

Anejo Nº9:

SERVICIOS URBANÍSTICOS



ÍNDICE DEL DOCUMENTO

1	OBJETO DEL ANEJO	1
2	DRENAJE.....	1
2.1	PENDIENTES	1
2.2	OBTENCIÓN DEL CAUDAL DE REFERENCIA	1
2.3	OBTENCIÓN DEL NÚMERO Y SEPARACIÓN DE SUMIDEROS.....	4
2.4	COLECTORES Y POZOS DE REGISTRO	4
3	PAVIMENTOS.....	5
3.1	FIRMES	5
3.1.1	Formación de la Explanada	5
3.1.2	Secciones de firme	5
3.2	PAVIMENTO EN ACERAS	7
4	ALUMBRADO.....	8
4.1	EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN.....	8
4.2	INSTALACIÓN ELÉCTRICA	8
5	PASO DE SERVICIOS POR EL NUEVO PUENTE.....	8

1 Objeto del anejo

El objeto del presente anejo es el de definir los servicios a disponer en el nuevo tramo de calle que se define en el presente proyecto.

Para su elección se ha tratado de buscar elementos resistentes y duraderos, además de que estos garanticen la seguridad y comodidad de los usuarios, con un coste de mantenimiento moderado.

2 Drenaje

En el presente apartado se procede al dimensionamiento del sistema de drenaje, para una correcta y eficaz evacuación de las aguas pluviales.

Los sumideros estarán situados a ambos márgenes de la calzada, y asumirán tanto el agua procedente de esta como de las aceras.

Para evitar perforaciones en el tablero del puente, y de esta forma facilitar la construcción, el diseño tratará de no disponer sumideros en el mismo, realizándose el drenaje de la plataforma mediante sumideros al final de la misma.

2.1 Pendientes

La pendiente transversal es constante a lo largo de toda la calle, con un valor del 2% en la calzada, y del 1% en las aceras. Sin embargo, longitudinalmente, al poseer 3 acuerdos verticales la pendiente longitudinal varía.

2.2 Obtención del caudal de referencia

Según la *Instrucción 5.2-IC. Drenaje superficial*, en primer lugar, se debe obtener el caudal de referencia Q , que es aquel estimado que será necesario desaguar, y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Q = \frac{C \cdot A \cdot I_T}{3,6} (m^3/s)$$

Donde:

- C : Coeficiente medio de escorrentía de la superficie drenada.

$$C = \frac{\left[\left(\frac{P_d}{P_0}\right) - 1\right] \cdot \left[\left(\frac{P_d}{P_0}\right) + 23\right]}{\left[\left(\left(\frac{P_d}{P_0}\right) + 11\right)^2\right]}$$

Siendo:

- P_0 : Umbral de escorrentía. En este caso, por tratarse de pavimentos urbanos, se empleará.

$$P_0 = 1mm$$

- P_d : Precipitación total diaria para el periodo de retorno de, en este caso, 25 años. Se tomarán los datos de la publicación *Máximas lluvias diarias en la España Peninsular*. Siguiendo lo aquí expuesto, el valor de la precipitación total diaria se puede calcular como:

$$P_d = Y_t \cdot P$$

Donde:

- Y_t : factor de amplificación, hallado de la tabla 7.1 de *Máximas lluvias diarias en la España Peninsular*, a partir de:
 - Coeficiente de variación C_v :

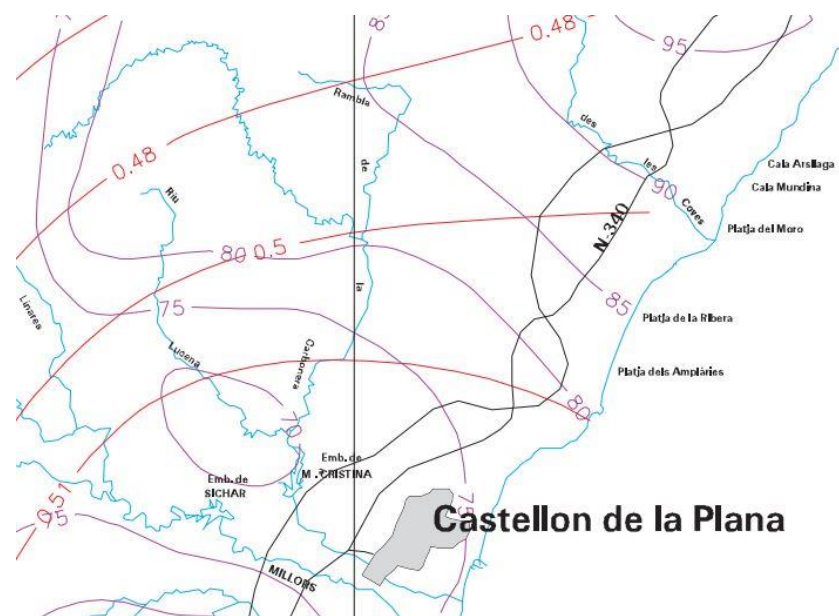


Figura 1. Isótopos del valor medio P (morado) y del coeficiente de variación C_v (rojo) para la zona donde se ubica la obra (*Máximas lluvias diarias en la España Peninsular*, Anexo).

El valor de este coeficiente para la ciudad de Castellón de la Plana es de, aproximadamente:

$$C_v = 0,51$$

- Periodo de retorno $T=25$ años

Con estos parámetros, se obtiene un valor para el factor de amplificación de:

$$Y_t = 2,068$$

- P : máxima precipitación diaria anual, obtenido a partir de las hojas de la serie 4C contenidas en los anejos de *Máximas lluvias diarias en la España Peninsular*. Como se puede ver en la Figura 1, el valor es de aproximadamente:

$$P = 74 \text{ mm/día}$$

Sustituyendo:

$$P_d = Y_t \cdot P = 2,068 \cdot 74 = 153,032 \text{ mm/día}$$

Para verificar que el valor obtenido es correcto, y obtener una solución más exacta, se ha empleado el programa *lluvias_dgc* del Ministerio de Fomento, en el cual a partir de las

coordenadas UTM de la obra y el periodo de retorno, se obtienen unos valores de precipitación de:

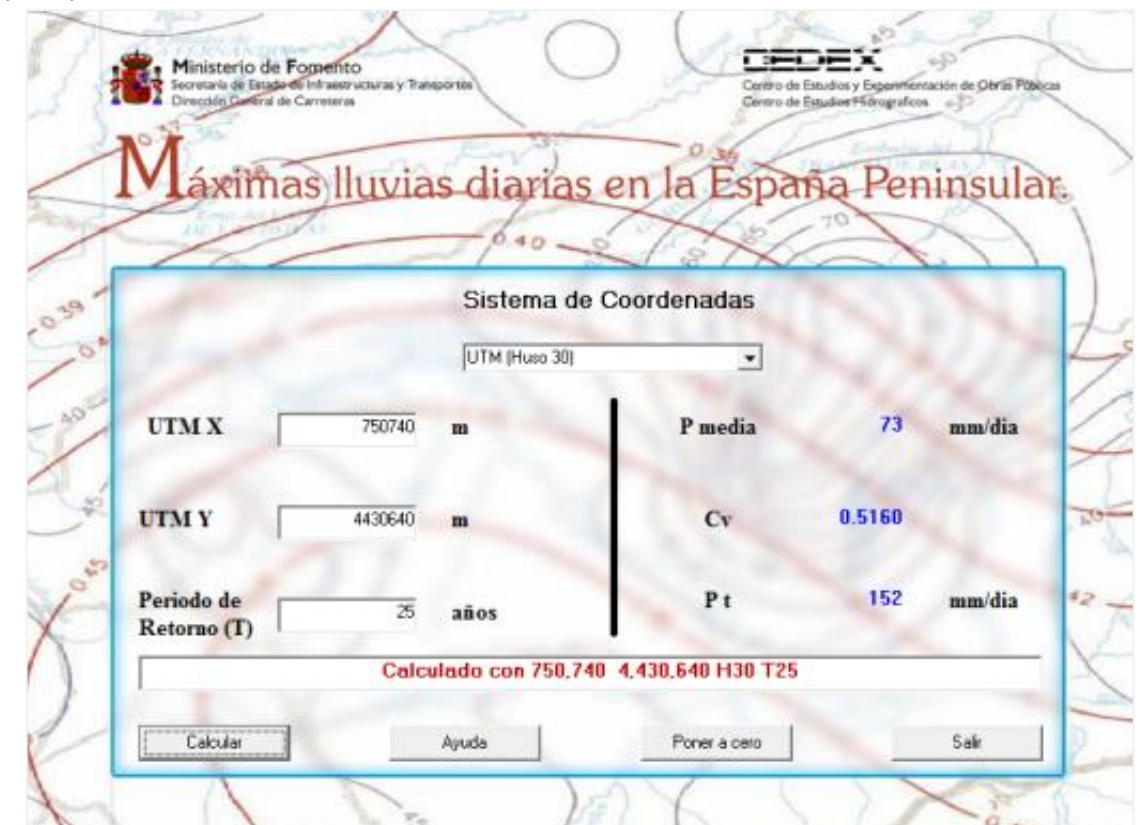


Figura 2. Resultados obtenidos mediante el uso del programa *Lluvias_dgc*.

Se verifica que los resultados obtenidos anteriormente eran razonables. Pese a ello, debido a su mayor exactitud, se emplearán los valores obtenidos a partir del programa:

$$P = 73 \text{ mm/día}$$

$$C_v = 0,5160$$

$$P_d = 152 \text{ mm/día}$$

Finalmente, entrando con los valores obtenidos en la expresión inicial:

$$C = \frac{\left[\left(\frac{P_d}{P_0}\right) - 1\right] \cdot \left[\left(\frac{P_d}{P_0}\right) + 23\right]}{\left[\left(\frac{P_d}{P_0}\right) + 11\right]^2} = \frac{\left[\left(\frac{153,032}{152}\right) - 1\right] \cdot \left[\left(\frac{153,032}{152}\right) + 23\right]}{\left[\left(\frac{153,032}{152}\right) + 11\right]^2} = 0,9946$$

- I_T : Intensidad media de precipitación correspondiente a un periodo de retorno de 25 años y a un intervalo igual al tiempo de concentración T . Para ello, se empleará la formulación propuesta por la Dirección General de Carreteras:

$$I_T = I_D \cdot \left(\frac{I_1}{I_D} \right)^{\frac{28^{0,1} - t_c^{0,1}}{28^{0,1} - 1}}$$

Donde:

- I_D : Intensidad media diaria de precipitación, correspondiente al periodo de retorno $T=25$ años. Es igual a $P_D/24$ (mm/h), es decir:

$$I_D = 6,333 \text{ mm/h}$$

- t_c : Tiempo de concentración (h).

Siguiendo lo indicado en el Apartado 2.2.2.5 de la Instrucción 5.2-IC. Drenaje superficial:

$$t_c = 0,3 \cdot L_c^{0,76} \cdot J_c^{-0,19}$$

Donde:

- t_c : Tiempo de concentración en horas.
- L_c : Longitud del cauce en km.
- J_c : Pendiente media del cauce.

Por depender de la longitud y pendiente del cauce escogido, se deberán tantear diferentes cauces o recorridos del agua, escogiendo aquel que proporcione un valor mayor del t_c . En este caso, y ya que en la dirección transversal el recorrido es mínimo, se ha calculado para la dirección longitudinal, definiendo como pendiente un valor medio de la misma.

Como se comentará posteriormente, se opta por no disponer sumideros en el tablero del puente. Por tanto, se dividirá la calle en dos tramos, uno desde la rotonda de la avenida de Alcora hasta el inicio del puente (con una pendiente media de 1,5%), y otro para el puente (con la pendiente del 0,2%):

$$t_{c,calle} = 0,3 \cdot 0,085^{0,76} \cdot 0,015^{-0,19} = 0,102 \text{ horas}$$

$$t_{c,puente} = 0,3 \cdot 0,040^{0,76} \cdot 0,002^{-0,19} = 0,085 \text{ horas}$$

Como el valor obtenido en ambos casos es inferior a 0,25 h, según se recoge en este mismo apartado de la citada norma, es necesario realizar los cálculos como una cuenca secundaria (es decir, como flujo difuso sobre el terreno), para el cual la formulación es la que sigue:

$$t_{dif} = 2 \cdot L_{dif}^{0,408} \cdot n_{dif}^{0,312} J_{dif}^{-0,209}$$

Donde:

- t_{dif} : tiempo de recorrido en flujo difuso sobre el terreno (minutos).
- n_{dif} : coeficiente de flujo difuso (obtenido de la tabla 2.1 de la Instrucción)
- L_{dif} : longitud del recorrido en flujo difuso (metros).
- J_{dif} : pendiente media.

Entrando en la fórmula con los parámetros requeridos, se obtiene un tiempo de concentración de:

$$t_{dif,calle} = 2 \cdot 85^{0,408} \cdot 0,015^{0,312} 0,015^{-0,209} = 7,95 \text{ minutos}$$

$$t_{dif,puente} = 2 \cdot 40^{0,408} \cdot 0,015^{0,312} 0,002^{-0,209} = 8,90 \text{ minutos}$$

Los valores obtenidos son algo superiores, aunque similares a los que se obtienen con la formulación anterior.

- I_1 : Intensidad horaria de precipitación correspondiente a dicho periodo de retorno. El valor de la razón I_1/I_D se puede tomar directamente de la Figura 2.4 de la Instrucción 5.2-IC. Drenaje superficial:

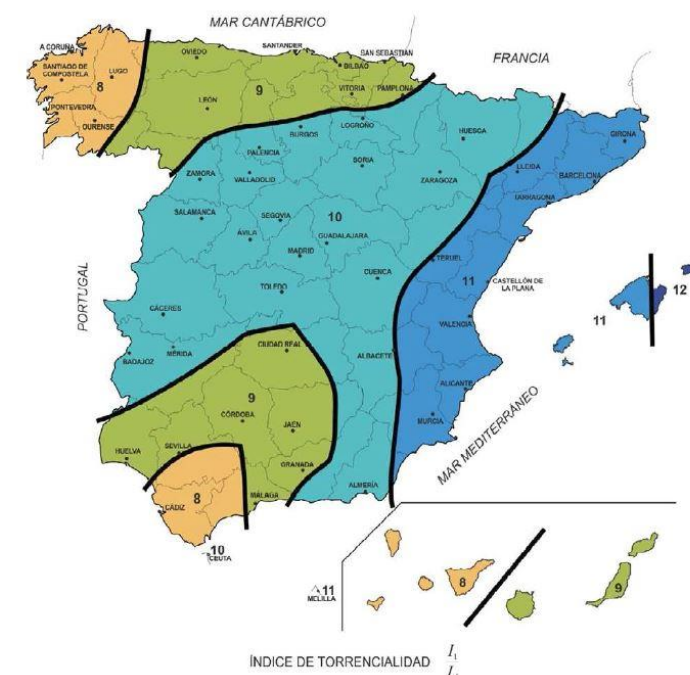


Figura 3. Mapa del Índice de torrencialidad recogido en la Instrucción 5.2-IC. Drenaje superficial.

Para Castellón de la Plana, el índice de torrencialidad toma un valor de 11.

Sustituyendo en la formulación anterior, los valores obtenidos para I_T antes y en el puente son:

$$I_{T,calle} = 6,333 \cdot (11)^{\frac{28^{0,1} - 0,1325^{0,1}}{28^{0,1} - 1}} = 211,31 \text{ mm/h}$$

$$I_{T,puente} = 6,333 \cdot (11)^{\frac{28^{0,1} - 0,1483^{0,1}}{28^{0,1} - 1}} = 199,78 \text{ mm/h}$$

- A: Área de la superficie drenada.

Como se ha comentado anteriormente, se dispondrá de dos filas de colectores, una a cada margen de la calzada. Cada una de las filas recogerá las aguas de mitad calzada y de una de las aceras. Por lo tanto, la superficie a drenar será igual a la longitud total de evacuación por el ancho de un carril más la calzada.

Para el tramo de calle previo al tablero esta superficie será igual a:

$$A_{calle} = 85 \cdot (3,5 + 3) = 552,5 \text{ m}^2$$

Y para el puente:

$$A_{puente} = 40 \cdot (3,5 + 3) = 260 \text{ m}^2$$

El caudal total estimado que será necesario evacuar en cada zona es por tanto de:

$$Q_{calle} = \frac{C \cdot A \cdot I_T}{3,6} = \frac{0,9946 \cdot 5,525 \times 10^{-4} \cdot 211,31}{3,6} = 0,032 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 32,3 \text{ l/s}$$

$$Q_{puente} = \frac{C \cdot A \cdot I_T}{3,6} = \frac{0,9946 \cdot 2,60 \times 10^{-4} \cdot 199,78}{3,6} = 0,014 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 14,3 \text{ l/s}$$

2.3 Obtención del número y separación de sumideros

Para la evacuación de este caudal obtenido en el apartado anterior se dispondrán una serie de sumideros a lo largo del tramo de calle, y un único sumidero al final del puente.

En el tramo de calle se dispondrán sumideros al inicio de esta y antes del tablero. Además de estos, se colocarán sumideros a una distancia máxima de 25 metros. El número total de sumideros a disponer con esta distribución será de 5. Sin embargo, para las comprobaciones se dividirá el caudal a evacuar únicamente entre 3, debido a la mayor superficie de actuación de los sumideros intermedios a los extremos.

Cada uno de los sumideros deberá evacuar un caudal de, al menos:

$$Q_{sum,calle} = 10,77 \text{ l/s}$$

El caudal a evacuar por el sumidero que recogerá las aguas del tablero es de:

$$Q_{sum,puente} = 14,30 \text{ l/s}$$

Por simplicidad y ya que el caudal a evacuar es similar en ambos casos, se opta por disponer todos los sumideros iguales, siendo por tanto este último el que debe ser capaz de evacuar.

A continuación, se procederá al cálculo de el caudal que puede evacuar el sumidero del tipo seleccionado, comprobando que es superior al requerido. Para ello, y debido a la ausencia de información al respecto en la normativa actual, se empleará la *Instrucción de drenaje superficial de 1990* (ya que pese a estar derogada en ella se describe la metodología a emplear para el cálculo del caudal que evacúa cada sumidero).

Considerando una altura de la lámina de agua inferior a 12 cm, la formulación a emplear es:

$$Q = \frac{P \cdot H^{3/2}}{60} \text{ l/s}$$

Siendo:

- P: perímetro de la abertura en cm.
- H: altura de la lámina de agua estimada junto al sumidero en cm.

Para el sumidero escogido, el cual se define detalladamente en el *Plano nº9: Drenaje*, el perímetro de la abertura es de:

$$P = 336 \text{ cm}$$

En cuanto a la altura de la lámina de agua, se ha realizado un modelo simple mediante el programa HEC-RAS con las características de media calle, para evaluar la altura alcanzada por la lámina de agua, como se puede ver en la siguiente figura:



Figura 4. Altura de la lámina de agua en el tramo del puente.

El resultado obtenido es de:

$$H = 4,5 \text{ cm}$$

Con estos datos, se obtiene un caudal para el sumidero escogido de hasta:

$$Q = \frac{336 \cdot 4,5^{3/2}}{60} = 53,46 \text{ l/s}$$

Se puede observar que esta muy del lado de la seguridad, ya que además de que cumple holgadamente, se han considerado las condiciones más desfavorables. Por tanto, tanto el diseño del sumidero como su distribución son adecuados.

2.4 Colectores y pozos de registro

El sistema de evacuación de pluviales se ha diseñado mediante una serie de colectores que conectan los sumideros a un colector principal en los pozos de registro. Este colector principal verterá las aguas en el cauce.

La distribución, dimensiones y pendientes de los colectores y pozos de registro se han definido a partir de recomendaciones y ejemplos de obras con características similares, y quedan recogidas en el *Plano nº9: Drenaje*.

3 Pavimentos

3.1 Firmes

En este apartado se justificarán las dimensiones y materiales adoptados para los elementos que componen la capa de firmes. Para ello, se seguirán las disposiciones expuestas en la *Norma de secciones de firme (Norma 6.1 IC)*.

Cabe destacar que, por tratarse de una calle de nueva ejecución, no se disponen datos ni de la IMD ni de la categoría del tráfico pesado. Por ello, para realizar un dimensionamiento del firme adecuado a las condiciones de la calle, la categoría de tráfico pesado se ha estimado siguiendo lo indicado en las *Recomendaciones para el proyecto y diseño del viario urbano*, del Ministerio de fomento.

La calle que se define en este proyecto es mayoritariamente de uso residencial, ya que existen ya dos avenidas que conectan la zona universitaria con el resto de la ciudad. Pese a ello, debido a su emplazamiento, cabe la posibilidad de que a través de esta discurra un servicio regular de autobuses, o vehículos pesados para uso comercial.

Por todo ello, siguiendo lo indicado en el Cuadro XIII.4 de las *Recomendaciones para el proyecto y diseño del viario urbano*, y del lado de la seguridad, se considerará del tipo Tráfico ligero, con un tráfico de vehículos pesados/día de entre 15 y 50.

A partir de esto y siguiendo las Tablas 1.A. y 1.B. de la *Norma 6.1 IC*, donde se define la categoría de tráfico para un nivel inferior de información (como es el caso de este estudio), la categoría de tráfico pesado del nuevo viario será la T41.

TABLA 1.A. CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO T00 A T2

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	T00	T0	T1	T2
IMDp (vehículos pesados/día)	≥ 4 000	< 4 000 ≥ 2 000	< 2 000 ≥ 800	< 800 ≥ 200

TABLA 1.B. CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO T3 Y T4

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	T31	T32	T41	T42
IMDp (vehículos pesados/día)	< 200 ≥ 100	< 100 ≥ 50	< 50 ≥ 25	< 25

Figura 5. Categorías de tráfico pesado según la Norma 6.1 IC.

Una vez definida la categoría del tráfico, se procede al diseño de la explanada y del paquete de firmes.

3.1.1 Formación de la Explanada

Debido a ser necesario el aporte de material para poder alcanzar la cota deseada, se opta por un terreno para el relleno del tipo Adecuado (1), para obtener una explanada de mejor calidad, y de esta forma reducir las dimensiones de la capa de firmes.

La categoría de una explanada formada por un espesor de más de 100 mm de suelo adecuado sería la E1. Sin embargo, es posible mejorar la categoría de la explanada a través de la superposición de capas de materiales con mejor calidad, de la forma que queda reflejado en la Figura 1 de la *Norma 6.1 IC*:

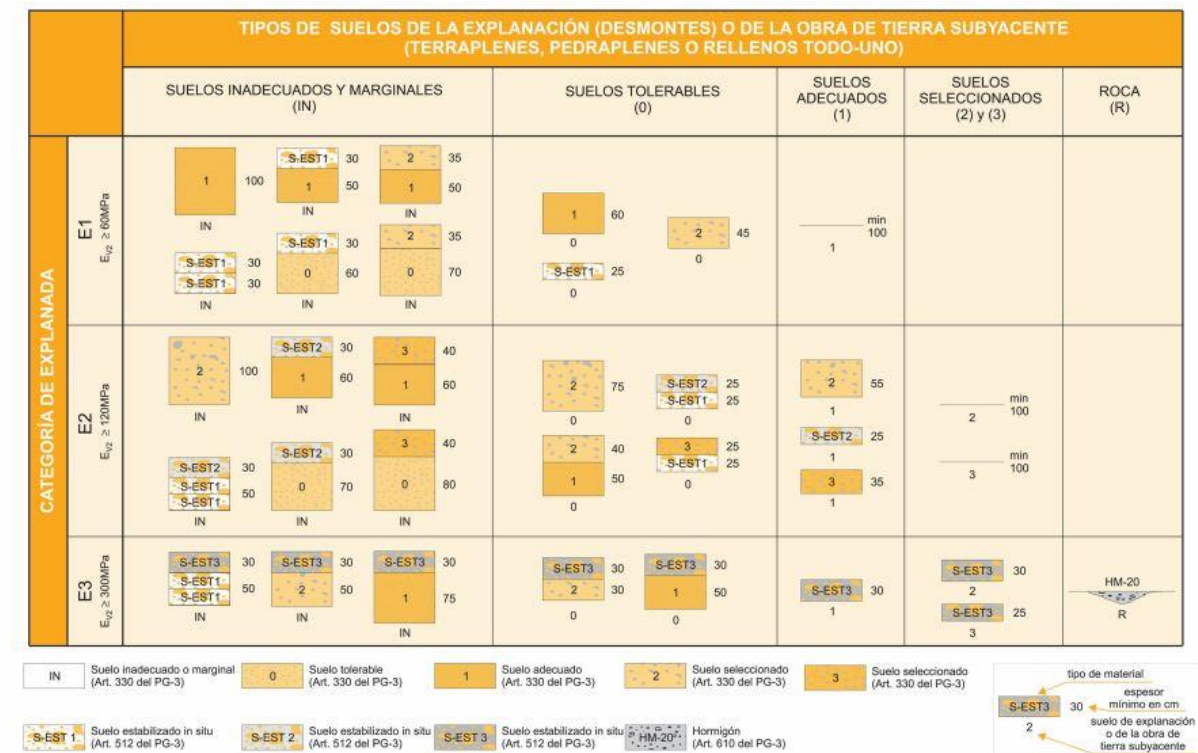


FIGURA 1. FORMACIÓN DE LA EXPLANADA

Figura 6. Formación de la explanada según la Norma 6.1 IC.

Se opta pues por añadir una capa de 55 cm de espesor de Suelo seleccionado sobre el adecuado, para obtener una explanada de la categoría E2.

Sobre el puente, por estar formado por una base de hormigón, la explanada se puede considerar del tipo E3.

3.1.2 Secciones de firme

Una vez definida la explanada, se procede al dimensionamiento de la capa de firmes. Para ello, teniendo en cuenta la categoría del tráfico pesado, así como la de la explanada definida con anterioridad, se escoge la sección de firme a partir de la figura 2.2 de la *Norma 6.1 IC*:

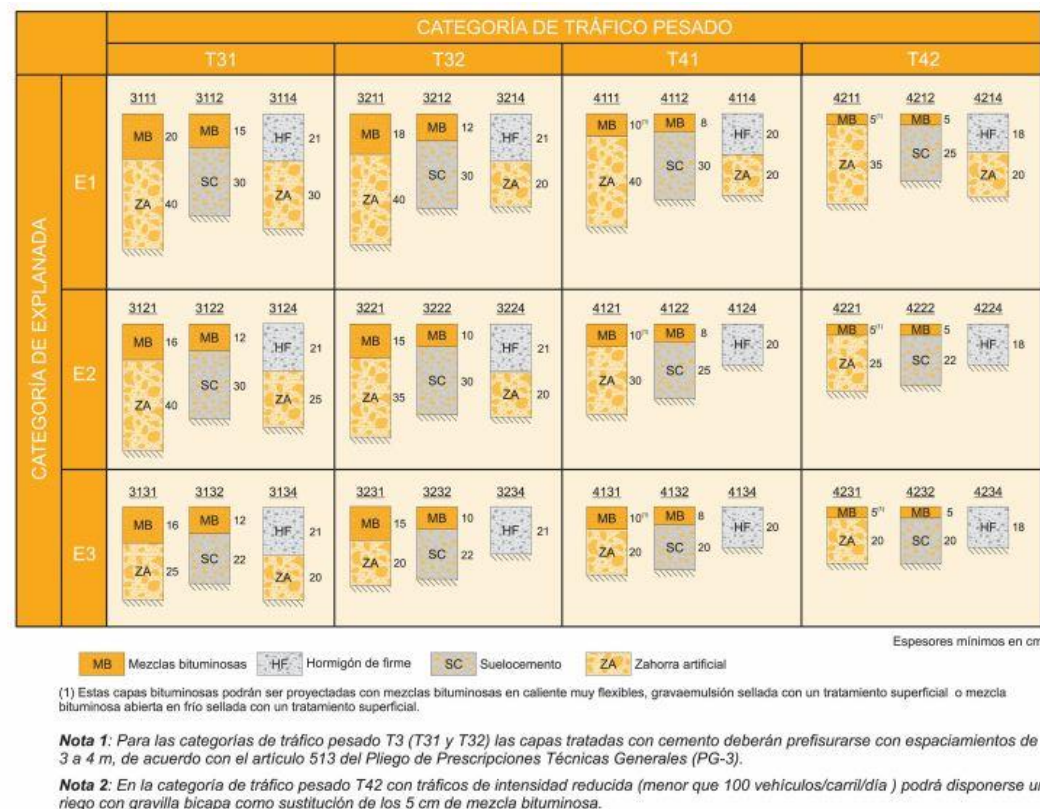


FIGURA 2.2. CATÁLOGO DE SECCIONES DE FIRME PARA LAS CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO T3 (T31 y T32) y T4 (T41 y T42), EN FUNCIÓN DE LA CATEGORÍA DE EXPLANADA

Figura 7. Secciones de firme en función de la categoría del tráfico pesado y de la explanada.

Para una explanada E2, y la categoría del tráfico pesado T41, el paquete de firmes escogido es el 4121, formado por una base de 30 cm de Zahorra artificial, y una capa superior de 10 cm de Mezclas bituminosas.

Se emplearán capas de mezcla bituminosa en caliente. El espesor total deberá ser de al menos 10 centímetros, como se ha comentado anteriormente. Será necesario definir las características de la mezcla bituminosa en cada una de las capas, así como el espesor de esta.

Para ello se comenzará por determinar las capas de mezcla bituminosa que se dispondrán, siguiendo lo indicado en la Tabla 6 de la Norma 6.1 IC:

TABLA 6. ESPESOR DE CAPAS DE MEZCLA BITUMINOSA EN CALIENTE

TIPO DE CAPA	TIPO DE MEZCLA (*)	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO		
		T00 a T1	T2 y T31	T32 y T4 (T41 y T42)
Rodadura	PA	4		
	M	3	2-3	
	F			
	D y S		6-5	5
Intermedia	D y S	5-10(**)		
Base	S y G	7-15		
	MAM	7-13		

(*) Ver definiciones en tabla 5 o artículos 542 y 543 del PG-3.

(**) Salvo en arcenes, para los que se seguirá lo indicado en el apartado 7.

Figura 8. Espesor de capas de mezcla bituminosa en caliente según la Norma 6.1 IC.

El espesor total de mezcla bituminosa, según se ha obtenido anteriormente, es de 10 cm. Por tanto, se dispondrán solo dos capas, una capa de rodadura y una intermedia, ambas de 5 centímetros y de mezcla bituminosa en caliente tipo S.

Siguiendo las indicaciones del Artículo 542: Mezclas bituminosas tipo hormigón bituminoso del PG-3, y en función del tipo y espesor de la capa, se pueden seleccionar los siguientes tipos de mezcla:

TABLA 542.9 - TIPO DE MEZCLA EN FUNCIÓN DEL TIPO Y ESPESOR DE LA CAPA

TIPO DE CAPA	TIPO DE MEZCLA	ESPESOR (cm)
	DENOMINACIÓN. NORMA UNE-EN 13108-1(*)	
RODADURA	AC16 surf D AC16 surf S	4 – 5
	AC22 surf D AC22 surf S	> 5
INTERMEDIA	AC22 bin D AC22 bin S AC32 bin S AC 22 bin S MAM (**)	5-10
BASE	AC32 base S AC22 base G AC32 base G AC 22 base S MAM (***)	7-15
ARCENES(****)	AC16 surf D	4-6

Figura 9. Tipo de mezcla en función del tipo y espesor de la capa según PG-3.

Así pues, se empleará la mezcla AC16 surf S para rodadura, y AC22 bin S.

Una vez definidas las capas, y seleccionado el tipo de mezcla bituminosa a emplear, se procede con la elección del ligante siguiendo las indicaciones del PG-3.

Seguindo el Artículo 542 del mismo, para la elección del ligante se debe considerar tanto la categoría del tráfico como la zona climática donde se ubique la obra. Esta se puede determinar a partir de la Figura 3 de la Norma 6.1 IC:

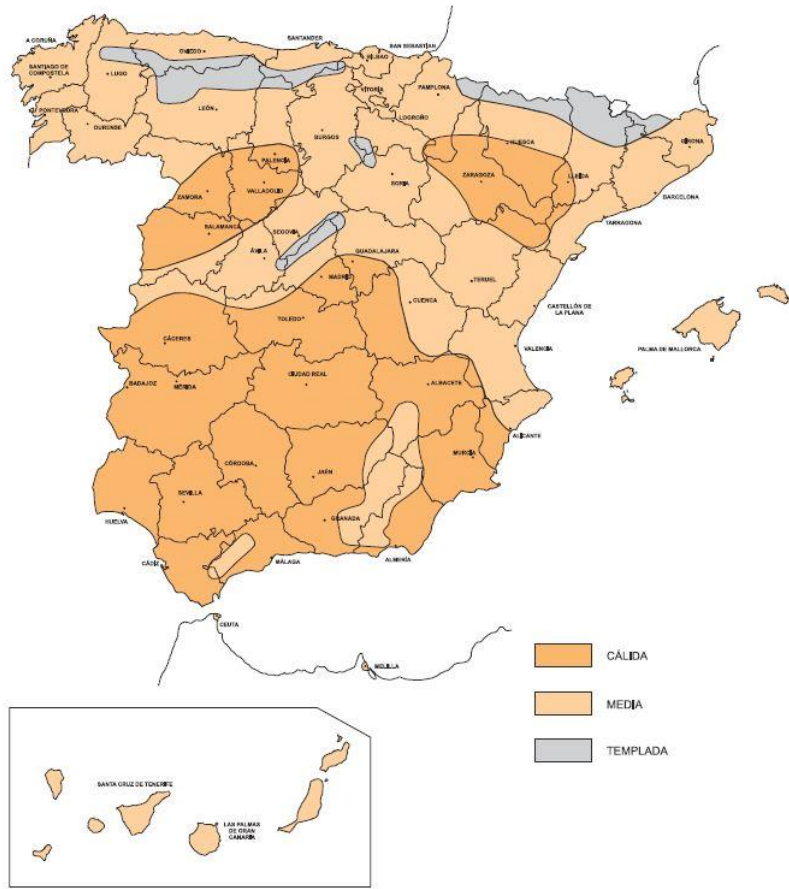


Figura 10. Zonas térmicas estivales según la Norma 6.1 IC.

Como se puede observar, Castellón se encuentra en la zona media. Se seleccionará a continuación el ligante a partir de la tabla 542.1.a del Artículo 542 del PG-3:

TABLA 542.1.a - TIPO DE LIGANTE HIDROCARBONADO A EMPLEAR EN CAPA DE RODADURA Y SIGUIENTE (*) (Artículos 211 y 212 de este Pliego, y reglamentación específica vigente DGC)

ZONA TÉRMICA ESTIVAL	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO					
	T00	T0	T1	T2 y T31	T32 y ARCENES	T4
CÁLIDA	35/50 BC35/50 PMB 25/55-65 PMB 45/80-85		35/50 BC35/50 PMB 25/55-65 PMB 45/80-60 PMB 45/80-65	35/50 50/70 BC35/50 BC50/70 PMB 45/80-60	50/70 BC50/70	
MEDIA	35/50 BC35/50 PMB 45/80-60 PMB 45/80-65		35/50 50/70 BC35/50 BC50/70 PMB 45/80-60	50/70 BC50/70 PMB 45/80-60	50/70 70/100 BC50/70	50/70 70/100 BC50/70
TEMPLADA	50/70 BC50/70 PMB 45/80-60 PMB 45/80-65		50/70 70/100 BC50/70 PMB 45/80-60		BC50/70	

Figura 11. Tipo de ligante hidrocarbonado a emplear en capa de rodadura y siguiente según PG-3.

Se opta pues por un betún B50/70 para ambas capas.

Con todo ello, las capas de mezcla bituminosa a emplear quedan recogidas en la siguiente tabla:

Espesor total	Tipo de capa	Espesor	Tipo de mezcla
10 cm	Capa de rodadura	5 cm	AC 16 surf B50/70 S
	Capa intermedia	5 cm	AC 22 bin B50/70 S

Tabla 1. Resumen de las mezclas bituminosas a emplear.

Cabe destacar que, en la zona del puente, por apoyar sobre hormigón, se continuará únicamente la capa de rodadura, disponiendo bajo la misma una capa de hormigón HM-20 para perfilado y bombeo.

Entre las capas de mezcla bituminosa o en contacto con hormigón será necesaria la ejecución de un riego de adherencia, cuyas características se obtienen siguiendo lo establecido en el Artículo 531 del PG-3. También es necesario el riego de imprimación en las capas en contacto con las zahorras, obtenido siguiendo lo establecido en el Artículo 530.

Los materiales seleccionados para los riegos quedan recogidos tanto en el Documento nº3: Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, como en el Documento nº2: Planos.

3.2 Pavimento en aceras

Para la ejecución de las aceras se empleará un pavimento de terrazo para exteriores de clase C3 según DB SUA-1 del CTE, tomado con mortero, acabado abujardado, de dimensiones 40x40x4,5 cm. Tanto el modelo como el color quedan a elegir por la propiedad.

El pavimento se dispondrá sobre una solera de hormigón de 15 cm de espesor, que quedará limitada por bordillos del tipo C5 25x15 BHV de 100 cm de longitud.

Se dispondrán también rigolas prefabricadas al borde de la calzada para facilitar la circulación de las aguas.

4 Alumbrado

La iluminación es necesaria no solo por tratarse de una zona urbana, sino también por contener un elemento singular como es el puente. En este apartado se diseñarán las lámparas a disponer y su disposición, así como se definirá la instalación eléctrica que estas requieren.

4.1 Evaluación de los niveles de iluminación

Se ha realizado la división de la calle en varios tramos distintos según las luminarias a disponer y su disposición:

- Focos puente
- Luminarias resto calle

Para el tramo del puente se calculará la iluminación a partir de cuatro focos, dos enfrentados en cada acceso, sin considerar la aportación de la iluminación dispuesta en barrera.

Para el resto de calle y la rotonda, debido a la irregularidad en cuanto a la disposición de la iluminación, se opta por evaluar un área de actuación de 20 m de ancho donde se cumplan los parámetros luminotécnicos, y disponer las farolas que cumplan con estas características al tresbolillo separadas esta distancia.

Los requisitos de iluminación para la calzada, sin embargo, deberán ser los mismos en ambos casos. Estos se han obtenido de las *Recomendaciones para la iluminación de carreteras y túneles*.

El primer lugar se definirá la situación de proyecto siguiendo lo recogido en la siguiente tabla:

SITUACIONES DE PROYECTO	TIPO DE VÍAS	CLASE DE ALUMBRADO*
A₂	Carreteras interurbanas sin separación de aceras o carril bici ■ Intensidad de tráfico y complejidad del trazado de la carretera: ■ Control del tráfico y separación de los distintos tipos de usuarios ■ Parámetros específicos	ME 1
		ME 2
		ME 3a
		ME 4a
A₃	Vías, colectoras y rondas de circunvalación Carreteras interurbanas con accesos no restringidos ■ Intensidad de tráfico y complejidad del trazado de la carretera: ■ Control del tráfico y separación de los distintos tipos de usuarios ■ Parámetros específicos	ME 1
		ME 2
		ME 3b
		ME 4b

Tabla 2. Clases de alumbrado en función de la situación de proyecto.

Definiendo la situación de proyecto como A₃, se escoge para la clase del alumbrado la ME4b, ya que en la localización que se encuentra no se requieren mayores niveles de iluminación.

Para esta clase de alumbrado los parámetros luminotécnicos que se requieren quedan recogidos en la Tabla 5:

CLASES DE ALUMBRADO*	LUMINANCIA DE LA SUPERFICIE DE LA CALZADA EN CONDICIONES SECAS			DES LUMBRAMIENTO PERTURBADOR	ILUMINACIÓN ALREDEDORES
	Luminancia med. L _m (cd/m ²)	Uniformidad global U ₀	Uniformidad longitudinal U _l	Incremento umbral TI (%)**	Relación entorno SR***
ME 1	2.00	0.40	0.70	10	0.50
ME 2	1.50	0.40	0.70	10	0.50
ME 3 a	1.00	0.40	0.70	15	0.50
b	1.00	0.40	0.60	15	0.50
ME 4 a	0.75	0.40	0.60	15	0.50
b	0.75	0.40	0.50	15	0.50

Tabla 3. Parámetros luminotécnicos a cumplir en función de la clase de alumbrado.

Las comprobaciones realizadas para la verificación de estos parámetros se han realizado mediante el programa DIALux.

Em primer lugar se escogen las luminarias a emplear, que serán de potencia distinta en cada zona, ya que la distancia en la zona del puente es superior al las del resto de la calle:

- Focos puente: para estos cálculos se han empleado luminarias tipo SCHREDER TECEO 2 / 5117 / 88 LEDS 350mA.
- Luminarias resto calle: en este caso, las luminarias empleadas han sido luminarias tipo SCHREDER TECEO 2 / 5117 / 48 LEDS 350mA.

En ambos casos se han dispuesto en columnas de 12 m de altura. Teniendo todo lo mencionado anteriormente en cuenta, se comprueba que la disposición propuesta verifica los parámetros requeridos. En el Anexo 1 de este documento se pueden consultar los resultados obtenidos mediante el programa DIALux.

4.2 Instalación eléctrica

Una vez definidas el número de lámparas a emplear se ha diseñado la instalación eléctrica requerida para su correcto funcionamiento. Para el cálculo de las secciones de cable requeridas se emplea el programa *dmelect*, y los cálculos realizados se pueden consultar en el *Anexo 2* de este documento.

Todos los circuitos estarán conectados a un cuadro de maniobra de nueva ejecución, para separar los nuevos circuitos de los ya existentes a los que irá conectado.

La distribución, dimensiones y características de todos estos elementos están recogidas en los planos.

5 Paso de servicios por el nuevo puente

Para el paso de los distintos servicios por el nuevo puente se dispondrán dos pasatubos de PVC de 600 mm de diámetro colgados del tablero entre las vigas laterales y la central.

Para el acceso a dichos tubos se dispondrá una arqueta prefabricada en el trasdós de los estribos del puente, con las dimensiones que se definen en los planos.

Anexo 1:

Cálculos luminotécnicos

COMAYPA SA

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Alumbrado acceso puente

Alumbrado de calle de acceso desde rotonda de avenida alcora a nuevo puente sobre rio seco.

Contacto:
N° de encargo:
Empresa:
N° de cliente:

Fecha: 20.04.2018
Proyecto elaborado por:

Índice

Alumbrado acceso puente	
Portada del proyecto	1
Índice	2
SCHREDER TECEO 1 / 5119 / 48 LEDS 350mA CW / 333042	
Hoja de datos de luminarias	3
Calle 2	
Lista de luminarias	4
Resultados luminotécnicos	5
Recuadros de evaluación	
Recuadro de evaluación Calzada 1 & Camino peatonal 1 & Camino peato...	
Sumario de los resultados	6
Clase de iluminación	7
Isolíneas (E)	8
Gráfico de valores (E)	9

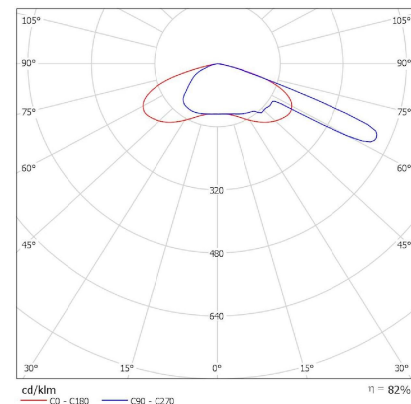
COMAYPA SA

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

SCHREDER TECEO 1 / 5119 / 48 LEDS 350mA CW / 333042 / Hoja de datos de luminarias



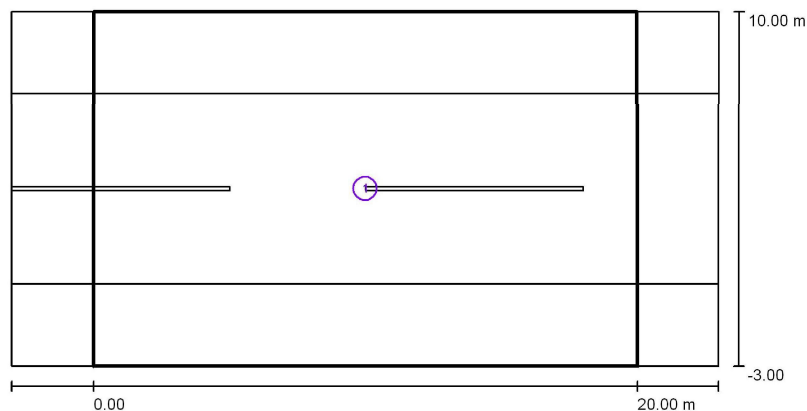
Emisión de luz 1:



COMAYPA SA

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 2 / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.80

Escala 1:186

Lista del recuadro de evaluación

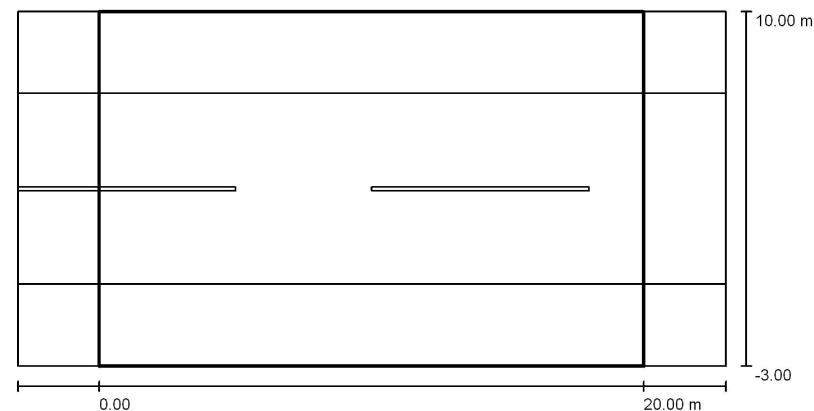
- 1 Recuadro de evaluación Calzada 1 & Camino peatonal 1 & Camino peatonal 2
Longitud: 20.000 m, Anchura: 13.000 m
Trama: 10 x 9 Puntos
Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1, Camino peatonal 1, Camino peatonal 2.
Clase de iluminación seleccionada: CE5 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	E_m [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	15.32	0.88
Valores de consigna según clase:	≥ 7.50	≥ 0.40
Cumplido/No cumplido:	✓	✓

COMAYPA SA

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 2 / Recuadro de evaluación Calzada 1 & Camino peatonal 1 & Camino peatonal 2 / Sumario de los resultados



Factor mantenimiento: 0.80

Escala 1:186

Trama: 10 x 9 Puntos
Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1, Camino peatonal 1, Camino peatonal 2.
Clase de iluminación seleccionada: CE5 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	E_m [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	15.32	0.88
Valores de consigna según clase:	≥ 7.50	≥ 0.40
Cumplido/No cumplido:	✓	✓

COMAYPA SA

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 2 / Recuadro de evaluación Calzada 1 & Camino peatonal 1 & Camino peatonal 2 / Clase de iluminación

Clase de iluminación seleccionada: CE5

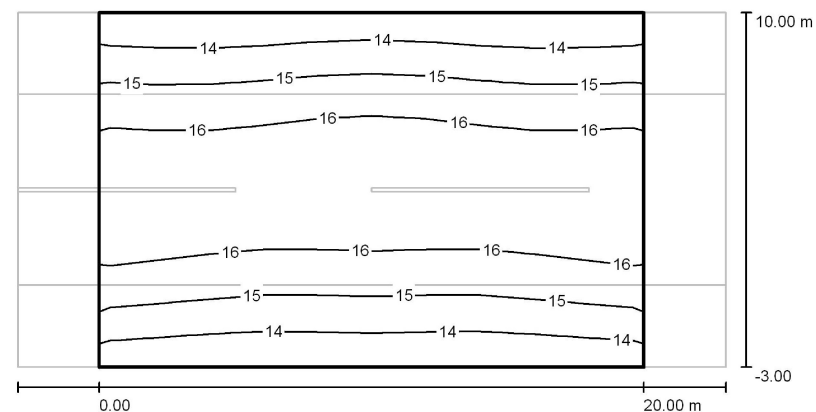
Esta clase de iluminación se basa en la siguiente situación vial:

Parámetros	Valor
Velocidad típica del usuario principal	Baja (entre 5 y 30 km/h)
Usuario principal	Tráfico motorizado, Peatón
Otros usuarios autorizados	/
Usuario excluido	Vehículos lentos, Ciclista
Situación de iluminación	D1
Medidas constructivas para restricción del tráfico	No
Tránsito de peatones	Normal
Grado de dificultad de navegación	Normal
Reconocimiento facial	innecesario
Riesgo de criminalidad	Normal
Grado de luminancia del entorno	Medio (entorno urbano)

COMAYPA SA

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 2 / Recuadro de evaluación Calzada 1 & Camino peatonal 1 & Camino peatonal 2 / Isolíneas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 186

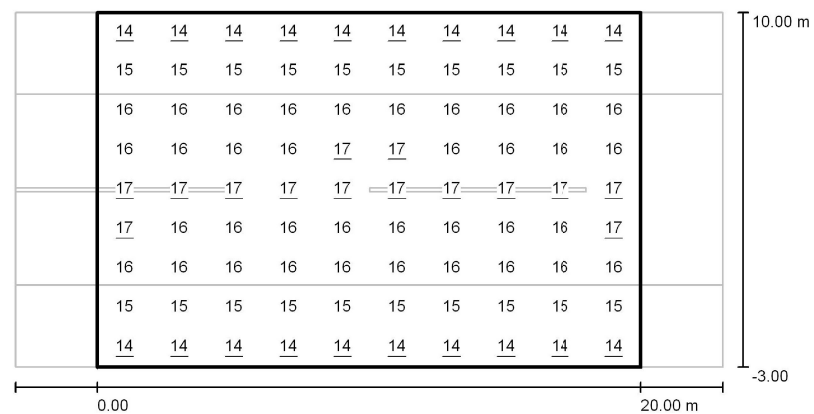
Trama: 10 x 9 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
15	14	17	0.882	0.809

COMAYPA SA

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 2 / Recuadro de evaluación Calzada 1 & Camino peatonal 1 & Camino peatonal 2 /
Gráfico de valores (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 186

Trama: 10 x 9 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
15	14	17	0.882	0.809

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Puente focos

Índice

Puente focos	
Portada del proyecto	1
Índice	2
SCHREDER TECEO 2 / 5144 / 128 LEDS 700mA NW / 355222	
Hoja de datos de luminarias	3
Calle 2	
Lista de luminarias	4
Resultados luminotécnicos	5
Recuadros de evaluación	
Recuadro de evaluación Camino peatonal 1	
Sumario de los resultados	7
Clase de iluminación	8
Isolíneas (E)	9
Gráfico de valores (E)	10
Recuadro de evaluación Calzada 1	
Sumario de los resultados	11
Clase de iluminación	12
Isolíneas (E)	13
Observador	
Observador 1	
Isolíneas (L)	14
Observador 2	
Isolíneas (L)	15
Recuadro de evaluación Camino peatonal 1	
Sumario de los resultados	16
Clase de iluminación	17
Isolíneas (E)	18

Contacto:
N° de encargo:
Empresa:
N° de cliente:

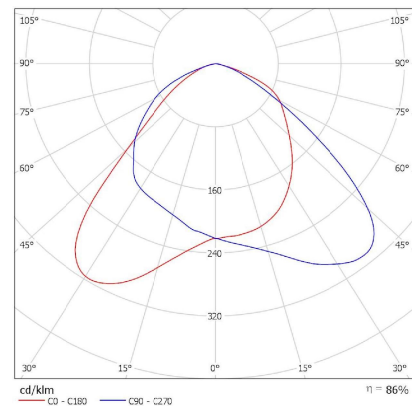
Fecha: 20.04.2018
Proyecto elaborado por:

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

SCHREDER TECEO 2 / 5144 / 128 LEDS 700mA NW / 355222 / Hoja de datos de luminarias



Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 46 90 99 100 86

Luminaria LED hermética disponible en dos tamaños, TECEO, compuesta por un protector de vidrio extra-claro y un cuerpo de aluminio donde se ubica el bloque óptico (IP66) compuesto por 16-24-32-40 o 48LED en la versión pequeña, y 56-64-72-80-88-96-104-112-120-128-136 o 144 LEDs de alto flujo luminoso blanco neutro y el compartimento de auxiliares (IP66), ambos independientes y accesibles in situ, lo cual permite el sistema Futureproof de actualización a lo largo del tiempo. Diseño compacto gracias a la tecnología LED con alturas de montaje de 4 a 10m (según versión y corriente de funcionamiento), tanto en posición vertical como horizontal (ajustable in situ). Diferentes ópticas disponibles para ofrecer la solución óptima a cada aplicación (funcional o urbana). Dispone de un sistema de protección contra sobretensiones de hasta 10kV.
Aplicación: Carreteras y calles urbanas, Plazas y zonas peatonales, Rotondas, Parques, Parkings, Underpass, Pedestrian crossings

Altura de instalación recomendada: entre 4m y 12m

Pintura: Poliéster electrodepositado en polvo

Color: AKZO o RAL

TECEO 2 - Tu configuración:

Reflector: 5144

Protector: Flat, Glass Extra Clear, Smooth

Fuente de luz: 128 LEDS 700mA NW

Reglaje: Zebra left - 355222

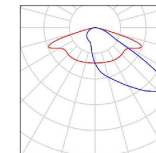
Dimensiones: Ancho: 439 Alto: 119 Longitud: 788 Peso: 17,5

Características mecánicas y eléctricas: IP: IP 66 IK: IK 08 Clase eléctrica: Class II EU, Class I EU

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

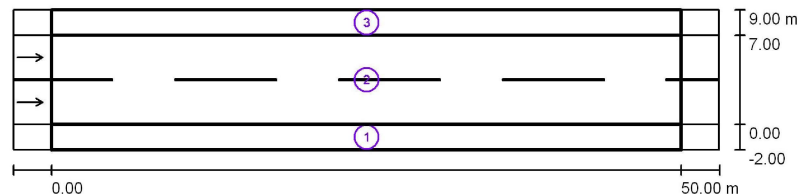
Calle 2 / Lista de luminarias

SCHREDER TECEO 2 / 5117 / 88 LEDS 350mA
WW / 355402
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 9867 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 13200 lm
Potencia de las luminarias: 94.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 32 70 96 100 74
Lámpara: 1 x 88 LEDS 350mA WW (Factor de corrección 1.000).



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 2 / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.80

Escala 1:401

Lista del recuadro de evaluación

1 Recuadro de evaluación Camino peatonal 1

Longitud: 50.000 m, Anchura: 2.000 m

Trama: 17 x 3 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 1.

Clase de iluminación seleccionada: S3 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Clase de iluminación adicional ES: ES6 (No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{min} (semicil.) [lx]
Valores reales según cálculo:	9.85	5.31	1.80
Valores de consigna según clase:	≥ 7.50	≥ 1.50	≥ 1.50
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 2 / Resultados luminotécnicos

Lista del recuadro de evaluación

2 Recuadro de evaluación Calzada 1

Longitud: 50.000 m, Anchura: 7.000 m

Trama: 17 x 6 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

Clase de iluminación seleccionada: ME4b

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reales según cálculo:	0.86	0.70	0.80	10	0.74
Valores de consigna según clase:	/	/	/	/	/
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	✓	✓

3 Recuadro de evaluación Camino peatonal 2

Longitud: 50.000 m, Anchura: 2.000 m

Trama: 17 x 3 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 1.

Clase de iluminación seleccionada: S3

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

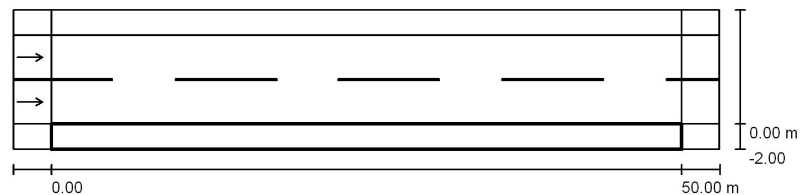
Clase de iluminación adicional ES: ES6

(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{min} (semicil.) [lx]
Valores reales según cálculo:	9.85	5.31	1.80
Valores de consigna según clase:	≥ 7.50	≥ 1.50	≥ 1.50
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 2 / Recuadro de evaluación Camino peatonal 1 / Sumario de los resultados



Factor mantenimiento: 0.80

Escala 1:401

Trama: 17 x 3 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 1.

Clase de iluminación seleccionada: S3

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Clase de iluminación adicional ES: ES6

(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{min} (semicil.) [lx]
Valores reales según cálculo:	9.85	5.31	1.80
Valores de consigna según clase:	≥ 7.50	≥ 1.50	≥ 1.50
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 2 / Recuadro de evaluación Camino peatonal 1 / Clase de iluminación

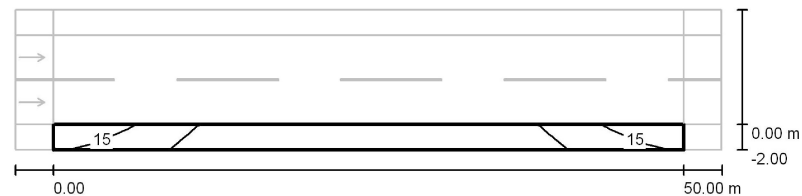
Clase de iluminación seleccionada: S3

Esta clase de iluminación se basa en la siguiente situación vial:

Parámetros	Valor
Velocidad típica del usuario principal	Velocidad a paso de hombre (≤ 5 km/h)
Usuario principal	Peatón
Otros usuarios autorizados	/
Usuario excluido	Tráfico motorizado, Vehículos lentos, Ciclista
Situación de iluminación	E1

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 2 / Recuadro de evaluación Camino para bicicletas 1 / Isolíneas (E)



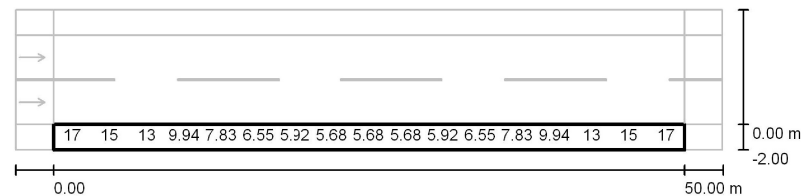
Valores en Lux, Escala 1 : 401

Trama: 17 x 3 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
9.85	5.31	18	0.540	0.290

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 2 / Recuadro de evaluación Camino peatonal 1 / Gráfico de valores (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 401

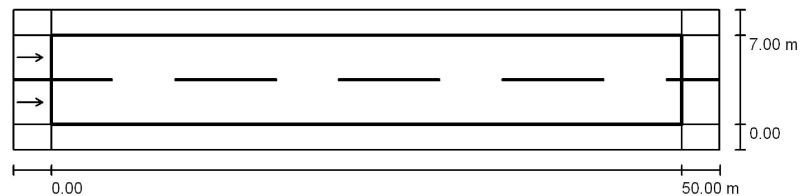
No pudieron representarse todos los valores calculados.

Trama: 17 x 3 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
9.85	5.31	18	0.540	0.290

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 2 / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Sumario de los resultados



Factor mantenimiento: 0.80

Escala 1:401

Trama: 17 x 6 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

Clase de iluminación seleccionada: ME4b

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

Valores de consigna según clase:

Cumplido/No cumplido:

L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
0.86	0.70	0.80	10	0.74
✓	✓	✓	✓	✓

Observador respectivo (2 Pieza):

N°	Observador	Posición [m]	L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]
1	Observador 1	(-60.000, 1.750, 1.500)	0.86	0.70	0.80	10
2	Observador 2	(-60.000, 5.250, 1.500)	0.86	0.70	0.80	10

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 2 / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Clase de iluminación

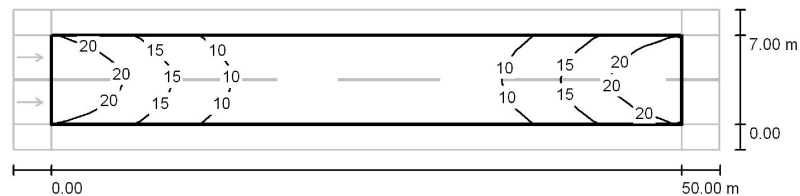
Clase de iluminación seleccionada: ME4b

Esta clase de iluminación se basa en la siguiente situación vial:

Parámetros	Valor
Velocidad típica del usuario principal	Media (entre 30 y 60 km/h)
Usuario principal	Tráfico motorizado, Vehículos lentos
Otros usuarios autorizados	Ciclista, Peatón
Usuario excluido	/
Situación de iluminación	B1

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 2 / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Isolíneas (E)



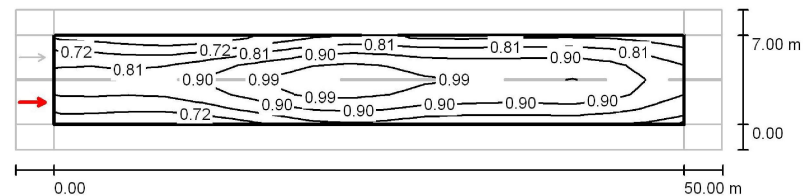
Valores en Lux, Escala 1 : 401

Trama: 17 x 6 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
13	6.17	24	0.489	0.257

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 2 / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 1 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 401

Trama: 17 x 6 Puntos

Posición del observador: (-60.000 m, 1.750 m, 1.500 m)

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

Valores reales según cálculo:

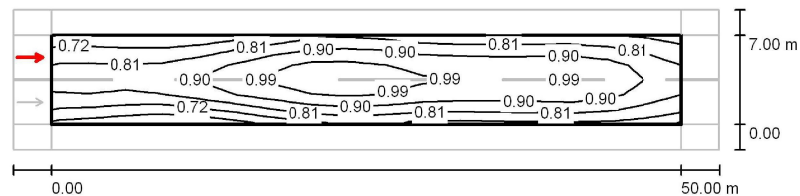
Valores de consigna según clase ME4b:

Cumplido/No cumplido:

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
0.86	0.70	0.80	10
/	/	/	/
✓	✓	✓	✓

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 2 / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 2 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 401

Trama: 17 x 6 Puntos

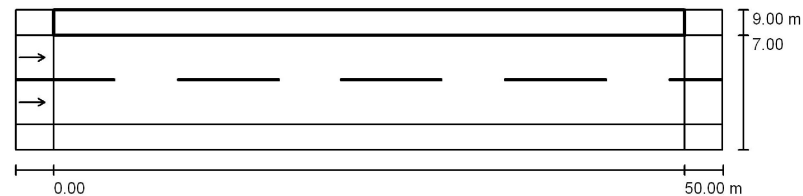
Posición del observador: (-60.000 m, 5.250 m, 1.500 m)

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

	L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
Valores reales según cálculo:	0.86	0.70	0.80	10
Valores de consigna según clase ME4b:	/	/	/	/
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	✓

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 2 / Recuadro de evaluación Camino peatonal 2 / Sumario de los resultados



Factor mantenimiento: 0.80

Escala 1:401

Trama: 17 x 3 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 1.

Clase de iluminación seleccionada: S3

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Clase de iluminación adicional ES: ES6

(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{min} (semicil.) [lx]
Valores reales según cálculo:	9.85	5.31	1.80
Valores de consigna según clase:	≥ 7.50	≥ 1.50	≥ 1.50
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 2 / Recuadro de evaluación Camino peatonal 2 / Clase de iluminación

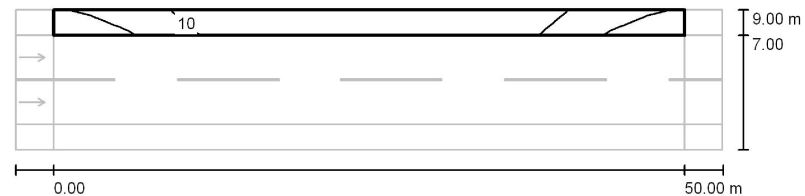
Clase de iluminación seleccionada: S3

Esta clase de iluminación se basa en la siguiente situación vial:

Parámetros	Valor
Velocidad típica del usuario principal	Velocidad a paso de hombre (<=5 km/h)
Usuario principal	Peatón
Otros usuarios autorizados	/
Usuario excluido	Tráfico motorizado, Vehículos lentos, Ciclista
Situación de iluminación	E1

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 2 / Recuadro de evaluación Camino peatonal 2 / Isolíneas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 401

Trama: 17 x 3 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
9.85	5.31	18	0.540	0.290

Anexo 2:

Cálculos de la instalación eléctrica

ANEXO DE CALCULOS

Fórmulas Generales

Emplearemos las siguientes:

Sistema Trifásico
 $I = Pc / 1,732 \times U \times \cos\varphi = \text{amp (A)}$
 $e = 1.732 \times I [(L \times \cos\varphi / k \times S \times n) + (Xu \times L \times \text{Sen}\varphi / 1000 \times n)] = \text{voltios (V)}$
Sistema Monofásico:
 $I = Pc / U \times \cos\varphi = \text{amp (A)}$
 $e = 2 \times I [(L \times \cos\varphi / k \times S \times n) + (Xu \times L \times \text{Sen}\varphi / 1000 \times n)] = \text{voltios (V)}$
En donde:
Pc = 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 o Monofásica).
S = Sección del conductor en mm².
Cos ϕ = Coseno de fi. Factor de potencia.
n = N.º de conductores por fase.
Xu = Reactancia por unidad de longitud en mΩ/m.

Fórmula Conductividad Eléctrica

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

Siendo,
K = Conductividad del conductor a la temperatura T.
ρ = Resistividad del conductor a la temperatura T.
ρ₂₀ = Resistividad del conductor a 20°C.
Cu = 0.018
Al = 0.029
α = Coeficiente de temperatura:
Cu = 0.00392
Al = 0.00403
T = Temperatura del conductor (°C).
T₀ = Temperatura ambiente (°C):
Cables enterrados = 25°C
Cables al aire = 40°C
T_{max} = Temperatura máxima admisible del conductor (°C):
XLPE, EPR = 90°C
PVC = 70°C
I = Intensidad prevista por el conductor (A).
I_{max} = Intensidad máxima admisible del conductor (A).

Fórmulas Sobrecargas

$I_b \leq I_n \leq I_z$
 $I_2 \leq 1,45 I_z$

7	-0,43	399,57	0,107	(-270 W)
8	-0,466	399,534	0,117*	(-270 W)
9	-0,269	399,731	0,067	(-270 W)
10	-0,346	399,654	0,086	(-270 W)

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

Caída de tensión total en los distintos itinerarios:

1-2-3-4-5 = 0.06 %
1-2-3-4-6-7-8 = 0.12 %
1-2-3-9-10 = 0.09 %

Resultados Cortocircuito:

Linea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	IpccI (kA)	P de C (kA)	IpccF(A)	tmcicc (sg)	tficc (sg)	In;Curvas
1	1	2	12	15	2.325,88	0,14		10; B,C,D
2	2	3	4,67		1.513,01	0,32		
3	3	4	3,04		1.030,55	0,69		
4	4	5	2,07		805,43	1,13		
5	4	6	2,07		781,05	1,21		
6	6	7	1,57		353,09	5,9		
7	7	8	0,71		283,23	9,18		
8	3	9	3,04		572,84	2,24		
9	9	10	1,15		310,54	7,63		

PUENTE LADO 1

Las características generales de la red son:

Tensión(V): Trifásica 400, Monofásica 230
C.d.t. máx.(%): 3
Cos φ : 1
Temperatura cálculo conductividad eléctrica (°C):
- XLPE, EPR: 20
- PVC: 20

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Linea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu(mΩ/m)	Canal./Aislam/Polar.	I.Cálculo (A)	In/Ireg (A)	In/Sens. Dif(A/mA)	Sección (mm2)	I. Admisi. (A)/Fc	D.tubo (mm)
1	1	2	7	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	2,39	10	25/.300	4x6	52,8/0,8	90
2	2	3	7	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	2,39			4x6	52,8/0,8	90
3	3	4	8	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	2,39			4x6	52,8/0,8	90
4	4	5	8	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	2,39			4x6	52,8/0,8	90
5	5	6	40	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	2,39			4x6	52,8/0,8	90
6	6	7	19	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	2,39			4x6	52,8/0,8	90
7	7	8	6	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	2,39			4x6	52,8/0,8	90
8	8	9	3	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	2,21			4x6	52,8/0,8	90
9	9	10	4	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	2,03			4x6	52,8/0,8	90
10	10	11	4	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,84			4x6	52,8/0,8	90
11	11	12	5	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,66			4x6	52,8/0,8	90
12	12	13	4	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,48			4x6	52,8/0,8	90
13	13	14	4	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,3			4x6	52,8/0,8	90
14	14	15	4	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,12			4x6	52,8/0,8	90

15	15	16	4	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,94			4x6	52,8/0,8	90
16	16	17	4	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,75			4x6	52,8/0,8	90
17	17	18	3	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,57			4x6	52,8/0,8	90
18	18	19	5	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,39			4x6	52,8/0,8	90

Nudo	C.d.t.(V)	Tensión Nudo(V)	C.d.t.(%)	Carga Nudo
1	0	400	0	(1.656 W)
2	-0,086	399,914	0,022	(0 W)
3	-0,172	399,828	0,043	(0 W)
4	-0,271	399,729	0,068	(0 W)
5	-0,37	399,63	0,092	(0 W)
6	-0,863	399,138	0,216	(0 W)
7	-1,097	398,903	0,274	(0 W)
8	-1,171	398,829	0,293	(-126 W)
9	-1,205	398,795	0,301	(-126 W)
10	-1,246	398,754	0,312	(-126 W)
11	-1,285	398,715	0,321	(-126 W)
12	-1,327	398,673	0,332	(-126 W)
13	-1,358	398,642	0,339	(-126 W)
14	-1,385	398,615	0,346	(-126 W)
15	-1,408	398,592	0,352	(-126 W)
16	-1,427	398,573	0,357	(-126 W)
17	-1,443	398,557	0,361	(-126 W)
18	-1,451	398,549	0,363	(-126 W)
19	-1,461	398,539	0,365*	(-270 W)

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

Caída de tensión total en los distintos itinerarios:

1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19 = 0.37 %

Resultados Cortocircuito:

Linea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	IpccI (kA)	P de C (kA)	IpccF(A)	tmcicc (sg)	tficc (sg)	In;Curvas
1	1	2	12	15	2.325,88	0,14		10; B,C
2	2	3	4,67		1.429,47	0,36		
3	3	4	2,87		991	0,75		
4	4	5	1,99		758,09	1,28		
5	5	6	1,52		348,32	6,07		
6	6	7	0,7		277,14	9,58		
7	7	8	0,56		260,33	10,86		
8	8	9	0,52		252,67	11,53		
9	9	10	0,51		243,14	12,45		
10	10	11	0,49		234,29	13,41		
11	11	12	0,47		224,1	14,66		
12	12	13	0,45		216,57	15,7		
13	13	14	0,43		209,52	16,77		
14	14	15	0,42		202,92	17,88		
15	15	16	0,41		196,72	19,02		
16	16	17	0,4		190,89	20,2		
17	17	18	0,38		186,74	21,11		
18	18	19	0,38		180,21	22,67		

PUENTE LADO 2

Las características generales de la red son:

Tensión(V): Trifásica 400, Monofásica 230
C.d.t. máx.(%): 3
Cos φ : 1
Temperatura cálculo conductividad eléctrica (°C):
- XLPE, EPR: 20
- PVC: 20

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Linea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu(mΩ/m)	Canal./Aislam/Polar.	I.Cálculo (A)	In/Ireg (A)	In/Sens. Dif(A/mA)	Sección (mm2)	I. Admisi. (A)/Fc	D.tubo (mm)
1	1	2	7	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	2,39	10	25/.300	4x6	52,8/0,8	90
2	2	3	6	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	2,39			4x6	52,8/0,8	90
3	3	4	28	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	2,39			4x6	52,8/0,8	90
4	4	5	38	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	2,39			4x6	52,8/0,8	90
5	5	6	6	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	2,39			4x6	52,8/0,8	90
6	6	7	5	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	2,21			4x6	52,8/0,8	90
7	7	8	3	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	2,03			4x6	52,8/0,8	90
8	8	9	4	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,84			4x6	52,8/0,8	90
9	9	10	4	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,66			4x6	52,8/0,8	90
10	10	11	4	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,48			4x6	52,8/0,8	90
11	11	12	4	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,3			4x6	52,8/0,8	90
12	12	13	4	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	1,12			4x6	52,8/0,8	90
13	13	14	4	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,94			4x6	52,8/0,8	90
14	14	15	4	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,75			4x6	52,8/0,8	90
15	15	16	2	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,57			4x6	52,8/0,8	90
16	16	17	7	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra.	0,39			4x6	52,8/0,8	90

Nudo	C.d.t.(V)	Tensión Nudo(V)	C.d.t.(%)	Carga Nudo
1	0	400	0	(1.656 W)
2	-0,086	399,914	0,022	(0 W)
3	-0,16	399,84	0,04	(0 W)
4	-0,505	399,495	0,126	(0 W)
5	-0,973	399,027	0,243	(0 W)
6	-1,047	398,953	0,262	(-126 W)
7	-1,104	398,896	0,276	(-126 W)
8	-1,136	398,864	0,284	(-126 W)
9	-1,174	398,826	0,293	(-126 W)
10	-1,208	398,792	0,302	(-126 W)
11	-1,238	398,762	0,31	(-126 W)
12	-1,265	398,735	0,316	(-126 W)
13	-1,288	398,712	0,322	(-126 W)
14	-1,308	398,692	0,327	(-126 W)
15	-1,323	398,677	0,331	(-126 W)
16	-1,329	398,671	0,332	(-126 W)
17	-1,343	398,657	0,336*	(-270 W)

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

Caída de tensión total en los distintos itinerarios:

1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17 = 0.34 %

Resultados Cortocircuito:

Linea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	I _{pccI} (kA)	P de C (kA)	I _{pccF} (A)	t _{mcicc} (sg)	t _{ficc} (sg)	In;Curvas
1	1	2	12	15	2.325,88	0,14		10; B,C
2	2	3	4,67		1.513,01	0,32		
3	3	4	3,04		572,84	2,24		
4	4	5	1,15		310,54	7,63		
5	5	6	0,62		289,6	8,78		
6	6	7	0,58		274,19	9,79		
7	7	8	0,55		265,7	10,43		
8	8	9	0,53		255,18	11,31		
9	9	10	0,51		245,45	12,22		
10	10	11	0,49		236,44	13,17		
11	11	12	0,47		228,07	14,15		
12	12	13	0,46		220,27	15,17		
13	13	14	0,44		212,99	16,23		
14	14	15	0,43		206,17	17,32		
15	15	16	0,41		202,92	17,88		
16	16	17	0,41		192,32	19,9		

Cálculo de la Puesta a Tierra:

- La resistividad del terreno es 300 ohmiosxm.
- El electrodo en la puesta a tierra, se constituye con los siguientes elementos:

M. conductor de Cu desnudo	35 mm²	30 m.
M. conductor de Acero galvanizado	95 mm²	
Picas verticales de Cobre	14 mm	
de Acero recubierto Cu	14 mm	1 picas de 2m.
de Acero galvanizado	25 mm	

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