SUPERIOR INSTALADO

El flujo hemisférico superior instalado no superará las limitaciones establecidas la Instrucción Técnica Complementaria EA-03 del Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre por el que se aprueba el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior:

LIMITACIONES AL FLUJO HEMISFÉRICO SUPERIOR INSTALADO (FHS_{inst}) SEGÚN ZONIFICACIÓN

Valores límite del FHS_{inst} según zonificación

E1	≤ 1 %
E2	≤ 5 %
E3	≤ 15 %
E4	≤ 15%
Para alumbrado viario en general	≤ 5 %

4.11.5 RESULTADOS LUMINOTÉCNICOS

Se adjunta en el Apéndice 1, el informe de resultados luminotécnicos.

4.12 RESULTADOS CALCULOS ELECTRICOS.

4.12.1 CÁLCULOS DE PUESTA A TIERRA

La instalación de puesta a tierra de la obra se efectuará de acuerdo con la reglamentación vigente, concretamente lo especificado en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión en su Instrucción 18, quedando sujeta a la misma las tomas de tierra y los conductores de protección.

Tipo de electrodo	Geometría	Resistividad del terreno
Dos picas en línea	$l = 2 \text{ m}$	50 Ohm-m

Las picas verticales podrán estar constituidas por:

- tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior,
- perfil de acero dulce galvanizado de 60 mm de lado,
- barra de cobre o de acero de 14 mm de diámetro como mínimo; las barras de acero tienen que estar recubiertas de una capa protectora exterior de cobre de espesor apropiado.

CONDUCTORES DE PROTECCIÓN

Los conductores de protección discurrirán por la misma canalización sus correspondientes circuitos y presentarán las secciones exigidas por la Instrucción ITC-BT 18 del REBT.

Resistencia de la puesta a tierra de las masas:

El cálculo de la resistencia de puesta a tierra de la instalación se realiza según la Instrucción 18 de Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Se instalarán dos picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = 13.63 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- R_e = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

El valor de resistividad del terreno supuesta para el cálculo es estimativo y no homogéneo. Deberá comprobarse el valor real de la resistencia de puesta a tierra una vez realizada la instalación y proceder a las correcciones necesarias para obtener un valor aceptable si fuera preciso.

Resistencia de la puesta a tierra del neutro:

El cálculo de la resistencia de puesta a tierra de la instalación se realiza según la Instrucción 18 de Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. La resistencia de puesta a tierra es de: 3.00 Ohm

4.12.2 RESULTADO DE CÁLCULOS ELÉCTRICOS EDAR.

CUADRO GENERAL DE MANDO Y PROTECCION

Fórmulas

Emplearemos las siguientes:

Sistema Trifásico

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

$$e = (L \times P_c / k \times U \times n \times S \times R) + (L \times P_c \times X_u \times \text{Sen}\phi / 1000 \times U \times n \times R \times \cos\phi) = \text{voltios (V)}$$

Sistema Monofásico:

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

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

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.

R = Rendimiento. (Para líneas motor).

n = Nº 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):

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

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

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).

Fórmulas compensación energía reactiva

$$\cos\theta = P/\sqrt{(P^2 + Q^2)}.$$

$$\text{tg}\theta = Q/P.$$

$$Q_c = P_x(\text{tg}\theta_1 - \text{tg}\theta_2).$$

$$C = Q_c x 1000 / U^2 x \omega; \text{ (Monofásico - Trifásico conexión estrella).}$$

$$C = Q_c x 1000 / 3 x U^2 x \omega; \text{ (Trifásico conexión triángulo).}$$

Siendo:

P = Potencia activa instalación (kW).
Q = Potencia reactiva instalación (kVAr).
Q_c = Potencia reactiva a compensar (kVAr).
 θ_1 = Angulo de desfase de la instalación sin compensar.
 θ_2 = Angulo de desfase que se quiere conseguir.
U = Tensión compuesta (V).
 $\omega = 2\pi f$; f = 50 Hz.
C = Capacidad condensadores (F); cx1000000(μF).

Fórmulas Cortocircuito

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

Siendo,

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

C_t: Coeficiente de tensión.

U: Tensión trifásica en V.

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

$$* I_{pccF} = C_t U_f / 2 Z_t$$

Siendo,

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

C_t: Coeficiente de tensión.

U_f: Tensión monofásica en V.

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

* La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:

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

Siendo,

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

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

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

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

R: Resistencia de la línea en mohm.

X: Reactancia de la línea en mohm.

L: Longitud de la línea en m.

C_R: Coeficiente de resistividad.

K: Conductividad del metal.

S: Sección de la línea en mm².

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

n: n^o de conductores por fase.

$$* t_{mccc} = C_c \cdot S^2 / I_{pccF}^2$$

Siendo,
 t_{mcicc}: Tiempo máximo en sg que un conductor soporta una I_{pcc}.
 C_c= Constante que depende de la naturaleza del conductor y de su aislamiento.
 S: Sección de la línea en mm².
 I_{pccF}: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

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

Siendo,
 t_{ficc}: tiempo de fusión de un fusible para una determinada intensidad de cortocircuito.
 I_{pccF}: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

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

Siendo,
 L_{max}: Longitud máxima de conductor protegido a c.c. (m) (para protección por fusibles)
 U_F: Tensión de fase (V)
 K: Conductividad
 S: Sección del conductor (mm²)
 X_u: Reactancia por unidad de longitud (mohm/m). En conductores aislados suele ser 0,1.
 n: n^o de conductores por fase
 C_t= 0,8: Es el coeficiente de tensión.
 C_R = 1,5: Es el coeficiente de resistencia.
 I_{F5} = Intensidad de fusión en amperios de fusibles en 5 sg.

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

CURVA B	IMAG = 5 I _n
CURVA C	IMAG = 10 I _n
CURVA D Y MA	IMAG = 20 I _n

Fórmulas Embarrados

Cálculo electrodinámico

$$\sigma_{max} = I_{pcc}^2 \cdot L^2 / (60 \cdot d \cdot W_y \cdot n)$$

Siendo,
 σ_{max}: Tensión máxima en las pletinas (kg/cm²)
 I_{pcc}: Intensidad permanente de c.c. (kA)
 L: Separación entre apoyos (cm)
 d: Separación entre pletinas (cm)
 n: n^o de pletinas por fase
 W_y: Módulo resistente por pletina eje y-y (cm³)
 σ_{adm}: Tensión admisible material (kg/cm²)

Comprobación por sollicitación térmica en cortocircuito

$$I_{cccs} = K_c \cdot S / (1000 \cdot \sqrt{t_{cc}})$$

Siendo,

I_{pcc}: Intensidad permanente de c.c. (kA)
 I_{cccs}: Intensidad de c.c. soportada por el conductor durante el tiempo de duración del c.c. (kA)
 S: Sección total de las pletinas (mm²)
 t_{cc}: Tiempo de duración del cortocircuito (s)
 K_c: Constante del conductor: Cu = 164, Al = 107

Fórmulas Resistencia Tierra

Placa enterrada

$$R_t = 0,8 \cdot \rho / P$$

Siendo,
 R_t: Resistencia de tierra (Ohm)
 ρ: Resistividad del terreno (Ohm·m)
 P: Perímetro de la placa (m)

Pica vertical

$$R_t = \rho / L$$

Siendo,
 R_t: Resistencia de tierra (Ohm)
 ρ: Resistividad del terreno (Ohm·m)
 L: Longitud de la pica (m)

Conductor enterrado horizontalmente

$$R_t = 2 \cdot \rho / L$$

Siendo,
 R_t: Resistencia de tierra (Ohm)
 ρ: Resistividad del terreno (Ohm·m)
 L: Longitud del conductor (m)

Asociación en paralelo de varios electrodos

$$R_t = 1 / (L_c / 2\rho + L_p / \rho + P / 0,8\rho)$$

Siendo,
 R_t: Resistencia de tierra (Ohm)
 ρ: Resistividad del terreno (Ohm·m)
 L_c: Longitud total del conductor (m)
 L_p: Longitud total de las picas (m)
 P: Perímetro de las placas (m)

DEMANDA DE POTENCIAS

- Potencia total instalada:

Pretratamiento Com	3830 W
Caudal Entrada	110 W
Caudal Alivio	110 W
Tomas 25 A Pretrat	3000 W
Multiparamétr. Ent	440 W
PLC Pretratamiento	280 W
Bombeo 1	2200 W
Bombeo 2	2200 W
Electroválvulas	100 W
Multiparamétr. Niv	440 W
PLC 1ª ETAPA	280 W
Bombeo 1	2200 W
Bombeo 2	2200 W
Multiparamétr. Niv	440 W
PLC 2ª ETAPA	280 W
Electroválvulas	110 W
C. Ed. Control	5300.45 W
C. Alumbrado Ext.	840 W
TOTAL....	24360.45 W

- Potencia Instalada Alumbrado (W): 840.45
- Potencia Instalada Fuerza (W): 23520
- Potencia Máxima Admisible (W): 27712

Cálculo de la ACOMETIDA

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: Enterrados Bajo Tubo (R.Subt)
- Longitud: 5 m; Cos φ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia de cálculo: 25 W.

$$I = 25 / 1,732 \times 400 \times 0.8 = 0.05 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x25mm²Al
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-Al
I.ad. a 25°C (Fc=1) 82 A. según ITC-BT-07
Diámetro exterior tubo: 90 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 25

$$e(\text{parcial}) = 5 \times 25 / 33.8 \times 400 \times 25 = 0 \text{ V.} = 0 \%$$

$$e(\text{total}) = 0\% \text{ ADMIS (2\% MAX.)}$$

Cálculo de la LINEA GENERAL DE ALIMENTACION

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: Enterrados Bajo Tubo (R.Subt)

- Longitud: 5 m; Cos φ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 24360.45 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47 y ITC-BT-44):
 $3830 \times 1.25 + 20530.81 = 25318.31 \text{ W. (Coef. de Simult.: 1)}$

$$I = 25318.31 / 1,732 \times 400 \times 0.8 = 45.68 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x25+TTx16mm²Cu
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K
I.ad. a 25°C (Fc=1) 105 A. según ITC-BT-07
Diámetro exterior tubo: 110 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 37.3

$$e(\text{parcial}) = 5 \times 25318.31 / 52.03 \times 400 \times 25 = 0.24 \text{ V.} = 0.06 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.06\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

Fusibles Int. 50 A.

Cálculo de la DERIVACION INDIVIDUAL

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: Enterrados Bajo Tubo (R.Subt)
- Longitud: 185 m; Cos φ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 24360.45 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47 y ITC-BT-44):
 $3830 \times 1.25 + 20530.81 = 25318.31 \text{ W. (Coef. de Simult.: 1)}$

$$I = 25318.31 / 1,732 \times 400 \times 0.8 = 45.68 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x25+TTx16mm²Cu
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K
I.ad. a 25°C (Fc=1) 105 A. según ITC-BT-07
Diámetro exterior tubo: 75 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 37.3

$$e(\text{parcial}) = 185 \times 25318.31 / 52.03 \times 400 \times 25 = 9 \text{ V.} = 2.25 \%$$

$$e(\text{total}) = 2.31\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

Mag. Tetrapolar Int. 50 A.

Cálculo de la Línea: Pretratamiento Com

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: D-Unip.o Mult.Conduct.enterrad.
- Longitud: 55 m; Cos φ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0; R: 1
- Potencia a instalar: 3830 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47): $3830 \times 1.25 = 4787.5 \text{ W.}$
 $I = 4787.5 / 1,732 \times 400 \times 0.8 \times 1 = 8.64 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares 4x2.5+TTx2.5mm²Cu
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K
I.ad. a 25°C (Fc=1) 27.5 A. según ITC-BT-19
Diámetro exterior tubo: 32 mm.

Caída de tensión:
Temperatura cable (°C): 44.93
 $e(\text{parcial}) = 55 \times 4787.5 / 50.61 \times 400 \times 2.5 \times 1 = 5.2 \text{ V.} = 1.3 \%$
 $e(\text{total}) = 3.61\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:
I. Mag. Tetrapolar Int. 16 A.
Protección diferencial:
Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 300 mA. Clase AC.

Cálculo de la Línea: Caudal Entrada

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: D-Unip.o Mult.Conduct.enterrad.
- Longitud: 60 m; Cos φ: 0.85; Xu(mΩ/m): 0;
- Potencia a instalar: 110 W.
- Potencia de cálculo: 110 W.

$I = 110 / 230 \times 0.85 = 0.56 \text{ A.}$
Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K
I.ad. a 25°C (Fc=1) 32.5 A. según ITC-BT-19
Diámetro exterior tubo: 32 mm.

Caída de tensión:
Temperatura cable (°C): 40.01
 $e(\text{parcial}) = 2 \times 60 \times 110 / 51.51 \times 230 \times 2.5 = 0.45 \text{ V.} = 0.19 \%$
 $e(\text{total}) = 2.51\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:
I. Mag. Bipolar Int. 16 A.
Protección diferencial:
Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase A.

Cálculo de la Línea: Caudal Alivio

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: D-Unip.o Mult.Conduct.enterrad.
- Longitud: 60 m; Cos φ: 0.85; Xu(mΩ/m): 0;
- Potencia a instalar: 110 W.
- Potencia de cálculo: 110 W.

$I = 110 / 230 \times 0.85 = 0.56 \text{ A.}$
Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K

I.ad. a 25°C (Fc=1) 32.5 A. según ITC-BT-19
Diámetro exterior tubo: 32 mm.

Caída de tensión:
Temperatura cable (°C): 40.01
 $e(\text{parcial}) = 2 \times 60 \times 110 / 51.51 \times 230 \times 2.5 = 0.45 \text{ V.} = 0.19 \%$
 $e(\text{total}) = 2.51\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:
I. Mag. Bipolar Int. 16 A.
Protección diferencial:
Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase A.

Cálculo de la Línea: Tomas 25 A Pretrat

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: D-Unip.o Mult.Conduct.enterrad.
- Longitud: 60 m; Cos φ: 0.8; Xu(mΩ/m): 0;
- Potencia a instalar: 3000 W.
- Potencia de cálculo: 3000 W.

$I = 3000 / 230 \times 0.8 = 16.3 \text{ A.}$
Se eligen conductores Unipolares 2x4+TTx4mm²Cu
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K
I.ad. a 25°C (Fc=1) 42 A. según ITC-BT-19
Diámetro exterior tubo: 40 mm.

Caída de tensión:
Temperatura cable (°C): 47.53
 $e(\text{parcial}) = 2 \times 60 \times 3000 / 50.14 \times 230 \times 4 = 7.8 \text{ V.} = 3.39 \%$
 $e(\text{total}) = 5.7\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:
I. Mag. Bipolar Int. 20 A.
Protección diferencial:
Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase A.

Cálculo de la Línea: Multiparamétr. Ent

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: D-Unip.o Mult.Conduct.enterrad.
- Longitud: 60 m; Cos φ: 0.85; Xu(mΩ/m): 0;
- Potencia a instalar: 440 W.
- Potencia de cálculo: 440 W.

$I = 440 / 230 \times 0.85 = 2.25 \text{ A.}$
Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K
I.ad. a 25°C (Fc=1) 32.5 A. según ITC-BT-19
Diámetro exterior tubo: 32 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.24

$e(\text{parcial}) = 2 \times 60 \times 440 / 51.47 \times 230 \times 2.5 = 1.78 \text{ V.} = 0.78 \%$

$e(\text{total}) = 3.09\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase A.

Cálculo de la Línea: PLC Pretratamiento

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra

- Longitud: 2 m; Cos φ : 0.95; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;

- Potencia a instalar: 280 W.

- Potencia de cálculo: 280 W.

$I = 280 / 230 \times 0.95 = 1.28 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + \text{TT} \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, PVC. Desig. UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C ($F_c = 1$) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.11

$e(\text{parcial}) = 2 \times 2 \times 280 / 51.5 \times 230 \times 2.5 = 0.04 \text{ V.} = 0.02 \%$

$e(\text{total}) = 2.33\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase A.

Cálculo de la Línea: Bombeo 1

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: D-Unip.o Mult.Conduct.enterrad.

- Longitud: 20 m; Cos φ : 0.8; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0; R: 1

- Potencia a instalar: 2200 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):

$2200 \times 1.25 = 2750 \text{ W.}$

$I = 2750 / 1,732 \times 400 \times 0.8 \times 1 = 4.96 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares $4 \times 2.5 + \text{TT} \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K

I.ad. a 25°C ($F_c = 1$) 27.5 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 32 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.63

$e(\text{parcial}) = 20 \times 2750 / 51.21 \times 400 \times 2.5 \times 1 = 1.07 \text{ V.} = 0.27 \%$

$e(\text{total}) = 2.58\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 300 mA. Clase AC.

Cálculo de la Línea: Bombeo 2

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: D-Unip.o Mult.Conduct.enterrad.

- Longitud: 20 m; Cos φ : 0.8; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0; R: 1

- Potencia a instalar: 2200 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):

$2200 \times 1.25 = 2750 \text{ W.}$

$I = 2750 / 1,732 \times 400 \times 0.8 \times 1 = 4.96 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares $4 \times 2.5 + \text{TT} \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K

I.ad. a 25°C ($F_c = 1$) 27.5 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 32 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.63

$e(\text{parcial}) = 20 \times 2750 / 51.21 \times 400 \times 2.5 \times 1 = 1.07 \text{ V.} = 0.27 \%$

$e(\text{total}) = 2.58\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 300 mA. Clase AC.

Cálculo de la Línea: Electroválvulas

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: D-Unip.o Mult.Conduct.enterrad.

- Longitud: 20 m; Cos φ : 0.85; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;

- Potencia a instalar: 100 W.

- Potencia de cálculo: 100 W.

$I = 100 / 230 \times 0.85 = 0.51 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + \text{TT} \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K

I.ad. a 25°C ($F_c = 1$) 32.5 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 32 mm.

Caída de tensión:
Temperatura cable (°C): 40.01
 $e(\text{parcial}) = 2 \times 20 \times 100 / 51.51 \times 230 \times 2.5 = 0.14 \text{ V.} = 0.06 \%$
 $e(\text{total}) = 2.37\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:
I. Mag. Bipolar Int. 16 A.
Protección diferencial:
Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase A.

Cálculo de la Línea: Multiparamétr. Niv

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: D-Unip.o Mult.Conduct.enterrad.
- Longitud: 20 m; Cos φ : 0.85; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Potencia a instalar: 440 W.
- Potencia de cálculo: 440 W.

$I = 440 / 230 \times 0.85 = 2.25 \text{ A.}$
Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + \text{TT} \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K
I.ad. a 25°C ($F_c = 1$) 32.5 A. según ITC-BT-19
Diámetro exterior tubo: 32 mm.

Caída de tensión:
Temperatura cable (°C): 40.24
 $e(\text{parcial}) = 2 \times 20 \times 440 / 51.47 \times 230 \times 2.5 = 0.59 \text{ V.} = 0.26 \%$
 $e(\text{total}) = 2.57\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:
I. Mag. Bipolar Int. 16 A.
Protección diferencial:
Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase A.

Cálculo de la Línea: PLC 1ª ETAPA

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 2 m; Cos φ : 0.95; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Potencia a instalar: 280 W.
- Potencia de cálculo: 280 W.

$I = 280 / 230 \times 0.95 = 1.28 \text{ A.}$
Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + \text{TT} \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K
I.ad. a 40°C ($F_c = 1$) 26.5 A. según ITC-BT-19
Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:
Temperatura cable (°C): 40.12

$e(\text{parcial}) = 2 \times 2 \times 280 / 51.49 \times 230 \times 2.5 = 0.04 \text{ V.} = 0.02 \%$
 $e(\text{total}) = 2.33\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:
I. Mag. Bipolar Int. 16 A.
Protección diferencial:
Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase A.

Cálculo de la Línea: Bombeo 1

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: D-Unip.o Mult.Conduct.enterrad.
- Longitud: 90 m; Cos φ : 0.8; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0; R: 1
- Potencia a instalar: 2200 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):
 $2200 \times 1.25 = 2750 \text{ W.}$

$I = 2750 / 1,732 \times 400 \times 0.8 \times 1 = 4.96 \text{ A.}$
Se eligen conductores Unipolares $4 \times 2.5 + \text{TT} \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K
I.ad. a 25°C ($F_c = 1$) 27.5 A. según ITC-BT-19
Diámetro exterior tubo: 32 mm.

Caída de tensión:
Temperatura cable (°C): 41.63
 $e(\text{parcial}) = 90 \times 2750 / 51.21 \times 400 \times 2.5 \times 1 = 4.83 \text{ V.} = 1.21 \%$
 $e(\text{total}) = 3.52\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:
I. Mag. Tetrapolar Int. 16 A.
Protección diferencial:
Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 300 mA. Clase AC.

Cálculo de la Línea: Bombeo 2

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 90 m; Cos φ : 0.8; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0; R: 1
- Potencia a instalar: 2200 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):
 $2200 \times 1.25 = 2750 \text{ W.}$

$I = 2750 / 1,732 \times 400 \times 0.8 \times 1 = 4.96 \text{ A.}$
Se eligen conductores Unipolares $4 \times 2.5 + \text{TT} \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, PVC. Desig. UNE: H07V-K
I.ad. a 40°C ($F_c = 1$) 18.5 A. según ITC-BT-19
Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:
Temperatura cable (°C): 42.16

$e(\text{parcial}) = 90 \times 2750 / 51.12 \times 400 \times 2.5 \times 1 = 4.84 \text{ V.} = 1.21 \%$
 $e(\text{total}) = 3.52\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:
I. Mag. Tetrapolar Int. 16 A.
Protección diferencial:
Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 300 mA. Clase AC.

Cálculo de la Línea: Multiparamétr. Niv

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: D-Unip.o Mult.Conduct.enterrad.
- Longitud: 90 m; Cos φ : 0.85; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 440 W.
- Potencia de cálculo: 440 W.

$I = 440 / 230 \times 0.85 = 2.25 \text{ A.}$
Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K
I.ad. a 25°C ($F_c=1$) 32.5 A. según ITC-BT-19
Diámetro exterior tubo: 32 mm.

Caída de tensión:
Temperatura cable ($^\circ\text{C}$): 40.24
 $e(\text{parcial}) = 2 \times 90 \times 440 / 51.47 \times 230 \times 2.5 = 2.68 \text{ V.} = 1.16 \%$
 $e(\text{total}) = 3.48\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:
I. Mag. Bipolar Int. 16 A.
Protección diferencial:
Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase A.

Cálculo de la Línea: PLC 2ª ETAPA

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 2 m; Cos φ : 0.95; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 280 W.
- Potencia de cálculo: 280 W.

$I = 280 / 230 \times 0.95 = 1.28 \text{ A.}$
Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K
I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 26.5 A. según ITC-BT-19
Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:
Temperatura cable ($^\circ\text{C}$): 40.12
 $e(\text{parcial}) = 2 \times 2 \times 280 / 51.49 \times 230 \times 2.5 = 0.04 \text{ V.} = 0.02 \%$
 $e(\text{total}) = 2.33\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:
I. Mag. Bipolar Int. 16 A.
Protección diferencial:
Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase A.

Cálculo de la Línea: Electroválvulas

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: D-Unip.o Mult.Conduct.enterrad.
- Longitud: 90 m; Cos φ : 0.85; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 110 W.
- Potencia de cálculo: 110 W.

$I = 110 / 230 \times 0.85 = 0.56 \text{ A.}$
Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K
I.ad. a 25°C ($F_c=1$) 32.5 A. según ITC-BT-19
Diámetro exterior tubo: 32 mm.

Caída de tensión:
Temperatura cable ($^\circ\text{C}$): 40.01
 $e(\text{parcial}) = 2 \times 90 \times 110 / 51.51 \times 230 \times 2.5 = 0.67 \text{ V.} = 0.29 \%$
 $e(\text{total}) = 2.6\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:
I. Mag. Bipolar Int. 16 A.
Protección diferencial:
Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase A.

Cálculo de la Línea: C. Ed. Control

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 5 m; Cos φ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 5300.45 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
5300.81 W.(Coef. de Simult.: 1)

$I = 5300.81 / 1,732 \times 400 \times 0.8 = 9.56 \text{ A.}$
Se eligen conductores Unipolares $4 \times 4 + TT \times 4 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, PVC. Desig. UNE: H07V-K
I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 24 A. según ITC-BT-19
Diámetro exterior tubo: 25 mm.

Caída de tensión:
Temperatura cable ($^\circ\text{C}$): 44.76
 $e(\text{parcial}) = 5 \times 5300.81 / 50.64 \times 400 \times 4 = 0.33 \text{ V.} = 0.08 \%$
 $e(\text{total}) = 2.39\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Protección Térmica en Principio de Línea

I. Mag. Tetrapolar Int. 20 A.
Protección Térmica en Final de Línea
I. Mag. Tetrapolar Int. 20 A.
Protección diferencial en Principio de Línea
Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

SUBCUADRO
C. Ed. Control

DEMANDA DE POTENCIAS

- Potencia total instalada:

Alumbrado Int.	0.45 W
Climatización	2200 W
Tomas 16 A	3000 W
Emergencia Control	100 W
TOTAL....	5300.45 W

- Potencia Instalada Alumbrado (W): 0.45
- Potencia Instalada Fuerza (W): 5300

Cálculo de la Línea: Alumbrado Int.

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 20 m; Cos φ : 0.95; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 0.45 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
 $0.45 \times 1.8 = 0.81$ W.

$$I = 0.81 / 230 \times 0.95 = 0 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm²Cu
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, PVC. Desig. UNE: H07V-K
I.ad. a 40°C (Fc=1) 15 A. según ITC-BT-19
Diámetro exterior tubo: 16 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40
 $e(\text{parcial}) = 2 \times 20 \times 0.81 / 51.52 \times 230 \times 1.5 = 0 \text{ V.} = 0 \%$
 $e(\text{total}) = 2.39\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.
Protección diferencial:
Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase A.

Cálculo de la Línea: Climatización

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra

- Longitud: 10 m; Cos φ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 2200 W.
- Potencia de cálculo: 2200 W.

$$I = 2200 / 230 \times 0.8 = 11.96 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x4+TTx4mm²Cu
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, PVC. Desig. UNE: H07V-K
I.ad. a 40°C (Fc=1) 27 A. según ITC-BT-19
Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 45.88
 $e(\text{parcial}) = 2 \times 10 \times 2200 / 50.44 \times 230 \times 4 = 0.95 \text{ V.} = 0.41 \%$
 $e(\text{total}) = 2.81\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.
Protección diferencial:
Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase A.

Cálculo de la Línea: Tomas 16 A

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 20 m; Cos φ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 3000 W.
- Potencia de cálculo: 3000 W.

$$I = 3000 / 230 \times 0.8 = 16.3 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, PVC. Desig. UNE: H07V-K
I.ad. a 40°C (Fc=1) 21 A. según ITC-BT-19
Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 58.08
 $e(\text{parcial}) = 2 \times 20 \times 3000 / 48.34 \times 230 \times 2.5 = 4.32 \text{ V.} = 1.88 \%$
 $e(\text{total}) = 4.27\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 20 A.
Protección diferencial:
Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase A.

Cálculo de la Línea: Emergencia Control

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 20 m; Cos φ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 100 W.

- Potencia de cálculo: 100 W.

$$I = 100/230 \times 1 = 0.43 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, PVC. Desig. UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.01

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 20 \times 100 / 51.51 \times 230 \times 2.5 = 0.14 \text{ V.} = 0.06 \%$$

$$e(\text{total}) = 2.45\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase A.

CALCULO DE EMBARRADO C. Ed. Control

Datos

- Metal: Cu
- Estado pletinas: desnudas
- nº pletinas por fase: 1
- Separación entre pletinas, d(cm): 10
- Separación entre apoyos, L(cm): 25
- Tiempo duración c.c. (s): 0.5

Pletina adoptada

- Sección (mm²): 24
- Ancho (mm): 12
- Espesor (mm): 2
- Wx, lx, Wy, ly (cm³,cm⁴): 0.048, 0.0288, 0.008, 0.0008
- I. admisible del embarrado (A): 110

a) Cálculo electrodinámico

$$\sigma_{\text{max}} = I_{\text{pcc}}^2 \cdot L^2 / (60 \cdot d \cdot W_y \cdot n) = 0.69^2 \cdot 25^2 / (60 \cdot 10 \cdot 0.008 \cdot 1) = 61.887 < = 1200 \text{ kg/cm}^2 \text{ Cu}$$

b) Cálculo térmico, por intensidad admisible

$$I_{\text{cal}} = 9.56 \text{ A}$$

$$I_{\text{adm}} = 110 \text{ A}$$

c) Comprobación por sollicitación térmica en cortocircuito

$$I_{\text{pcc}} = 0.69 \text{ kA}$$

$$I_{\text{cccs}} = K_c \cdot S / (1000 \cdot \sqrt{t_{\text{cc}}}) = 164 \cdot 24 \cdot 1 / (1000 \cdot \sqrt{0.5}) = 5.57 \text{ kA}$$

Cálculo de la Línea: C. Alumbrado Ext.

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra

- Longitud: 5 m; Cos φ: 0.9; Xu(mΩ/m): 0;

- Potencia a instalar: 840 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):

840 W.(Coef. de Simult.: 1)

$$I = 840/1,732 \times 400 \times 0.9 = 1.35 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x6+TTx6mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, PVC. Desig. UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 32 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 25 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.05

$$e(\text{parcial}) = 5 \times 840 / 51.51 \times 400 \times 6 = 0.03 \text{ V.} = 0.01 \%$$

$$e(\text{total}) = 2.32\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Protección Térmica en Principio de Línea

I. Mag. Tetrapolar Int. 10 A.

Protección Térmica en Final de Línea

I. Mag. Tetrapolar Int. 10 A.

Protección diferencial en Principio de Línea

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

SUBCUADRO

C. Alumbrado Ext.

DEMANDA DE POTENCIAS

- Potencia total instalada:

Alumbrado Ext. 840 W

TOTAL.... 840 W

- Potencia Instalada Alumbrado (W): 840

Cálculo de la Línea: Alumbrado Ext.

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra

- Longitud: 210 m; Cos φ: 1; Xu(mΩ/m): 0;

- Potencia a instalar: 840 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):

840 W.

$$I = 840/230 \times 1 = 3.65 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x6 + TTx6mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, PVC. Desig. UNE: H07V-K

l.ad. a 40°C (Fc=1) 36 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 25 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.31

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 210 \times 840 / 51.46 \times 230 \times 6 = 4.97 \text{ V.} = 2.16 \%$$

$$e(\text{total}) = 4.48\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase A.

CALCULO DE EMBARRADO C. Alumbrado Ext.

Datos

- Metal: Cu
- Estado pletinas: desnudas
- nº pletinas por fase: 1
- Separación entre pletinas, d(cm): 10
- Separación entre apoyos, L(cm): 25
- Tiempo duración c.c. (s): 0.5

Pletina adoptada

- Sección (mm²): 24
- Ancho (mm): 12
- Espesor (mm): 2
- Wx, lx, Wy, ly (cm³, cm⁴): 0.048, 0.0288, 0.008, 0.0008
- I. admisible del embarrado (A): 110

a) Cálculo electrodinámico

$$\sigma_{\text{max}} = I_{\text{pcc}}^2 \cdot L^2 / (60 \cdot d \cdot W_y \cdot n) = 0.71^2 \cdot 25^2 / (60 \cdot 10 \cdot 0.008 \cdot 1) = 65.996 < = 1200 \text{ kg/cm}^2 \text{ Cu}$$

b) Cálculo térmico, por intensidad admisible

$$I_{\text{cal}} = 1.35 \text{ A}$$

$$I_{\text{adm}} = 110 \text{ A}$$

c) Comprobación por sollicitación térmica en cortocircuito

$$I_{\text{pcc}} = 0.71 \text{ kA}$$

$$I_{\text{cccs}} = K_c \cdot S / (1000 \cdot \sqrt{t_{\text{cc}}}) = 164 \cdot 24 \cdot 1 / (1000 \cdot \sqrt{0.5}) = 5.57 \text{ kA}$$

Cálculo de la Batería de Condensadores

En el cálculo de la potencia reactiva a compensar, para que la instalación en estudio presente el factor de potencia deseado, se parte de los siguientes datos:

Suministro: Trifásico.

Tensión Compuesta: 400 V.

Potencia activa: 21210 W.

CosØ actual: 0.8.

CosØ a conseguir: 0.99.

Conexión de condensadores: en Triángulo.

Los resultados obtenidos son:

Potencia Reactiva a compensar (kVAr): 12.89

Gama de Regulación: (1:2:4)

Potencia de Escalón (kVAr): 1.84

Capacidad Condensadores (µF): 12.21

La secuencia que debe realizar el regulador de reactiva para dar señal a las diferentes salidas es:

Gama de regulación; 1:2:4 (tres salidas).

1. Primera salida.
 2. Segunda salida.
 3. Primera y segunda salida.
 4. Tercera salida.
 5. Tercera y primera salida.
 6. Tercera y segunda salida.
 7. Tercera, primera y segunda salida.
- Obteniéndose así los siete escalones de igual potencia.

Se recomienda utilizar escalones múltiplos de 5 kVAr.

Cálculo de la Línea: Batería Condensadores

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra

- Longitud: 3 m; Xu(mΩ/m): 0;

- Potencia reactiva: 12885.24 VAr.

$$I = C_{\text{Re}} \times Q_c / (1.732 \times U) = 1.2 \times 12885.24 / (1.732 \times 400) = 22.32 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 3x6 + TTx6mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, PVC. Desig. UNE: H07V-K

l.ad. a 40°C (Fc=1) 32 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 25 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 54.59

$$e(\text{parcial}) = 3 \times 12885.24 / 48.92 \times 400 \times 6 = 0.33 \text{ V.} = 0.08 \%$$

e(total)=2.39% ADMIS (6.5% MAX.)

Prot. Térmica:

I. Mag. Tripolar Int. 25 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

CALCULO DE EMBARRADO CUADRO GENERAL DE MANDO Y PROTECCION

Datos

- Metal: Cu
- Estado pletinas: desnudas
- nº pletinas por fase: 1
- Separación entre pletinas, d(cm): 10
- Separación entre apoyos, L(cm): 25
- Tiempo duración c.c. (s): 0.5

Pletina adoptada

- Sección (mm²): 24
- Ancho (mm): 12
- Espesor (mm): 2
- Wx, lx, Wy, ly (cm³,cm⁴) : 0.048, 0.0288, 0.008, 0.0008
- I. admisible del embarrado (A): 110

a) Cálculo electrodinámico

$$\sigma_{max} = I_{pcc}^2 \cdot L^2 / (60 \cdot d \cdot W_y \cdot n) = 0.76^2 \cdot 25^2 / (60 \cdot 10 \cdot 0.008 \cdot 1) = 75.478 <= 1200 \text{ kg/cm}^2 \text{ Cu}$$

b) Cálculo térmico, por intensidad admisible

$$I_{cal} = 45.68 \text{ A}$$

$$I_{adm} = 110 \text{ A}$$

c) Comprobación por sollicitación térmica en cortocircuito

$$I_{pcc} = 0.76 \text{ kA}$$

$$I_{cccs} = K_c \cdot S / (1000 \cdot \sqrt{t_{cc}}) = 164 \cdot 24 \cdot 1 / (1000 \cdot \sqrt{0.5}) = 5.57 \text{ kA}$$

Los resultados obtenidos se reflejan en las siguientes tablas:

Cuadro General de Mando y Protección

Denominación	P.Cálculo	Dist.Cálc	Sección	I.Cálculo	I.Admi.	C.T.Parc.	C.T.Total	
(W)	(m)	(mm²)	(A)	(A)	(%)	(%)	Tubo,Canal,Band.	
ACOMETIDA	25	5	4x25Al	0.05	82	0	0	90
LINEA GENERAL ALIMENT.	25318.31	5	4x25+TTx16Cu	45.68	105	0.06	0.06	110

DERIVACION IND.	25318.31	185	4x25+TTx16Cu	45.68	105	2.25	2.31	75
Pretratamiento Com	4787.5	55	4x2.5+TTx2.5Cu	8.64	27.5	1.3	3.61	32
Caudal Entrada	110	60	2x2.5+TTx2.5Cu	0.56	32.5	0.19	2.51	32
Caudal Alivio	110	60	2x2.5+TTx2.5Cu	0.56	32.5	0.19	2.51	32
Tomas 25 A Pretrat	3000	60	2x4+TTx4Cu	16.3	42	3.39	5.7	40
Multiparamétr. Ent	440	60	2x2.5+TTx2.5Cu	2.25	32.5	0.78	3.09	32
PLC Pretratamiento	280	2	2x2.5+TTx2.5Cu	1.28	21	0.02	2.33	20
Bombeo 1	2750	20	4x2.5+TTx2.5Cu	4.96	27.5	0.27	2.58	32
Bombeo 2	2750	20	4x2.5+TTx2.5Cu	4.96	27.5	0.27	2.58	32
Electroválvulas	100	20	2x2.5+TTx2.5Cu	0.51	32.5	0.06	2.37	32
Multiparamétr. Niv	440	20	2x2.5+TTx2.5Cu	2.25	32.5	0.26	2.57	32
PLC 1ª ETAPA	280	2	2x2.5+TTx2.5Cu	1.28	26.5	0.02	2.33	20
Bombeo 1	2750	90	4x2.5+TTx2.5Cu	4.96	27.5	1.21	3.52	32
Bombeo 2	2750	90	4x2.5+TTx2.5Cu	4.96	18.5	1.21	3.52	20
Multiparamétr. Niv	440	90	2x2.5+TTx2.5Cu	2.25	32.5	1.16	3.48	32
PLC 2ª ETAPA	280	2	2x2.5+TTx2.5Cu	1.28	26.5	0.02	2.33	20
Electroválvulas	110	90	2x2.5+TTx2.5Cu	0.56	32.5	0.29	2.6	32
C. Ed. Control	5300.81	5	4x4+TTx4Cu	9.56	24	0.08	2.39	25
C. Alumbrado Ext.	840	5	4x6+TTx6Cu	1.35	32	0.01	2.32	25
Bateria Condensadores	21210	3	3x6+TTx6Cu	22.32	32	0.08	2.39	25

Cortocircuito

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm²)	I _{pcc} (kA)	P de C (A)	I _{pcc} F (sg)	t _{mcc} (sg)	t _{ficc} (m)	L _{máx}	Curvas válidas
ACOMETIDA	5	4x25Al	1.8		865.27	7.38			
LINEA GENERAL ALIMENT.	5	4x25+TTx16Cu	1.74		50	844.6	17.92	0.55	306.67 50
DERIVACION IND.	185	4x25+TTx16Cu	1.7		4.5	380.68	88.19		50;B
Pretratamiento Com	55	4x2.5+TTx2.5Cu	0.76		4.5	130.93	7.46		16;B
Caudal Entrada	60	2x2.5+TTx2.5Cu	0.76		4.5	123.45	8.39		16;B
Caudal Alivio	60	2x2.5+TTx2.5Cu	0.76		4.5	123.45	8.39		16;B
Tomas 25 A Pretrat	60	2x4+TTx4Cu	0.76		4.5	166.03	11.87		20;B
Multiparamétr. Ent	60	2x2.5+TTx2.5Cu	0.76		4.5	123.45	8.39		16;B
PLC Pretratamiento	2	2x2.5+TTx2.5Cu	0.76		4.5	356.9	0.65		16;B,C,D
Bombeo 1	20	4x2.5+TTx2.5Cu	0.76		4.5	226.29	2.5		16;B,C
Bombeo 2	20	4x2.5+TTx2.5Cu	0.76		4.5	226.29	2.5		16;B,C
Electroválvulas	20	2x2.5+TTx2.5Cu	0.76		4.5	226.29	2.5		16;B,C
Multiparamétr. Niv	20	2x2.5+TTx2.5Cu	0.76		4.5	226.29	2.5		16;B,C
PLC 1ª ETAPA	2	2x2.5+TTx2.5Cu	0.76		4.5	356.9	1		16;B,C,D
Bombeo 1	90	4x2.5+TTx2.5Cu	0.76		4.5	91.9	15.13		16;B
Bombeo 2	90	4x2.5+TTx2.5Cu	0.76		4.5	91.9	9.79		16;B
Multiparamétr. Niv	90	2x2.5+TTx2.5Cu	0.76		4.5	91.9	15.13		16;B
PLC 2ª ETAPA	2	2x2.5+TTx2.5Cu	0.76		4.5	356.9	1		16;B,C,D
Electroválvulas	90	2x2.5+TTx2.5Cu	0.76		4.5	91.9	15.13		16;B
C. Ed. Control	5	4x4+TTx4Cu	0.76		4.5	344.71	1.78		20;B,C
C. Alumbrado Ext.	5	4x6+TTx6Cu	0.76		4.5	355.97	3.76		10;B,C,D
Bateria Condensadores	3	3x6+TTx6Cu	0.76		4.5	365.48	3.56		25;B,C

Subcuadro C. Ed. Control

Denominación	P.Cálculo	Dist.Cálc	Sección I.Cálculo	I.Admi.	C.T.Parc.	C.T.Total		
Dimensiones(mm)	(W)	(m)	(mm ²)	(A)	(A)	(%)	(%)	Tubo,Canal,Band.
Alumbrado Int.	0.81	20	2x1.5+TTx1.5Cu	0	15	0	2.39	16
Climatización	2200	10	2x4+TTx4Cu	11.96	27	0.41	2.81	20
Tomas 16 A	3000	20	2x2.5+TTx2.5Cu	16.3	21	1.88	4.27	20
Emergencia Control	100	20	2x2.5+TTx2.5Cu	0.43	21	0.06	2.45	20

Cortocircuito	Denominación	Longitud	Sección	IpccI	P de C	IpccF	tmcicc	tficc	Lmáx	Curvas válidas
	(m)	(mm ²)	(kA)	(kA)	(A)	(sg)	(sg)	(m)		
	Alumbrado Int.	20	2x1.5+TTx1.5Cu	0.69	4.5	168.72	1.05			10;B,C
	Climatización	10	2x4+TTx4Cu	0.69	4.5	289.21	2.53			16;B,C
	Tomas 16 A	20	2x2.5+TTx2.5Cu	0.69	4.5	212.58	1.83			20;B,C
	Emergencia Control	20	2x2.5+TTx2.5Cu	0.69	4.5	212.58	1.83			16;B,C

Subcuadro C. Alumbrado Ext.

Denominación	P.Cálculo	Dist.Cálc	Sección I.Cálculo	I.Admi.	C.T.Parc.	C.T.Total		
Dimensiones(mm)	(W)	(m)	(mm ²)	(A)	(A)	(%)	(%)	Tubo,Canal,Band.
Alumbrado Ext.	840	210	2x6+TTx6Cu	3.65	36	2.16	4.48	25

Cortocircuito	Denominación	Longitud	Sección	IpccI	P de C	IpccF	tmcicc	tficc	Lmáx	Curvas válidas
	(m)	(mm ²)	(kA)	(kA)	(A)	(sg)	(sg)	(m)		
	Alumbrado Ext.	210	2x6+TTx6Cu	0.71	4.5	92.22	55.98			10;B

CALCULO DE LA PUESTA A TIERRA

- La resistividad del terreno es 300 ohmiosxm.
- El electrodo en la puesta a tierra del edificio, 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.

Los conductores de protección, se calcularon adecuadamente y según la ITC-BT-18, en el apartado del cálculo de circuitos.

Así mismo cabe señalar que la línea principal de tierra no será inferior a 16 mm² en Cu, y la línea de enlace con tierra, no será inferior a 25 mm² en Cu.

4.12.3 RESULTADO DE CÁLCULOS ELÉCTRICOS EBAR.

DEMANDA DE POTENCIAS

- Potencia total instalada:

Bomba 1	4000 W
Bomba 2	4000 W
Nivel Ultrasonico	10 W
Boyas de Nivel	10 W
Alumbrado exterior	40 W
Fuerza	3000 W
PLC	300 W
TOTAL....	5760 W

- Potencia Instalada Alumbrado (W): 40
- Potencia Instalada Fuerza (W): 11320
- Potencia Máxima Admisible (W): 13856

Cálculo de la DERIVACION INDIVIDUAL

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: Enterrados Bajo Tubo (R.Subt)
- Longitud: 746 m; Cos j: 0.8; Xu(mW/m): 0;
- Potencia de cálculo: 9000 W.

$$I = 9000 / 1,732 \times 400 \times 0.8 = 16.24 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x50+TTx25mm²Cu
 Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K
 I.ad. a 25°C (Fc=1) 155 A. según ITC-BT-07
 Diámetro exterior tubo: 110 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 25.71
 $e(\text{parcial}) = 746 \times 9000 / 54.34 \times 400 \times 50 = 6.18 \text{ V.} = 1.54 \%$
 $e(\text{total}) = 1.54\% \text{ ADMIS (3\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 25 A.

Cálculo de la Línea: Bomba 1

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos j: 0.8; Xu(mW/m): 0; R: 1

- Potencia a instalar: 4000 W.
 - Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):
 $4000 \times 1.25 = 5000$ W.

$I = 5000 / 1,732 \times 400 \times 0.8 \times 1 = 9.02$ A.
 Se eligen conductores Unipolares $4 \times 2.5 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$
 Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K
 I.ad. a 40°C (Fc=1) 23 A. según ITC-BT-19
 Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:
 Temperatura cable (°C): 47.69
 $e(\text{parcial}) = 10 \times 5000 / 50.12 \times 400 \times 2.5 \times 1 = 1$ V. = 0.25 %
 $e(\text{total}) = 1.79\%$ ADMIS (5% MAX.)

Prot. Térmica:
 I. Mag. Tetrapolar Int. 16 A.
 Protección diferencial:
 Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 300 mA. Clase AC.

Cálculo de la Línea: Bomba 2

- Tensión de servicio: 400 V.
 - Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
 - Longitud: 10 m; Cos j: 0.8; Xu(mW/m): 0; R: 1
 - Potencia a instalar: 4000 W.
 - Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):
 $4000 \times 1.25 = 5000$ W.

$I = 5000 / 1,732 \times 400 \times 0.8 \times 1 = 9.02$ A.
 Se eligen conductores Unipolares $4 \times 2.5 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$
 Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K
 I.ad. a 40°C (Fc=1) 23 A. según ITC-BT-19
 Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:
 Temperatura cable (°C): 47.69
 $e(\text{parcial}) = 10 \times 5000 / 50.12 \times 400 \times 2.5 \times 1 = 1$ V. = 0.25 %
 $e(\text{total}) = 1.79\%$ ADMIS (5% MAX.)

Prot. Térmica:
 I. Mag. Tetrapolar Int. 16 A.
 Protección diferencial:
 Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 300 mA. Clase AC.

Cálculo de la Línea: Nivel Ultrasonico

- Tensión de servicio: 230 V.
 - Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
 - Longitud: 10 m; Cos j: 0.95; Xu(mW/m): 0;

- Potencia a instalar: 10 W.
 - Potencia de cálculo: 10 W.

$I = 10 / 230 \times 0.95 = 0.05$ A.
 Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$
 Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K
 I.ad. a 40°C (Fc=1) 26.5 A. según ITC-BT-19
 Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:
 Temperatura cable (°C): 40
 $e(\text{parcial}) = 2 \times 10 \times 10 / 51.52 \times 230 \times 2.5 = 0.01$ V. = 0 %
 $e(\text{total}) = 1.55\%$ ADMIS (5% MAX.)

Prot. Térmica:
 I. Mag. Bipolar Int. 16 A.
 Protección diferencial:
 Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase A.

Cálculo de la Línea: Boyas de Nivel

- Tensión de servicio: 230 V.
 - Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
 - Longitud: 10 m; Cos j: 0.95; Xu(mW/m): 0;
 - Potencia a instalar: 10 W.
 - Potencia de cálculo: 10 W.

$I = 10 / 230 \times 0.95 = 0.05$ A.
 Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$
 Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K
 I.ad. a 40°C (Fc=1) 26.5 A. según ITC-BT-19
 Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:
 Temperatura cable (°C): 40
 $e(\text{parcial}) = 2 \times 10 \times 10 / 51.52 \times 230 \times 2.5 = 0.01$ V. = 0 %
 $e(\text{total}) = 1.55\%$ ADMIS (5% MAX.)

Prot. Térmica:
 I. Mag. Bipolar Int. 16 A.
 Protección diferencial:
 Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase A.

Cálculo de la Línea: Alumbrado exterior

- Tensión de servicio: 230 V.
 - Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
 - Longitud: 10 m; Cos j: 0.95; Xu(mW/m): 0;
 - Potencia a instalar: 40 W.
 - Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):

$40 \times 1.8 = 72 \text{ W}$.

$I = 72 / 230 \times 0.95 = 0.33 \text{ A}$.

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 1.5 + TT \times 1.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K
I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 20 A. según ITC-BT-19
Diámetro exterior tubo: 16 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable ($^\circ\text{C}$): 40.01
 $e(\text{parcial}) = 2 \times 10 \times 72 / 51.51 \times 230 \times 1.5 = 0.08 \text{ V} = 0.04 \%$
 $e(\text{total}) = 1.58\% \text{ ADMIS (3\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.
Protección diferencial:
Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

Cálculo de la Línea: Fuerza

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 5 m; Cos j: 0.8; $X_u(\text{mW/m})$: 0;
- Potencia a instalar: 3000 W.
- Potencia de cálculo: 3000 W.

$I = 3000 / 230 \times 0.8 = 16.3 \text{ A}$.

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K
I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 26.5 A. según ITC-BT-19
Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable ($^\circ\text{C}$): 58.93
 $e(\text{parcial}) = 2 \times 5 \times 3000 / 48.2 \times 230 \times 2.5 = 1.08 \text{ V} = 0.47 \%$
 $e(\text{total}) = 2.02\% \text{ ADMIS (5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 20 A.
Protección diferencial:
Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

Cálculo de la Línea: PLC

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 2 m; Cos j: 0.95; $X_u(\text{mW/m})$: 0;
- Potencia a instalar: 300 W.
- Potencia de cálculo: 300 W.

$I = 300 / 230 \times 0.95 = 1.37 \text{ A}$.

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K
I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 26.5 A. según ITC-BT-19
Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable ($^\circ\text{C}$): 40.13
 $e(\text{parcial}) = 2 \times 2 \times 300 / 51.49 \times 230 \times 2.5 = 0.04 \text{ V} = 0.02 \%$
 $e(\text{total}) = 1.56\% \text{ ADMIS (5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.
Protección diferencial:
Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase A.

CALCULO DE EMBARRADO CUADRO GENERAL DE MANDO Y PROTECCION

Datos

- Metal: Cu
- Estado pletinas: desnudas
- nº pletinas por fase: 1
- Separación entre pletinas, d(cm): 10
- Separación entre apoyos, L(cm): 25
- Tiempo duración c.c. (s): 0.5

Pletina adoptada

- Sección (mm^2): 24
- Ancho (mm): 12
- Espesor (mm): 2
- W_x, l_x, W_y, l_y (cm^3, cm^4): 0.048, 0.0288, 0.008, 0.0008
- I. admisible del embarrado (A): 110

a) Cálculo electrodinámico

$$s_{\text{max}} = I_{\text{pcc}}^2 \cdot L^2 / (60 \cdot d \cdot W_y \cdot n) = 0.55^2 \cdot 25^2 / (60 \cdot 10 \cdot 0.008 \cdot 1) = 39.558 \leq 1200 \text{ kg/cm}^2 \text{ Cu}$$

b) Cálculo térmico, por intensidad admisible

$$I_{\text{cal}} = 16.24 \text{ A}$$

$$I_{\text{adm}} = 110 \text{ A}$$

c) Comprobación por solicitud térmica en cortocircuito

$$I_{\text{pcc}} = 0.55 \text{ kA}$$

$$I_{\text{cccs}} = K_c \cdot S / (1000 \cdot \dot{O}_{\text{tcc}}) = 164 \cdot 24 \cdot 1 / (1000 \cdot 0.5) = 5.57 \text{ kA}$$

Los resultados obtenidos se reflejan en las siguientes tablas:

Cuadro General de Mando y Protección

Denominación	P.Cálculo	Dist.Cálc	Sección	I.Cálculo	I.Admi.	C.T.Parc.	C.T.Total	
Dimensiones(mm)	(W)	(m)	(mm ²)	(A)	(A)	(%)	(%)	Tubo,Canal,Band.
DERIVACION IND.	9000	746	4x50+TTx25Cu	16.24	155	1.54	1.54	110
Bomba 1	5000	10	4x2.5+TTx2.5Cu	9.02	23	0.25	1.79	20
Bomba 2	5000	10	4x2.5+TTx2.5Cu	9.02	23	0.25	1.79	20
Nivel Ultrasonico	10	10	2x2.5+TTx2.5Cu	0.05	26.5	0	1.55	20
Boyas de Nivel	10	10	2x2.5+TTx2.5Cu	0.05	26.5	0	1.55	20
Alumbrado exterior		72	2x1.5+TTx1.5Cu	0.33	20	0.04	1.58	16
Fuerza	3000	5	2x2.5+TTx2.5Cu	16.3	26.5	0.47	2.02	20
PLC	300	2	2x2.5+TTx2.5Cu	1.37	26.5	0.02	1.56	20

Cortocircuito

Denominación	Longitud	Sección	IpccI	P de C	IpccF	tmcicc	tficc	Lmáx	Curvas válidas
(m)	(mm ²)	(kA)	(kA)	(A)	(sg)	(sg)	(m)		
DERIVACION IND.	746	4x50+TTx25Cu	12	15	275.59	673.09			25;B,C
Bomba 1	10	4x2.5+TTx2.5Cu	0.55	4.5	219.29	2.66			16;B,C
Bomba 2	10	4x2.5+TTx2.5Cu	0.55	4.5	219.29	2.66			16;B,C
Nivel Ultrasonico	10	2x2.5+TTx2.5Cu	0.55	4.5	219.29	2.66			16;B,C
Boyas de Nivel	10	2x2.5+TTx2.5Cu	0.55	4.5	219.29	2.66			16;B,C
Alumbrado exterior		2x1.5+TTx1.5Cu	0.55	4.5	193.01	1.24			10;B,C
Fuerza	5	2x2.5+TTx2.5Cu	0.55	4.5	244.24	2.14			20;B,C
PLC	2	2x2.5+TTx2.5Cu	0.55	4.5	262.13	1.86			16;B,C

CALCULO DE LA PUESTA A TIERRA

- La resistividad del terreno es 300 ohmiosxm.
- El electrodo en la puesta a tierra del edificio, 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.

Los conductores de protección, se calcularon adecuadamente y según la ITC-BT-18, en el apartado del cálculo de circuitos.

Así mismo cabe señalar que la línea principal de tierra no será inferior a 16 mm² en Cu, y la línea de enlace con tierra, no será inferior a 25 mm² en Cu.

APÉNDICE 1: CARTA DE CONDICIONES DE LA COMPAÑÍA



e-distribución

Ref. Solicitud: AJAE001 0000192441-2
Tipo Solicitud: NUEVO SUMINISTRO

AIMA INGENIERIA SLP
AV, NICOLAS SALMERON, 5, 2, 001, A, EJIDO
(EL)
04700 - EJIDO, EL
A la Atención de

Estimado Sr. / Estimada Sra:

Desde EDISTRIBUCIÓN Redes Digitales S.L. Unipersonal nos ponemos en contacto con Ud. en relación con la solicitud de suministro que nos ha formulado, por una potencia de 60 kW, en PG 3 PCL, 105-106 DEPU, 23657, ESCAÑUELA, JAEN, con objeto de comunicarle las condiciones técnico económicas para llevar a efecto el servicio solicitado.

Conforme a lo establecido en el RD 1073/2015, le informamos que hemos remitido también las presentes condiciones técnico económicas al solicitante que usted representa.

I.- Instalaciones de extensión de la red.

Las instalaciones de extensión de la red de distribución, a realizar entre el punto de conexión indicado a continuación y el primer elemento de su instalación privada, deben ser ejecutadas por el solicitante a su cargo, a través de un Instalador Electricista Autorizado de su elección, y de acuerdo a las condiciones técnicas y de seguridad reglamentarias y Normas Técnicas de e-distribución:

- Punto de Conexión: En el apoyo A751029 tramo de la Línea de M.T. VILLPARDO perteneciente a la SET VALDIVIE. El conductor existente es LA-110 a la tensión de 25000 voltios.
- Instalaciones necesarias a ejecutar: El cliente deberá disponer de un CT particular y una LAMT particular según normativa.

Adjuntamos detalle de los trámites necesarios para la realización por su parte de dichas instalaciones, que quedarán de su propiedad a partir del primer elemento de seccionamiento y protección que deberá definirse en su Proyecto, y serán conectadas a la red por esta empresa distribuidora.

De acuerdo con la legislación vigente, os trabajos que afectan a instalaciones de distribución en servicio, habrán de ser realizados en todo caso por EDISTRIBUCIÓN Redes Digitales S.L. Unipersonal, en su condición de propietario de esas redes y por razones de seguridad, fiabilidad y calidad del suministro, siendo a costa del solicitante.

Adjuntamos presupuesto de los trabajos de adecuación o reforma de instalaciones en servicio, a realizar por EDISTRIBUCIÓN Redes Digitales S.L. Unipersonal, y de los materiales utilizados en el entronque, cuyo importe asciende a:

- Trabajos de adecuación de instalaciones existentes: ¹	1.273,42 €
- Entronque: sólo material.(mano de obra a cargo EDE)	14,49 €
- I.V.A. en vigor (²):	270,46 €
- Total importe abonar SOLICITANTE:	1.558,37 €

¹ No incluye el coste de las operaciones de entronque-conexión a la red existente, que son a cargo de la distribuidora. No así el coste de los materiales del entronque que, según la legislación vigente, son a cargo del solicitante. Ver desglose en documento anexo.

² Importe calculado con el impuesto vigente en el momento de emitir estas condiciones económicas. Caso de producirse una variación en el mismo, el importe a abonar deberá actualizarse con el impuesto en vigor a la fecha del pago

e-distribución

La validez de este presupuesto es de 6 meses.

II. Instalaciones interiores y de enlace de propiedad particular.

Las instalaciones interiores y de enlace con la red deberán ser realizadas por un Instalador Electricista Autorizado, quien le facilitará el correspondiente Certificado de Instalación Eléctrica (C.I.E.). Dichas instalaciones serán accesibles, con cerraduras normalizadas, habrán de ser realizadas con arreglo a las normas de la empresa distribuidora y podrán ser inspeccionadas por ésta.

Conforme al artículo 6 del RD 1110/2007, la ubicación del punto de medida requerirá la autorización del encargado de la lectura y, con carácter general, coincidirá con el punto frontera. Excepcionalmente, si lo anterior resultase imposible o excepcionalmente costoso, deberá ponerse en contacto con esta distribuidora a fin de acordar una ubicación alternativa. En tal caso será necesaria la fijación de puntos de medida alternativos y las correcciones a efectuar en las medidas de forma que la medida corregida pueda considerarse igual a la energía circulada por el punto frontera.

III. Contrato de suministro

Una vez ejecutadas las instalaciones de extensión y enlace, el usuario de la energía podrá formalizar el contrato de suministro, a través de una empresa Comercializadora de electricidad de su libre elección³, debiendo aportar para ello el C.I.E. de su instalación interior.

El usuario final de la energía deberá abonar, tras la puesta en servicio de la instalación, la cuota de acceso que corresponda más I.V.A.⁴ por kW contratado o ampliado, junto con la cantidad correspondiente a derechos de enganche y depósito de garantía legalmente establecida.

Quedamos a su disposición para cualquier aclaración en nuestro Servicio de Asistencia Técnica a través del teléfono 900 92 09 59 o del correo electrónico Conexiones.edistribucion@enel.com. Así mismo en nuestra página web www.edistribucion.com, podrá obtener mayor información respecto de la tramitación de este proceso y la legislación aplicable.

EDISTRIBUCIÓN Redes Digitales S.L. Unipersonal

*Operaciones Comerciales de Red
Andalucía Este*

Consta la firma

26 de marzo de 2020

³ La relación actualizada de empresas comercializadoras se encuentra disponible en la página web de la 'Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia': www.cnmc.es.

⁴ Importe calculado con el impuesto vigente en el momento de emitir estas condiciones económicas. Caso de producirse una variación en el mismo, el importe a abonar deberá actualizarse con el impuesto en vigor a la fecha del pago



e-distribución

TRÁMITES NECESARIOS PARA LA EJECUCIÓN DE INSTALACIONES.

- Realización del correspondiente Proyecto Eléctrico por Técnico en materia eléctrica debidamente acreditado (mediante titulación académica, carnet de colegiado, visado de proyecto,...) para su revisión por nuestros Servicios Técnicos.
- Tramitación a su nombre ante el Servicio Provincial de Industria y ante el Ayuntamiento correspondiente a fin de obtener la preceptiva licencia municipal.
- Ambas partes (solicitante y empresa distribuidora) designarán las personas que a lo largo de la realización, se constituirán en interlocutores permanentes para analizar y decidir aquellos aspectos que surjan durante la realización de los trabajos.
- Con anterioridad de 30 días mínimo a la puesta en servicio de la instalación, será preciso que nos faciliten la documentación siguiente:
 - Una copia del Proyecto.
 - Autorización/Boletín de puesta en marcha de la instalación
 - Certificado del tarado de los relés indirectos, protocolo de ensayo (si los hubiera).
 - Para derivaciones en antena desde Línea Aéreas de Alta Tensión: documento firmado de 'Garantía de acceso al Seccionamiento' aportando copia de la escritura de propiedad del terreno donde se encuentre el primer elemento de maniobra.
 - Para Centros de Transformación que se alimentan mediante Línea Subterránea de Media Tensión de entrada/salida:
 - o Documento de cesión de propiedad de la Línea a esta compañía.
 - o Documento de cesión en propiedad de las celdas de entrada/salida del Centro de Transformación y Autorización de acceso libre y maniobra.
 - o Planos constructivos acotados de la Línea Subterránea de Media Tensión, entrada/salida a su Centro de Transformación.
 - o Licencia municipal de obras de la Línea y del Centro de Transformación.
 - o Dirección de obra firmada por técnico competente en materia eléctrica debidamente acreditado (si es distinto del proyectista) de la parte de la instalación que quedará propiedad de esta empresa distribuidora.
 - o Ensayos de la Línea Subterránea realizados de acuerdo con las Normas de e-distribución.
- La puesta en servicio se realizará bajo la supervisión de EDISTRIBUCIÓN Redes Digitales S.L. Unipersonal, una vez efectuadas por el Promotor las pruebas y ajustes de los equipos y cumplimentados los protocolos correspondientes.

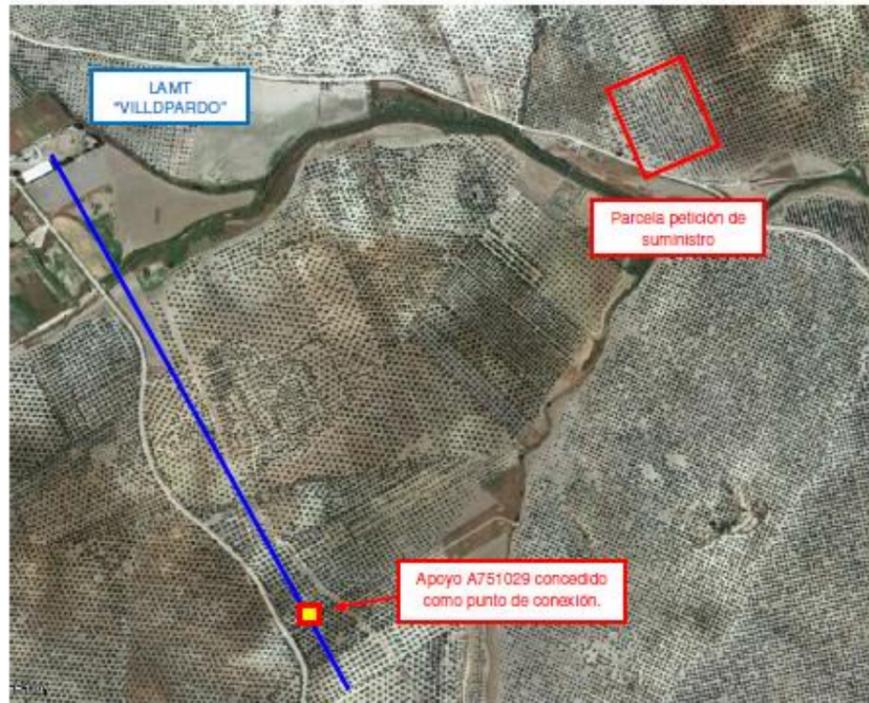
e-distribución

DESGLOSE PRESUPUESTO

NOTA: TODAS LAS CANTIDADES FIGURAN EN EUROS Y SIN IMPUESTOS VIGENTES.
LA VALIDEZ DE ESTAS CONDICIONES: 6 MESES

 <p>Ingeniería Estudios y Proyectos NIP, S.A.</p>	<p>Ingeniería Estudios y Proyectos, NP S.A. Plaza Jaén por la Paz nº 3, 1º A. 23009, Jaén.</p>
---	---

1 PLANO.



APÉNDICE 2: RESULTADOS CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Proyecto 1

Índice	1
Lista de luminarias	2
SIMON 72660033-884 Luminaria 726 60x60 NW	
Hoja de datos de luminarias	3
SIMON 84030038-884 Luminaria estanca 840 IP65 NW 1200. Negro	
Hoja de datos de luminarias	4
SIMON 71522030-984 Downlight 715.22 empotrado NW General. Blanco.	
Hoja de datos de luminarias	5
Aseo	
Luminarias (ubicación)	6
Resultados luminotécnicos	7
Rendering (procesado) en 3D	8
Sala de Control	
Resumen	9
Lista de luminarias	10
Resultados luminotécnicos	11
Rendering (procesado) en 3D	12
Oficinas	
Resumen	13
Lista de luminarias	14
Resultados luminotécnicos	15
Rendering (procesado) en 3D	16
Almacén	
Resumen	17
Lista de luminarias	18
Resultados luminotécnicos	19
Rendering (procesado) en 3D	20
Distribuidor	
Resumen	21
Lista de luminarias	22
Resultados luminotécnicos	23
Rendering (procesado) en 3D	24

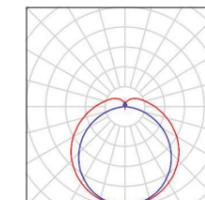
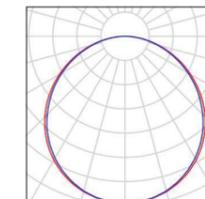
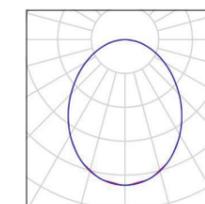
Índice



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Proyecto 1 / Lista de luminarias

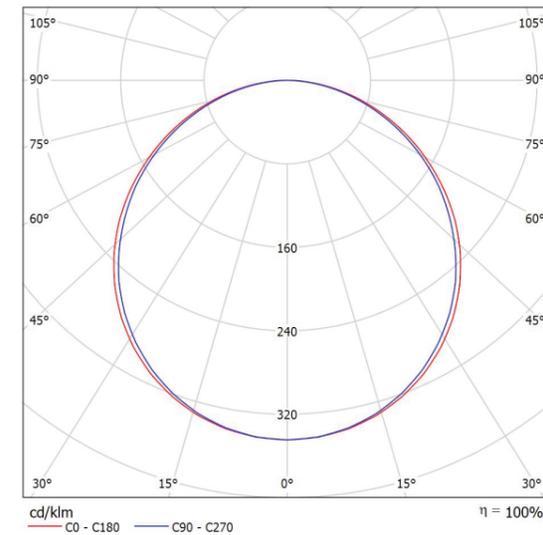
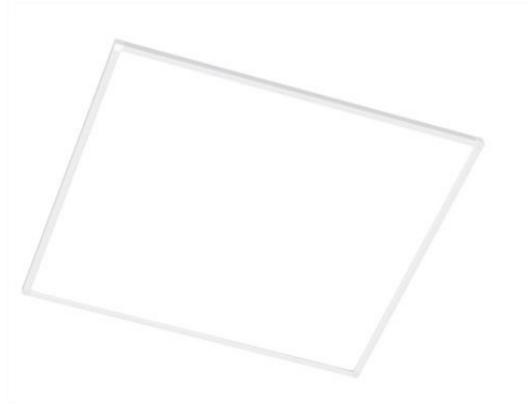
4 Pieza	SIMON 71522030-984 Downlight 715.22 empotrado NW General. Blanco. N° de artículo: 71522030-984 Flujo luminoso (Luminaria): 1800 lm Flujo luminoso (Lámparas): 1800 lm Potencia de las luminarias: 20.0 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 52 82 96 100 100 Lámpara: 1 x LED 715.22 NW GENERAL (Factor de corrección 1.000).
3 Pieza	SIMON 72660033-884 Luminaria 726 60x60 NW N° de artículo: 72660033-884 Flujo luminoso (Luminaria): 3200 lm Flujo luminoso (Lámparas): 3200 lm Potencia de las luminarias: 39.0 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 46 78 95 100 100 Lámpara: 1 x LED 726 60x60 NW (Factor de corrección 1.000).
2 Pieza	SIMON 84030038-884 Luminaria estanca 840 IP65 NW 1200. Negro N° de artículo: 84030038-884 Flujo luminoso (Luminaria): 4100 lm Flujo luminoso (Lámparas): 4100 lm Potencia de las luminarias: 40.0 W Clasificación luminarias según CIE: 85 Código CIE Flux: 40 69 89 85 100 Lámpara: 1 x LED 840.30 NW GENERAL (Factor de corrección 1.000).



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

SIMON 72660033-884 Luminaria 726 60x60 NW / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 46 78 95 100 100

SIMON 72660033-884. Luminaria tipo modular interior empotrada.

Características técnicas:
IP20. Flujo 3200lm. Tc LED NW. Óptica GENERAL. CRI 80. Potencia 39W.
Equipo electrónico.

Acabado en blanco, 2'600Kg.

Certificaciones:
2006/95/CE - Directiva Baja Tensión.
2004/108/CE - Directiva CEM.
UNE-EN 60598: 2005 Luminarias.
UNE-EN 62031: 2009 Módulos LED para alumbrado general.

Requisitos de seguridad.
UNE-EN 61347-2-13: 2007 Dispositivos de control de lámpara.
UNE-EN 55015:2007 Límites y métodos de medida de las características relativas a la perturbación radioeléctrica de los equipos de iluminación y similares.
UNE-EN 61547 Equipos para alumbrado de uso general.

Requisitos de inmunidad - CEM.
UNE-EN 61000-3-2 Compatibilidad electromagnética (CEM).
UNE-EN 61000-3-3 Compatibilidad electromagnética (CEM).

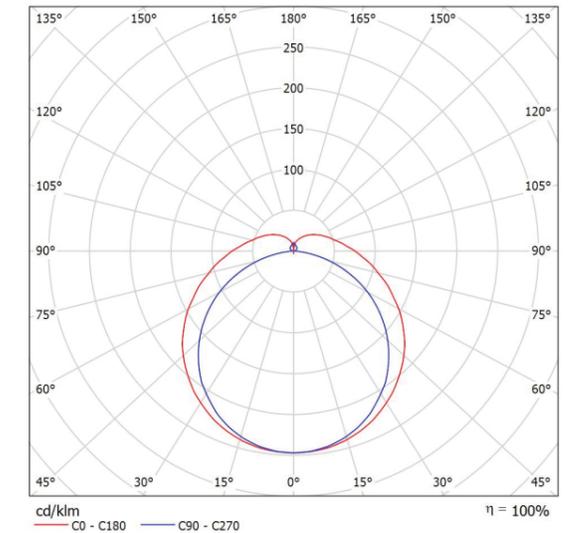
Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR											
		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30
p Techo		50	30	50	30	30	50	30	50	30	30
p Paredes		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
p Suelo		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Tamaño del local		Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara				
X	Y										
2H	2H	16.5	17.8	16.8	18.1	18.3	16.4	17.7	16.7	17.9	18.2
	3H	18.2	19.4	18.5	19.6	19.9	18.0	19.2	18.3	19.4	19.7
	4H	18.9	20.0	19.2	20.3	20.6	18.6	19.8	19.0	20.1	20.3
	6H	19.4	20.5	19.8	20.8	21.1	19.1	20.2	19.5	20.5	20.8
	8H	19.6	20.6	20.0	21.0	21.3	19.3	20.4	19.7	20.7	21.0
4H	2H	17.2	18.3	17.5	18.6	18.9	17.1	18.2	17.4	18.5	18.8
	3H	19.0	20.0	19.4	20.3	20.7	18.9	19.8	19.2	20.2	20.5
	4H	19.9	20.7	20.3	21.1	21.5	19.7	20.5	20.1	20.9	21.3
	6H	20.6	21.3	21.0	21.7	22.1	20.3	21.1	20.7	21.5	21.9
	8H	20.8	21.5	21.3	21.9	22.3	20.6	21.3	21.0	21.7	22.1
8H	2H	21.0	21.7	21.5	22.1	22.5	20.7	21.4	21.2	21.8	22.2
	4H	20.2	20.9	20.6	21.3	21.7	20.0	20.7	20.4	21.1	21.5
	6H	21.0	21.6	21.5	22.0	22.5	20.8	21.4	21.3	21.8	22.3
	8H	21.4	21.9	21.9	22.3	22.8	21.1	21.6	21.6	22.1	22.6
	12H	21.7	22.1	22.1	22.6	23.1	21.4	21.8	21.9	22.3	22.8
12H	4H	20.2	20.9	20.7	21.3	21.7	20.0	20.7	20.5	21.1	21.5
	6H	21.1	21.6	21.6	22.1	22.5	20.9	21.4	21.4	21.9	22.3
	8H	21.5	21.9	22.0	22.4	22.9	21.3	21.7	21.8	22.2	22.7
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias											
S = 1.0H		+0.1 / -0.1					+0.1 / -0.1				
S = 1.5H		+0.2 / -0.3					+0.2 / -0.3				
S = 2.0H		+0.3 / -0.6					+0.4 / -0.6				
Tabla estándar		BK05					BK06				
Sumando de corrección		4.1					3.9				
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 3200lm Flujo luminoso total											

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

SIMON 84030038-884 Luminaria estanca 840 IP65 NW 1200. Negro / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 85
Código CIE Flux: 40 69 89 85 100

SIMON 84030038-884. Luminaria tipo estanca.

Características técnicas:
IP65. Flujo 4100lm. Tc LED NW. Óptica GENERAL. CRI 80. Potencia 40W.
Equipo electrónico.

Acabado en Negro, 1,200 Kg.

Certificaciones:
2006/95/CE - Directiva Baja Tensión.
2004/108/CE - Directiva CEM.
UNE-EN 60598: 2005 Luminarias.
UNE-EN 62031: 2009 Módulos LED para alumbrado general. Requisitos de seguridad.
UNE-EN 61347-2-13: 2007 Dispositivos de control de lámpara.
UNE-EN 55015:2007 Límites y métodos de medida de las características relativas a la perturbación radioeléctrica de los equipos de iluminación y similares.
UNE-EN 61547 Equipos para alumbrado de uso general.
Requisitos de inmunidad - CEM.
UNE-EN 61000-3-2 Compatibilidad electromagnética (CEM).
UNE-EN 61000-3-3 Compatibilidad electromagnética (CEM).

Emisión de luz 1:

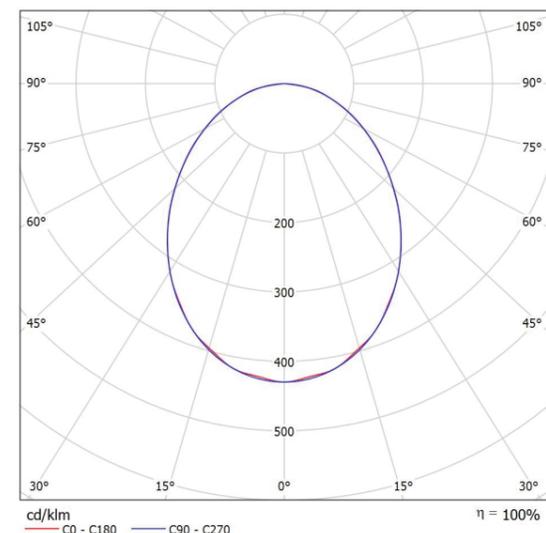
Valoración de deslumbramiento según UGR											
		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30
p Techo		50	30	50	30	30	50	30	50	30	30
p Paredes		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
p Suelo		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Tamaño del local		Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara				
X	Y										
2H	2H	20.8	22.0	21.3	22.5	23.0	19.4	20.6	19.9	21.1	21.7
	3H	23.2	24.3	23.7	24.8	25.4	20.9	22.0	21.5	22.5	23.1
	4H	24.5	25.5	25.0	26.1	26.7	21.5	22.6	22.1	23.1	23.7
	6H	25.9	26.9	26.5	27.4	28.0	21.9	22.9	22.5	23.4	24.1
	8H	26.7	27.6	27.3	28.2	28.8	22.0	23.0	22.6	23.5	24.2
4H	2H	21.4	22.5	22.0	23.0	23.6	20.4	21.4	20.9	22.0	22.6
	3H	24.0	25.0	24.6	25.5	26.2	22.2	23.1	22.8	23.6	24.3
	4H	25.5	26.3	26.2	26.9	27.6	22.9	23.7	23.5	24.3	25.0
	6H	27.2	27.9	27.8	28.5	29.2	23.5	24.2	24.1	24.8	25.5
	8H	28.1	28.8	28.8	29.4	30.1	23.7	24.3	24.3	25.0	25.7
8H	2H	29.2	29.8	29.8	30.4	31.2	23.8	24.4	24.4	25.0	25.8
	4H	25.9	26.6	26.6	27.2	27.9	23.8	24.4	24.4	25.1	25.8
	6H	27.8	28.4	28.5	29.1	29.8	24.6	25.2	25.3	25.9	26.6
	8H	29.0	29.5	29.7	30.1	30.9	25.0	25.5	25.7	26.2	27.0
	12H	30.3	30.7	31.0	31.4	32.2	25.3	25.7	26.0	26.4	27.2
12H	4H	25.9	26.5	26.6	27.2	27.9	24.0	24.6	24.7	25.3	26.0
	6H	28.0	28.4	28.6	29.1	29.9	25.1	25.6	25.8	26.3	27.1
	8H	29.2	29.6	29.9	30.3	31.1	25.6	26.0	26.3	26.7	27.5
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias											
S = 1.0H		+0.1 / -0.1					+0.1 / -0.1				
S = 1.5H		+0.2 / -0.3					+0.2 / -0.3				
S = 2.0H		+0.3 / -0.6					+0.3 / -0.6				
Tabla estándar		BK12					BK14				
Sumando de corrección		14.0					8.7				
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 4100lm Flujo luminoso total											

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

SIMON 71522030-984 Downlight 715.22 empotrado NW General. Blanco. / Hoja de datos de luminarias



Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 52 82 96 100 100

SIMON 71522030-984. Luminaria tipo downlight interior empotrable,

Características técnicas:
IP20. Flujo 1800. Tc LED NW. Óptica GENERAL. CRI 80
Potencia 20W. Equipo electrónico.

Acabado en blanco, 0.450 Kg.

Certificaciones:
2006/95/CE - Directiva Baja Tensión.
2004/108/CE - Directiva CEM.
UNE-EN 60598: 2005 Luminarias.
UNE-EN 62031: 2009 Módulos LED para alumbrado general. Requisitos de seguridad.
UNE-EN 61347-2-13: 2007 Dispositivos de control de lámpara.
UNE-EN 55015:2007 Límites y métodos de medida de las características relativas a la perturbación radioeléctrica de los equipos de iluminación y similares.
UNE-EN 61547 Equipos para alumbrado de uso general.
Requisitos de inmunidad - CEM.
UNE-EN 61000-3-2 Compatibilidad electromagnética (CEM).
UNE-EN 61000-3-3 Compatibilidad electromagnética (CEM).

Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR												
		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	30
Techo		50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	30
Paredes		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Suelo		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Tamaño del local	X	Y	Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara				
2H	2H		22.2	23.5	22.5	23.7	24.0	22.2	23.5	22.5	23.7	23.9
	3H		23.7	24.8	24.0	25.1	25.3	23.6	24.7	23.9	25.0	25.3
	4H		24.3	25.3	24.6	25.6	25.9	24.2	25.3	24.5	25.5	25.8
	6H		24.8	25.8	25.1	26.1	26.4	24.7	25.6	25.0	25.9	26.3
	8H		24.9	25.8	25.2	26.1	26.4	24.8	25.8	25.2	26.1	26.4
4H	2H		24.8	25.8	25.2	26.1	26.4	24.9	25.8	25.3	26.1	26.5
	3H		22.9	23.9	23.2	24.2	24.5	22.8	23.9	23.2	24.2	24.5
	4H		24.5	25.4	24.9	25.7	26.0	24.4	25.3	24.8	25.7	26.0
	6H		25.2	26.0	25.6	26.4	26.7	25.2	26.0	25.6	26.3	26.7
	8H		25.9	26.6	26.3	27.0	27.3	25.8	26.5	26.2	26.8	27.2
8H	2H		26.0	26.6	26.4	27.0	27.5	26.0	26.6	26.4	27.0	27.4
	3H		26.0	26.6	26.4	27.0	27.4	26.1	26.7	26.6	27.1	27.5
	4H		25.5	26.2	26.0	26.6	27.0	25.5	26.1	25.9	26.5	26.9
	6H		26.3	26.9	26.8	27.3	27.7	26.2	26.7	26.7	27.2	27.6
	8H		26.5	27.0	27.0	27.4	27.9	26.5	27.0	27.0	27.4	27.9
12H	2H		26.5	26.9	27.0	27.4	27.9	26.7	27.1	27.2	27.6	28.1
	4H		25.6	26.1	26.0	26.5	27.0	25.5	26.1	25.9	26.5	26.9
	6H		26.4	26.9	26.9	27.3	27.8	26.3	26.7	26.8	27.2	27.7
	8H		26.6	27.0	27.1	27.5	28.0	26.6	27.0	27.1	27.5	28.0

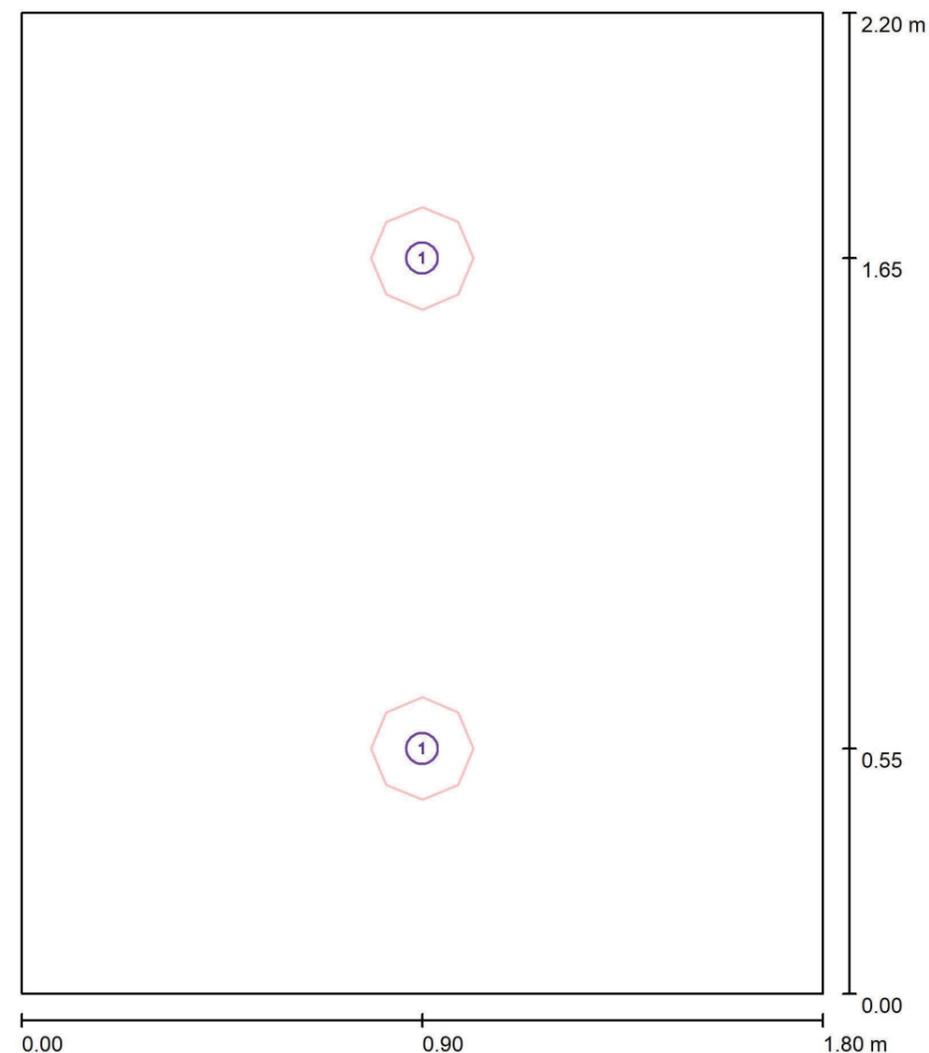
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias		
S = 1.0H	+0.1 / -0.1	+0.1 / -0.1
S = 1.5H	+0.2 / -0.4	+0.2 / -0.4
S = 2.0H	+0.4 / -0.7	+0.4 / -0.7

Tabla estándar	BK05	BK06
Sumando de corrección	8.8	9.4

Índice de deslumbramiento corregido en relación a 1800lm Flujo luminoso total

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Aseo / Luminarias (ubicación)



Escala 1 : 15

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación
1	2	SIMON 71522030-984 Downlight 715.22 empotrado NW General. Blanco.

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Aseo / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 3600 lm
Potencia total: 40.0 W
Factor mantenimiento: 0.80
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m ²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	211	107	318	/	/
Suelo	84	57	141	20	8.96
Techo	0.00	116	116	70	26
Pared 1	118	92	210	50	33
Pared 2	102	96	197	50	31
Pared 3	113	94	207	50	33
Pared 4	101	94	195	50	31

Simetrías en el plano útil
E_{min} / E_m: 0.494 (1:2)
E_{min} / E_{max}: 0.405 (1:2)

Valor de eficiencia energética: 10.10 W/m² = 3.18 W/m²/100 lx (Base: 3.96 m²)

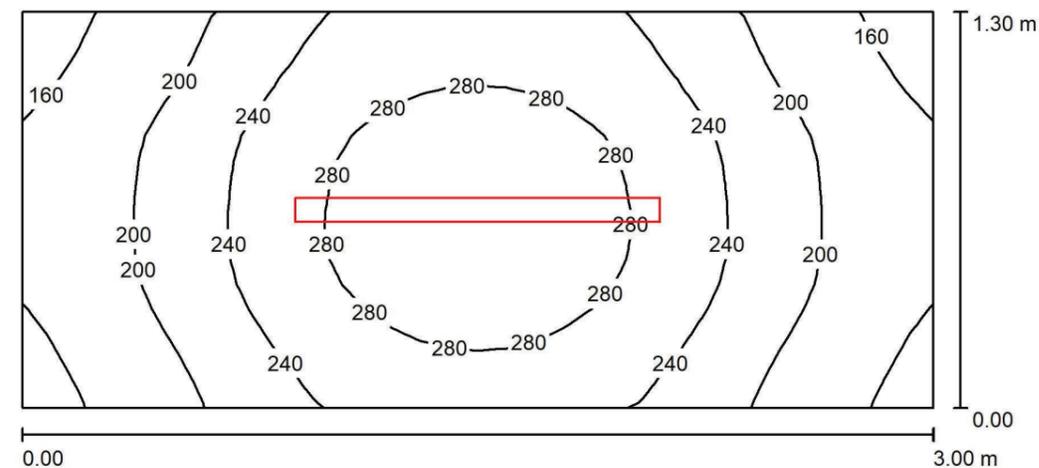
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Aseo / Rendering (procesado) en 3D



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Sala de Control / Resumen



Altura del local: 2.800 m, Altura de montaje: 2.800 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:22

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	232	147	310	0.636
Suelo	20	141	112	164	0.794
Techo	70	179	50	928	0.280
Paredes (4)	40	171	50	698	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 32 x 16 Puntos
Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

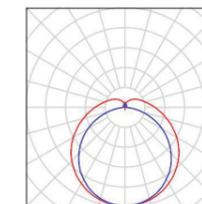
N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	SIMON 84030038-884 Luminaria estanca 840 IP65 NW 1200. Negro (1.000)	4100	4100	40.0
Total:			4100	4100	40.0

Valor de eficiencia energética: $10.26 \text{ W/m}^2 = 4.42 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 3.90 m^2)

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Sala de Control / Lista de luminarias

1 Pieza SIMON 84030038-884 Luminaria estanca 840 IP65 NW 1200. Negro
N° de artículo: 84030038-884
Flujo luminoso (Luminaria): 4100 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 4100 lm
Potencia de las luminarias: 40.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 85
Código CIE Flux: 40 69 89 85 100
Lámpara: 1 x LED 840.30 NW GENERAL (Factor de corrección 1.000).



Sala de Control / Resultados luminotécnicos

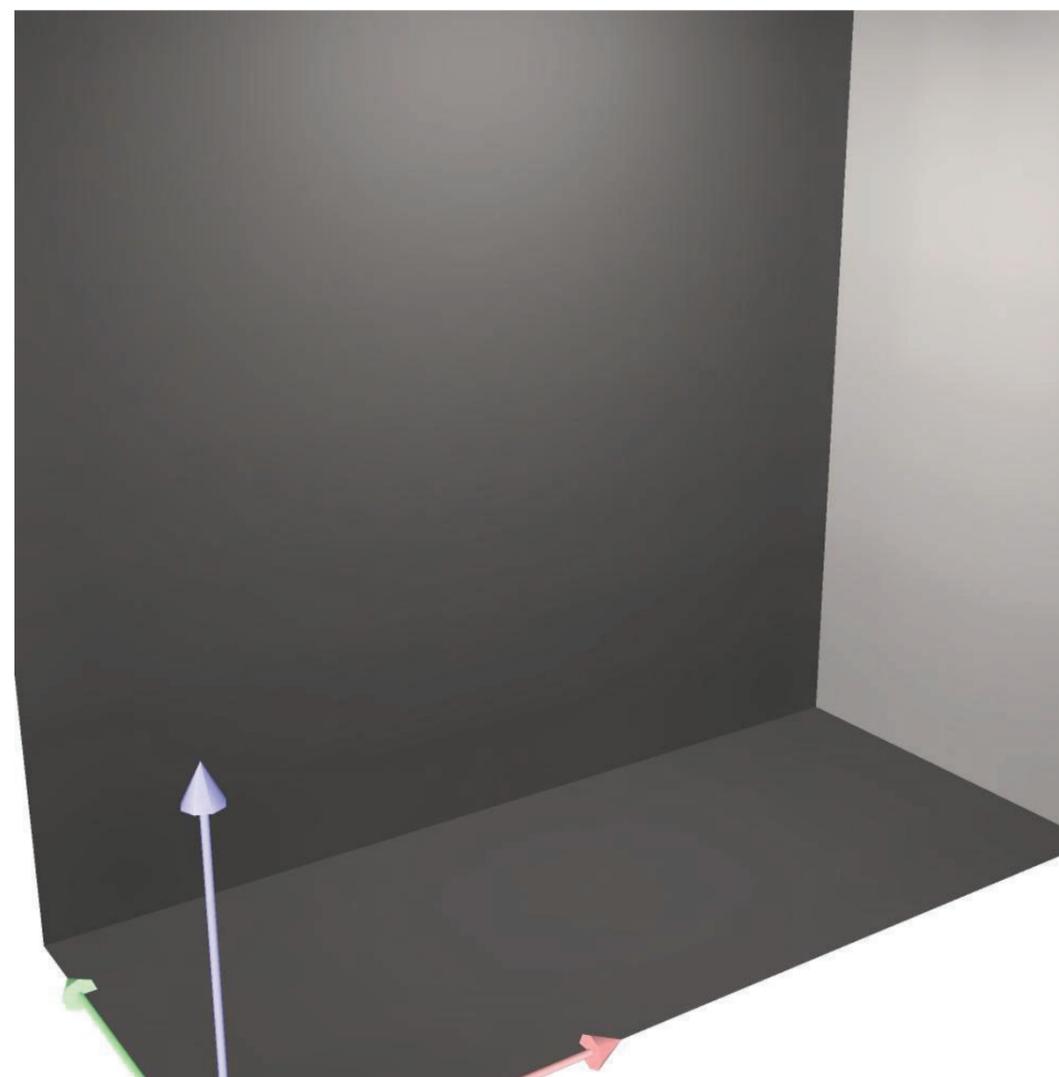
Flujo luminoso total: 4100 lm
Potencia total: 40.0 W
Factor mantenimiento: 0.80
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m ²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	153	79	232	/	/
Suelo	87	54	141	20	8.98
Techo	106	73	179	70	40
Pared 1	121	57	178	50	28
Pared 2	68	59	128	50	20
Pared 3	121	79	200	20	13
Pared 4	68	60	128	50	20

Simetrías en el plano útil
E_{min} / E_m: 0.636 (1:2)
E_{min} / E_{max}: 0.476 (1:2)

Valor de eficiencia energética: 10.26 W/m² = 4.42 W/m²/100 lx (Base: 3.90 m²)

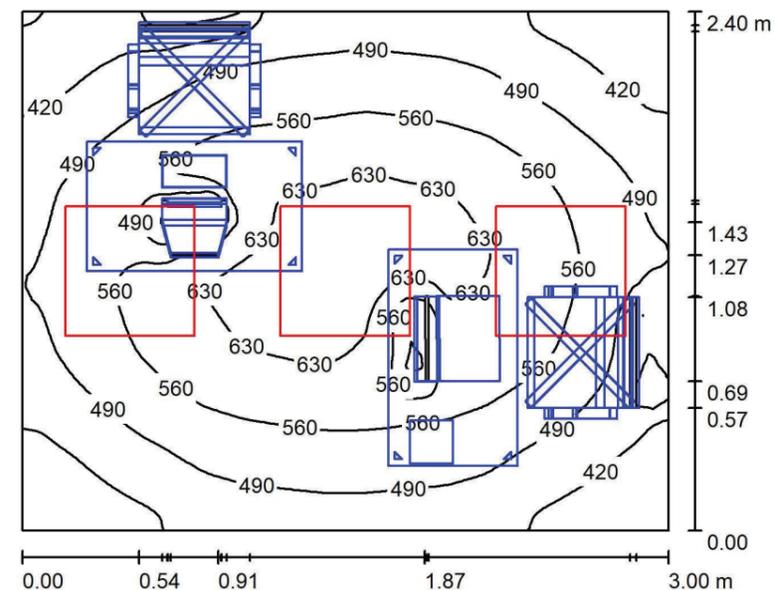
Sala de Control / Rendering (procesado) en 3D





Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Oficinas / Resumen



Altura del local: 2.800 m, Altura de montaje: 2.809 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:31

Superficie	ρ [%]	E _m [lx]	E _{min} [lx]	E _{max} [lx]	E _{min} / E _m
Plano útil	/	520	319	666	0.613
Suelo	20	249	60	393	0.242
Techo	70	143	34	289	0.237
Paredes (4)	50	326	56	1241	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 128 x 128 Puntos
Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	3	SIMON 72660033-884 Luminaria 726 60x60 NW (1.000)	3200	3200	39.0
			Total: 9600	Total: 9600	117.0

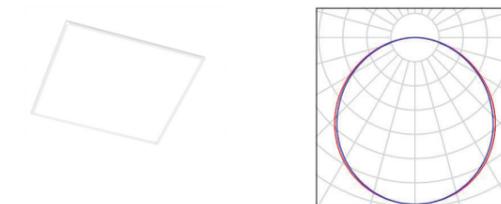
Valor de eficiencia energética: 16.25 W/m² = 3.13 W/m²/100 lx (Base: 7.20 m²)



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Oficinas / Lista de luminarias

3 Pieza SIMON 72660033-884 Luminaria 726 60x60 NW
N° de artículo: 72660033-884
Flujo luminoso (Luminaria): 3200 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 3200 lm
Potencia de las luminarias: 39.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 46 78 95 100 100
Lámpara: 1 x LED 726 60x60 NW (Factor de corrección 1.000).



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Oficinas / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 9600 lm
Potencia total: 117.0 W
Factor mantenimiento: 0.80
Zona marginal: 0.000 m

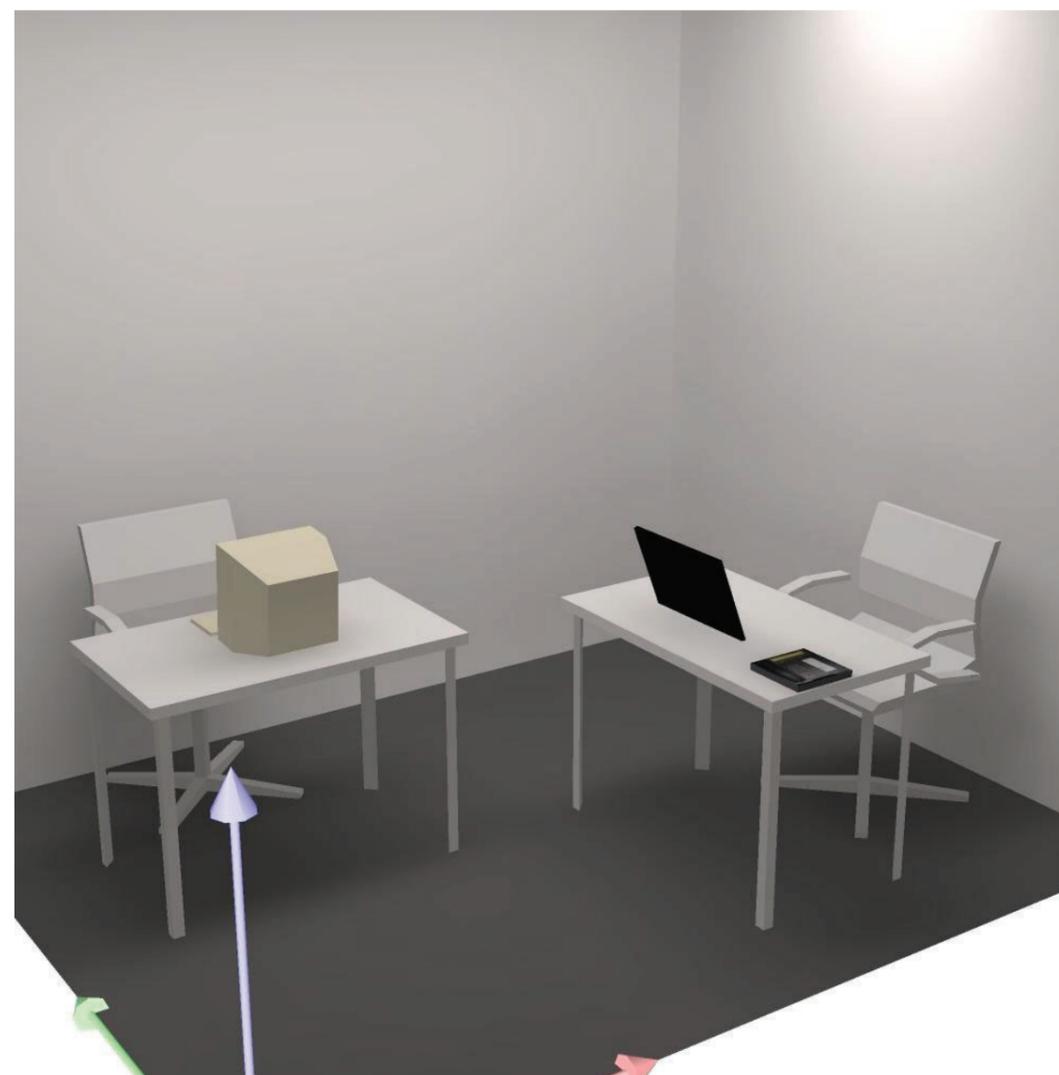
Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m ²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	363	156	520	/	/
Suelo	147	102	249	20	16
Techo	0.26	143	143	70	32
Pared 1	182	135	317	50	50
Pared 2	214	128	342	50	54
Pared 3	176	131	307	50	49
Pared 4	217	129	347	50	55

Simetrías en el plano útil
E_{min} / E_m: 0.613 (1:2)
E_{min} / E_{max}: 0.479 (1:2)

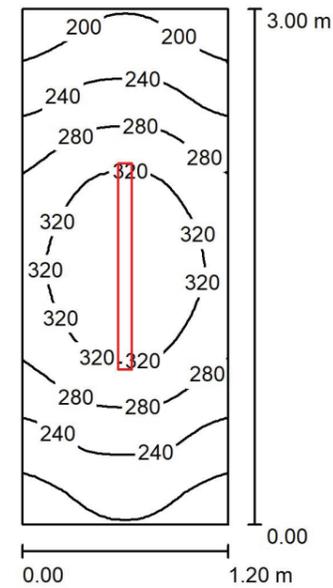
Valor de eficiencia energética: 16.25 W/m² = 3.13 W/m²/100 lx (Base: 7.20 m²)

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Oficinas / Rendering (procesado) en 3D



Almacén / Resumen



Altura del local: 2.800 m, Altura de montaje: 2.800 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:39

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	272	178	356	0.656
Suelo	20	166	132	193	0.795
Techo	70	234	80	965	0.343
Paredes (4)	50	209	66	810	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 32 x 16 Puntos
Zona marginal: 0.000 m

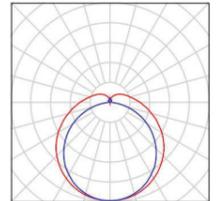
Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	SIMON 84030038-884 Luminaria estanca 840 IP65 NW 1200. Negro (1.000)	4100	4100	40.0
Total:			4100	4100	40.0

Valor de eficiencia energética: $11.11 \text{ W/m}^2 = 4.08 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 3.60 m^2)

Almacén / Lista de luminarias

1 Pieza SIMON 84030038-884 Luminaria estanca 840 IP65 NW 1200. Negro
N° de artículo: 84030038-884
Flujo luminoso (Luminaria): 4100 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 4100 lm
Potencia de las luminarias: 40.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 85
Código CIE Flux: 40 69 89 85 100
Lámpara: 1 x LED 840.30 NW GENERAL (Factor de corrección 1.000).



Almacén / Resultados luminotécnicos

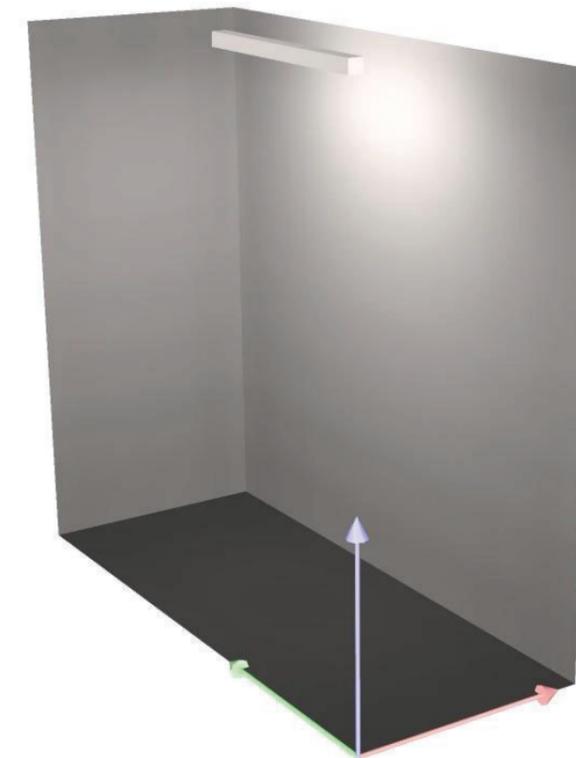
Flujo luminoso total: 4100 lm
Potencia total: 40.0 W
Factor mantenimiento: 0.80
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m ²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	154	118	272	/	/
Suelo	87	79	166	20	11
Techo	113	121	234	70	52
Pared 1	69	93	162	50	26
Pared 2	125	103	228	50	36
Pared 3	69	93	161	50	26
Pared 4	125	103	228	50	36

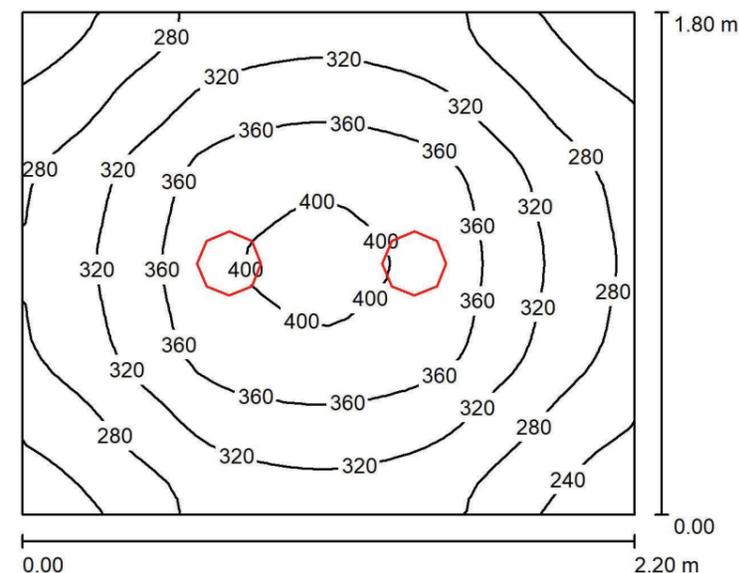
Simetrías en el plano útil
E_{min} / E_m: 0.656 (1:2)
E_{min} / E_{max}: 0.501 (1:2)

Valor de eficiencia energética: 11.11 W/m² = 4.08 W/m²/100 lx (Base: 3.60 m²)

Almacén / Rendering (procesado) en 3D



Distribuidor / Resumen



Altura del local: 2.800 m, Altura de montaje: 2.809 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:24

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	320	212	410	0.665
Suelo	20	205	161	237	0.787
Techo	70	94	68	108	0.727
Paredes (4)	50	188	70	375	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 32 x 32 Puntos
Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	2	SIMON 71522030-984 Downlight 715.22 empotrado NW General. Blanco. (1.000)	1800	1800	20.0
Total:			3600	3600	40.0

Valor de eficiencia energética: $10.10 \text{ W/m}^2 = 3.16 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 3.96 m^2)

Distribuidor / Lista de luminarias

2 Pieza SIMON 71522030-984 Downlight 715.22 empotrado NW General. Blanco.
N° de artículo: 71522030-984
Flujo luminoso (Luminaria): 1800 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 1800 lm
Potencia de las luminarias: 20.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 52 82 96 100 100
Lámpara: 1 x LED 715.22 NW GENERAL (Factor de corrección 1.000).



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Distribuidor / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 3600 lm
Potencia total: 40.0 W
Factor mantenimiento: 0.80
Zona marginal: 0.000 m

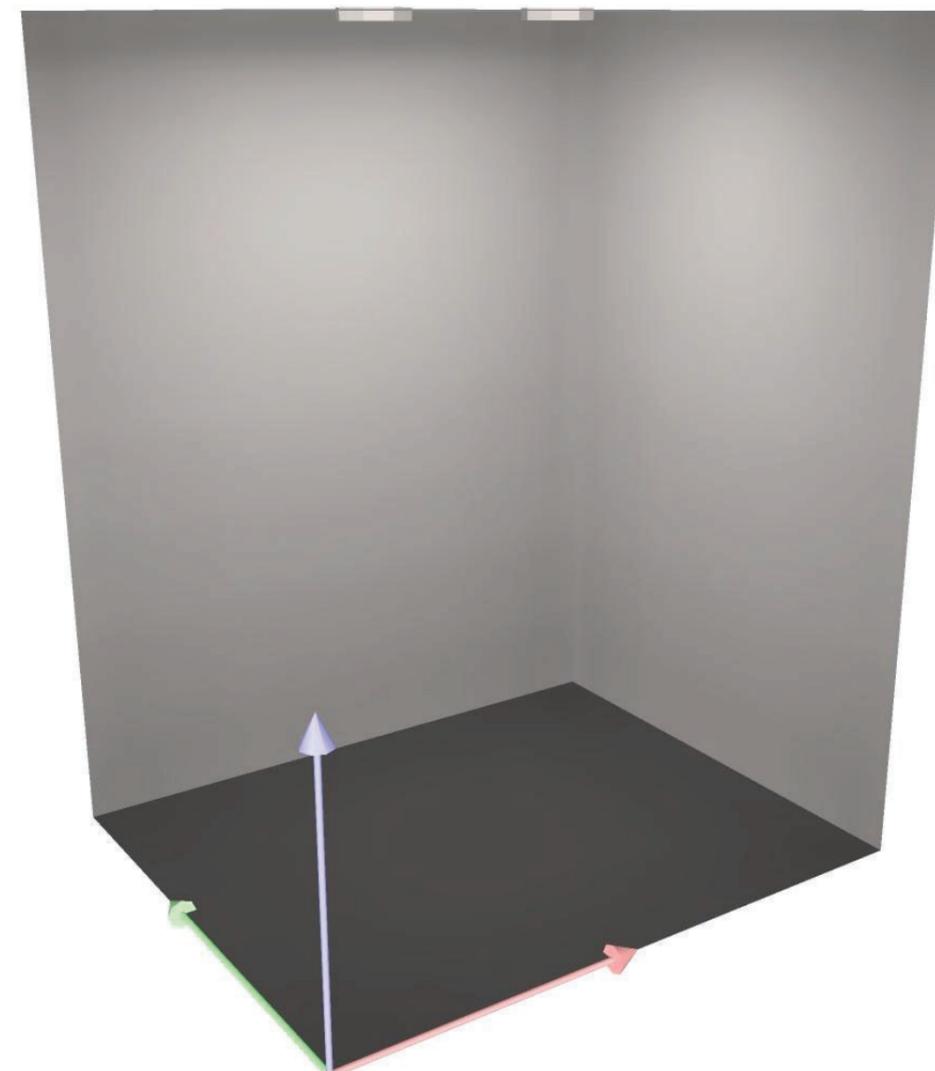
Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m ²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	222	98	320	/	/
Suelo	129	77	205	20	13
Techo	0.00	94	94	70	21
Pared 1	106	83	189	50	30
Pared 2	103	82	184	50	29
Pared 3	106	82	189	50	30
Pared 4	108	83	190	50	30

Simetrías en el plano útil
E_{min} / E_m: 0.665 (1:2)
E_{min} / E_{max}: 0.518 (1:2)

Valor de eficiencia energética: 10.10 W/m² = 3.16 W/m²/100 lx (Base: 3.96 m²)

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Distribuidor / Rendering (procesado) en 3D





Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

EDAR EN ESCAÑUELAS

SECCION TIPO

Índice

EDAR EN ESCAÑUELAS	
Portada del proyecto	1
Índice	2
Lista de luminarias	3
Simon ALT IXF ISTANIUM 16LED GTF SA_ WDL _24W 530mA IA5	
Hoja de datos de luminarias	4
Escena exterior 1	
Datos de planificación	5
Lista de luminarias	6
Rendering (procesado) en 3D	7
Rendering (procesado) de colores falsos	8
Superficies exteriores	
Elemento del suelo 1	
Superficie 1	
Isolíneas (E)	9
Gráfico de valores (E)	10
Tabla (E)	11

Contacto:
N° de encargo:
Empresa:
N° de cliente:

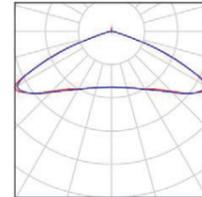
Fecha: 11.03.2020
Proyecto elaborado por:



Proyecto elaborado por
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

EDAR EN ESCAÑUELAS / Lista de luminarias

35 Pieza Simon ALT IXF ISTANIUM 16LED GTF SA_WDL _24W 530mA IA5
 N° de artículo:
 Flujo luminoso (Luminaria): 3480 lm
 Flujo luminoso (Lámparas): 3480 lm
 Potencia de las luminarias: 24.0 W
 Clasificación luminarias según CIE: 99
 Código CIE Flux: 25 65 97 99 100
 Lámpara: 1 x IW5969 (Factor de corrección 1.000).
 Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



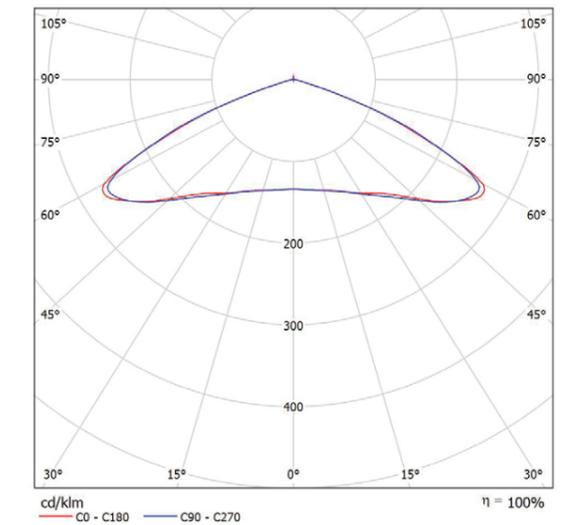
Proyecto elaborado por
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

Simon ALT IXF ISTANIUM 16LED GTF SA_WDL _24W 530mA IA5 / Hoja de datos de luminarias

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.

Clasificación luminarias según CIE: 99
 Código CIE Flux: 25 65 97 99 100

Emisión de luz 1:

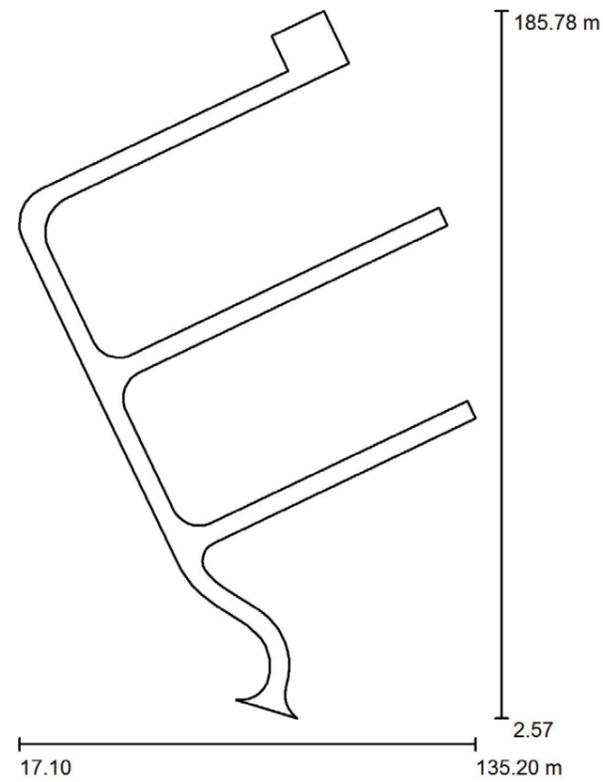


Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena exterior 1 / Datos de planificación



Factor mantenimiento: 0.85, ULR (Upward Light Ratio): 0.5%

Escala 1:1699

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	35	Simon ALT IXF ISTANIUM 16LED GTF SA_WDL_24W 530mA IA5 (1.000)	3480	3480	24.0
Total:			121801	121800	840.0

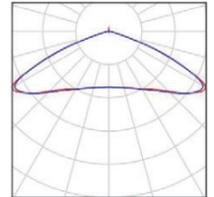


Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena exterior 1 / Lista de luminarias

35 Pieza Simon ALT IXF ISTANIUM 16LED GTF SA_WDL_24W 530mA IA5
 N° de artículo:
 Flujo luminoso (Luminaria): 3480 lm
 Flujo luminoso (Lámparas): 3480 lm
 Potencia de las luminarias: 24.0 W
 Clasificación luminarias según CIE: 99
 Código CIE Flux: 25 65 97 99 100
 Lámpara: 1 x IW5969 (Factor de corrección 1.000).

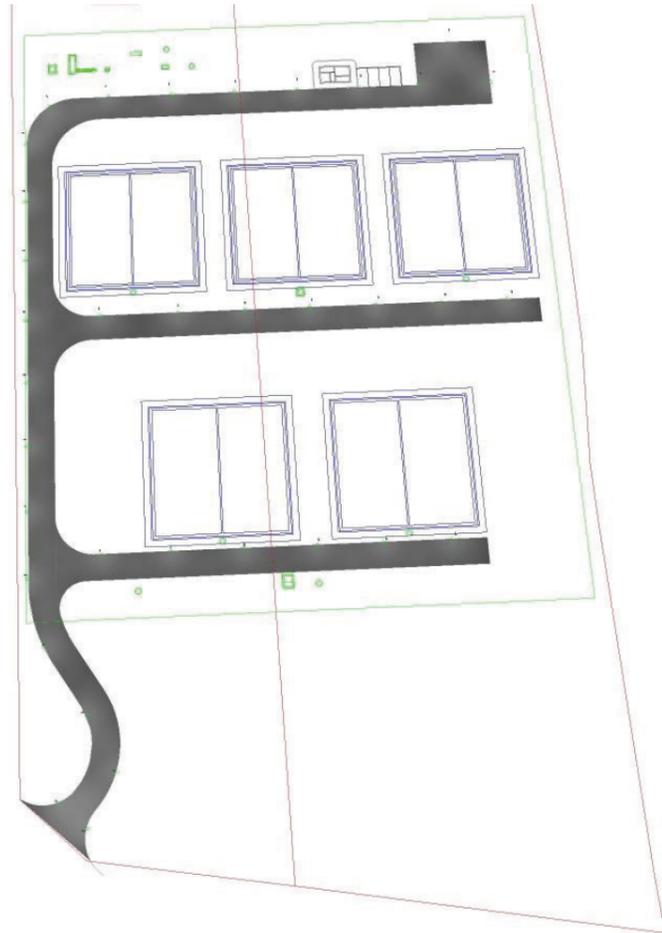
Dispones de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.





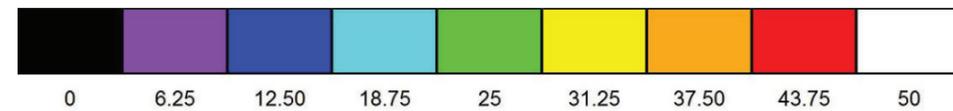
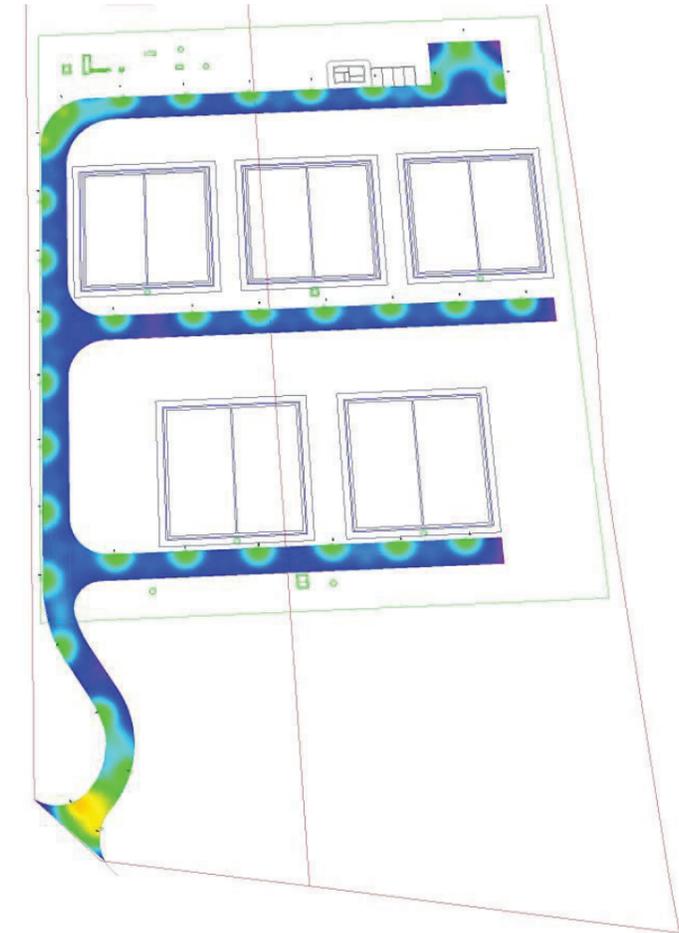
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena exterior 1 / Rendering (procesado) en 3D



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena exterior 1 / Rendering (procesado) de colores falsos

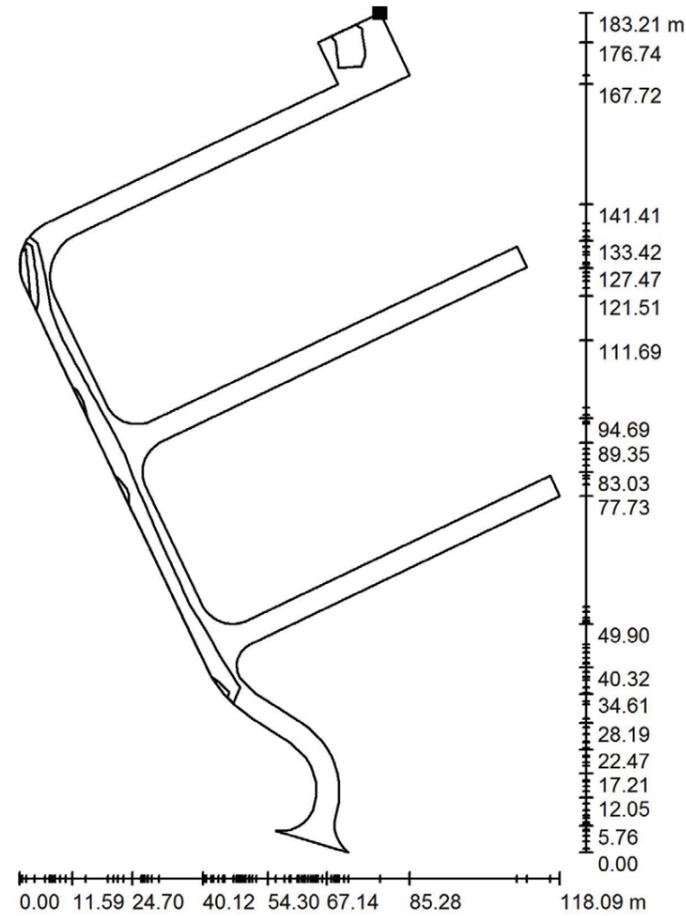


lx



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena exterior 1 / Elemento del suelo 1 / Superficie 1 / Isolíneas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 1433

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(95.921 m, 185.776 m, 0.000 m)



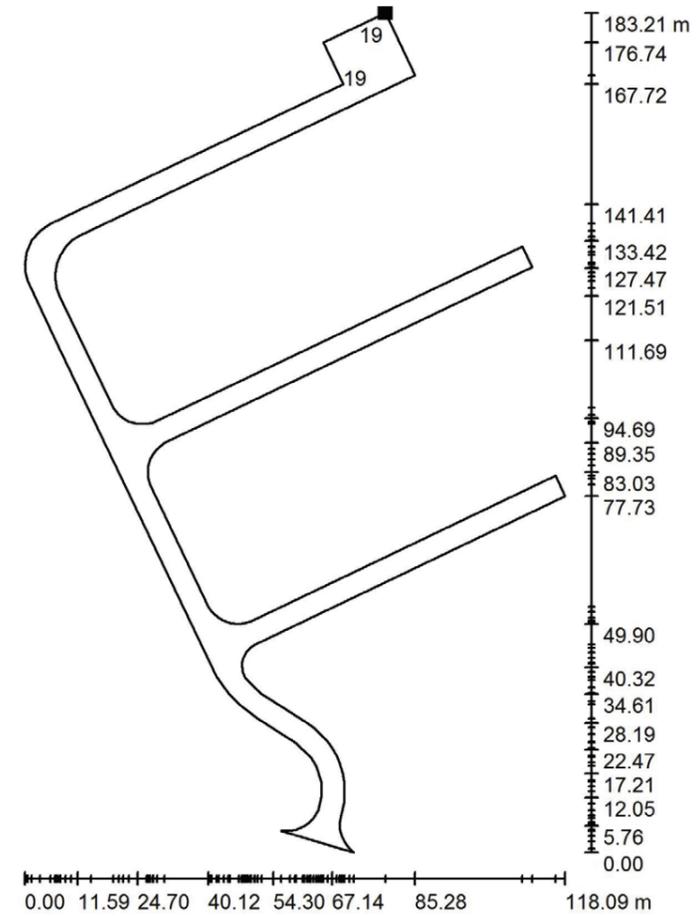
Trama: 23 x 14 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
17	11	31	0.626	0.342



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena exterior 1 / Elemento del suelo 1 / Superficie 1 / Gráfico de valores (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 1433

No pudieron representarse todos los valores calculados.

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(95.921 m, 185.776 m, 0.000 m)

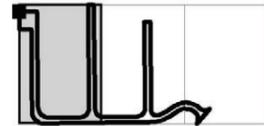


Trama: 23 x 14 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
17	11	31	0.626	0.342

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena exterior 1 / Elemento del suelo 1 / Superficie 1 / Tabla (E)



■ sección actual
□ otras secciones

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(95.921 m, 185.776 m, 0.000 m)



97.719	/	/	/	/	/	/	/	/	17	/
90.480	19	13	/	/	/	/	/	/	15	/
83.242	18	19	/	/	/	/	/	/	22	/
76.003	/	17	/	/	/	/	/	/	15	/
68.765	/	25	/	/	/	/	/	/	24	/
61.526	/	14	/	/	/	/	/	/	15	/
54.288	/	24	/	/	/	/	/	/	21	/
47.050	/	16	/	/	/	/	/	/	16	/
39.811	/	/	/	/	/	/	/	/	17	/
32.573	/	/	/	/	/	/	/	/	20	/
25.334	/	/	/	/	/	/	/	/	13	/
18.096	/	/	/	/	/	/	/	/	16	/
10.858	/	/	/	/	/	/	/	/	15	/
3.619	/	/	23	14	14	13	15	14	17	15
m 3.553 10.660 17.767 24.874 31.980 39.087 46.194 53.300 60.407 67.514										

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 23 x 14 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
17	11	31	0.626	0.342

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena exterior 1 / Elemento del suelo 1 / Superficie 1 / Tabla (E)



■ sección actual
□ otras secciones

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(95.921 m, 185.776 m, 0.000 m)



97.719	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
90.480	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
83.242	/	/	/	/	/	/	/	/	/	13	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
76.003	/	/	/	/	/	/	/	/	/	14	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
68.765	/	/	/	/	/	/	/	/	/	18	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
61.526	/	/	/	/	/	/	/	/	/	16	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
54.288	/	/	/	/	/	/	/	/	/	18	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
47.050	/	/	/	/	/	/	/	/	/	13	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
39.811	/	/	/	/	/	/	/	/	/	19	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
32.573	/	/	/	/	/	/	/	/	/	14	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
25.334	/	/	/	/	/	/	/	/	/	17	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
18.096	/	/	/	/	/	/	/	/	/	16	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
10.858	/	/	/	/	/	/	/	/	/	15	/	/	/	/	/	11	/	/	/	/	/	/
3.619	16	14	16	15	15	17	17	23	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
m 74.621 81.727 88.834 95.941 103.047 110.154 117.261 124.368 131.474 138.581																						

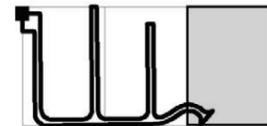
Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 23 x 14 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
17	11	31	0.626	0.342

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena exterior 1 / Elemento del suelo 1 / Superficie 1 / Tabla (E)



sección actual
 otras secciones

Situación de la superficie en la
escena exterior:
Punto marcado:
(95.921 m, 185.776 m, 0.000 m)



97.719	/	/	/
90.480	/	/	/
83.242	/	/	/
76.003	/	/	/
68.765	/	/	/
61.526	/	/	/
54.288	/	/	/
47.050	/	/	/
39.811	/	/	/
32.573	/	/	/
25.334	/	/	/
18.096	/	/	/
10.858	/	<u>31</u>	26
3.619	/	/	/

m 145.688 152.794 159.901

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 23 x 14 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
17	11	31	0.626	0.342

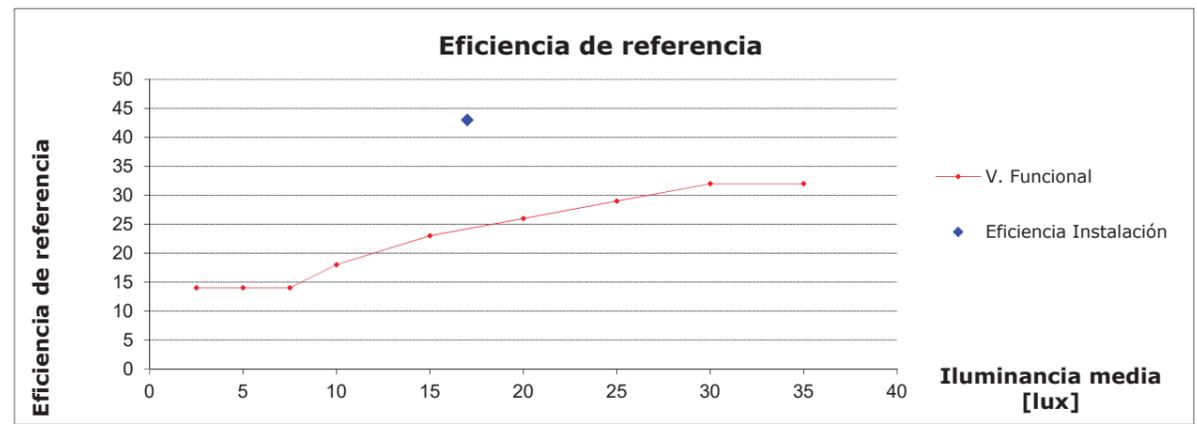
Proyecto: EDAR ESCAÑUELAS
Obra: VIARIO

Datos Instalación

Luminaria: ALTAIR IXF
Lámpara: 24W
Superficie Iluminada: 2391,47 m2
Iluminancia media Em: 17 lux
Potencia instalada P: 945 W
Factor de mantenimiento Fm: 0,85 -
Factor de utilización Fu: 0,39 -
Eficiencia de la lámpara El: 128,89 lm/W

ITC-EA-01 Clasificación Energética

Eficiencia Instalación $\epsilon =$ 43,02 [(m2·lux)/W]
Eficiencia mínima= 16 **Eficiente**
Ef. de referencia= 24,2 [(m2·lux)/W]



Índice de eficiencia energética $I\epsilon:$ 1,78

Índice de consumo energético ICE= 0,56

CLASIFICACION
A

Observaciones: