

## ÍNDICE

1.- OBJETO .....	2	5.5.- Hormigones.....	7
2.- NORMATIVA .....	2	6.- CÁLCULOS ELÉCTRICOS .....	7
3.- INFORMACIÓN DE LAS VÍAS.....	2	6.1.- FÓRMULAS UTILIZADAS.....	7
4.- DISEÑO DEL SISTEMA DE ALUMBRADO .....	3	6.2.- DIMENSIONAMIENTO Y RESUMEN DE LAS LÍNEAS.....	9
4.1.- ESTADO ACTUAL Y SERVICIOS AFECTADOS.....	3	6.3.- POTENCIA INSTALADA .....	9
4.2.- SUMINISTRO.....	3	6.4.- PUESTA A TIERRA .....	9
4.3.- CLASE DE ALUMBRADO VIALES .....	3	7.- CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS.....	9
4.4.- CLASE DE ALUMBRADO GLORIETAS .....	4	7.1.- RAMAL DE ACCESO CON UN CARRIL.....	10
4.5.- FACTOR DE MANTENIMIENTO .....	4	7.2.- RAMAL DE ACCESO CON DOS CARRILES.....	10
4.6.- LIMITACIÓN DE LAS EMISIONES LUMINOSAS .....	4	7.3.- GLORIETA CV-680.....	11
4.7.- ELECCIÓN DE LAS LUMINARIAS .....	4	7.4.- GLORIETA CV-683.....	12
4.8.- EQUIPOS AUXILIARES .....	5	7.5.- GLORIETA AP-7 .....	12
4.9.- RÉGIMEN DE FUNCIONAMIENTO Y REGULACIÓN LUMINOSA.....	6	7.6.- GLORIETA CV-681.....	13
4.10.-SOPORTES.....	6	8.- CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN DE ALUMBRADO.....	13
4.11.-CONFIGURACIÓN DE LOS PUNTOS DE LUZ.....	6		
4.12.-CIRCUITOS Y CABLEADOS.....	6		
4.12.1.- Cuadros de mando.....	6		
4.12.2.- Cableado.....	6		
4.12.3.- Canalizaciones.....	7		
5.- OBRA CIVIL .....	7		
5.1.- Tubos .....	7		
5.2.- Acero para anclajes.....	7		
5.3.- Zanjas.....	7		
5.4.- Arquetas de registro .....	7		

## 1.- OBJETO

El presente anejo tiene por objeto establecer y justificar la instalación de alumbrado público en la conexión de la CV-60 con la N-332, definiendo los requerimientos de acuerdo a las normativas y justificando la solución aportada.

La carretera autonómica CV-60 tiene 45 km de longitud y comunica l'Olleria con Gandia.

En concreto, el nuevo tramo conecta Palma de Gandia con Gandia por la N-332. Se implantará alumbrado público en los enlaces de la CV-60 con las carreteras con las que conecta. Se dispondrá iluminación en las glorietas, los accesos a estas y en los ramales de aceleración y deceleración del nuevo tramo de la CV-60.

## 2.- NORMATIVA

La normativa y recomendaciones a tener en cuenta para el diseño y justificación del alumbrado de los viales exteriores se indican a continuación:

- 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.
- Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y sus instrucciones técnicas.
- Orden Circular 36/2015 de 24 de febrero, sobre criterios a aplicar en la iluminación de carreteras a cielo abierto y túneles.
- CIE 124:2000 Cálculos para la iluminación de vías públicas.
- CIE 154:2003 Informe técnico. El mantenimiento de sistemas de iluminación exterior.
- UNE-EN 13201-2:2004 Iluminación de carreteras. Parte 2: Requisitos de prestaciones.
- UNE-EN 13201-3:2004 Iluminación de carreteras. Parte 3: Calculo de prestaciones.
- UNE-EN 13201-4:2004 Iluminación de carreteras. Parte 4: Métodos de medida de las prestaciones de iluminación.
- CIE 115:2010 Alumbrado de carreteras para tráfico de vehículos y peatones.

## 3.- INFORMACIÓN DE LAS VÍAS

Los ramales de acceso a la CV-60 tienen las siguientes características:

### RAMAL DE ACCESO DE DOS CARRILES

- Arcén interior (anchura 2,0 m)
- Calzada 1 (anchura: 7 m, cantidad de carriles de tránsito: 2)
- Arcén exterior (anchura 1,0 m)

### RAMAL DE ACCESO DE UN CARRIL

- Arcén interior (anchura: 2,0 m).
- Calzada 1 (anchura: 4,0 m, cantidad de carriles de tránsito: 1)
- Arcén exterior (anchura 2,0 m)

### RAMAL DE ACCESO DE DOS CARRILES Y CARRIL BICI

- Arcén interior (anchura 2,0 m)
- Calzada 1 (anchura: 7 m, cantidad de carriles de tránsito: 2)
- Arcén exterior (anchura 1,0 m)
- Espacio verde (anchura 2,0 m)
- Carril bici (anchura 2,0 m)

### RAMAL DE ACCESO DE UN CARRIL Y CARRIL BICI

- Arcén interior (anchura: 2,0 m).
- Calzada 1 (anchura: 4,0 m, cantidad de carriles de tránsito: 1)
- Arcén exterior (anchura 2,0 m)
- Espacio verde (anchura 2,0 m)
- Carril bici (anchura 2,0 m)

Adicionalmente se hace necesaria la iluminación de las glorietas:

### GLORIETA CV-680

- Diámetro exterior 65 m.
- Número de carriles de tránsito: 2

### GLORIETA CV-683

- Diámetro exterior 58 m.
- Número de carriles de tránsito: 2

### GLORIETA AP-7

- Diámetros exterior 160 m.
- Número de carriles de tránsito: 2

#### GLORIETA CV-681

- Diámetros exterior 120 m.
- Número de carriles de tránsito: 2

#### **4.- DISEÑO DEL SISTEMA DE ALUMBRADO**

La adopción de criterios luminotécnicos aplicables a la CV-60 se basan en el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior aprobado por el RD 1890/2008. El Reglamento obliga a no superar en más de un 20% los niveles lumínicos medios de referencia establecidos en la ITC-EA-02 y a garantizar los valores de uniformidad exigidos.

En la ITC-EA-02 se clasifican las vías a iluminar y se dan los valores lumínicos medios, y las uniformidades medias y longitudinales por carril.

##### **4.1.- ESTADO ACTUAL Y SERVICIOS AFECTADOS**

Tal y como se detalla en el Anejo de servicios afectados y los planos, existen dos zonas de afección del alumbrado exterior existente con la CV-60 proyectada.

Por una parte, el EJE 1. PK – 2+430 A 2+610, en la rotonda existente de la CV-680. La rotonda se mantendrá, pero los accesos a la CV-60 se modifica, conllevando esto la retirada de las columnas y luminarias existentes que interfieren con los nuevos trazados. Se eliminarán también aquellos puntos de luz que no se integren con la nueva solución adoptada en la glorieta.

Por otra parte, el EJE 1. PK – 7+060 A 7+186, en la rotonda existente de la N-332. De manera similar a la anterior afección, la glorieta se mantiene y se modifican sus accesos. No obstante, debido a que los puntos de luz en esta conexión a la N-332 son mucho más recientes y de diseño característico, se intentará reaprovechar todas los puntos de luz que sea posible. En caso de no ser posible la reposición de las columnas, se estudiará instalar unas lo más similares posible, que logren una integración con el resto de columnas de la glorieta y sus accesos.



*Ilustración 1: Alumbrado existente en N-332*

##### **4.2.- SUMINISTRO**

Se prevé realizar el suministro eléctrico se desde tres puntos distintos: desde el cuadro de mando existente que actualmente alimenta los puntos de luz de la zona de la CV-680, desde el cuadro de mando existente que actualmente alimenta los puntos de luz de la zona de la N-332 y desde un nuevo transformador de intemperie en apoyo eléctrico de media tensión junto a la AP-7. La ubicación prevista de los cuadros se encuentra en los planos.

En los dos primeros casos habrá que comprobar si es posible la ampliación de espacio en los cuadros y solicitar una ampliación de potencia a Iberdrola si fuera necesario. En el caso del nuevo transformador de intemperie en apoyo eléctrico, se solicitaría a Iberdrola la conexión.

##### **4.3.- CLASE DE ALUMBRADO VIALES**

En el caso del nuevo tramo estudiado de la CV-60, en la vía principal habrá una IMD de entre 15.000 y 25.000. Nos encontramos en una carretera clasificada, según las citadas recomendaciones, como ME2.

Los carriles de acceso a la carretera, por ser zonas de reducción o incorporación de carriles, se clasifican, según el REEIAE, como zonas especiales de viales. A tal efecto, para estos tramos se establece una clase de alumbrado superior a la del carril del que forman parte. Por tanto, ME1. Les corresponderá un nivel medio de luminancias de 2,00 cd/m<sup>2</sup> con uniformidades medias igual o superiores al 0,40 y uniformidades longitudinales iguales o superiores al 0,70.

Se considerará para el tronco los siguientes niveles lumínicos:

Case de Alumbrado	Luminancia (cd/m <sup>2</sup> )	Uniformidad global U <sub>0</sub>	Uniformidad longitudinal U <sub>L</sub>	Incremento Umbral TI	Relación Entorno SR
ME2	1,5	0,4	0,7	≤ 10%	≥ 0,5

Se considerará para los accesos los siguientes niveles lumínicos:

Case de Alumbrado	Luminancia (cd/m <sup>2</sup> )	Uniformidad global U <sub>0</sub>	Uniformidad longitudinal U <sub>L</sub>	Incremento Umbral TI	Relación Entorno SR
ME1	2	0,4	0,7	≤ 10%	≥ 0,5

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

#### 4.4.- CLASE DE ALUMBRADO GLORIETAS

Según se indica en el apartado 3.7 de la ITC-EA-02, en carreteras dotadas de alumbrado público, el nivel de iluminación de las glorietas será como mínimo un grado superior al del tramo que confluye con mayor nivel de iluminación, cumpliéndose en todo caso lo establecido en el apartado 2.3 referente a zonas especiales de viales.

Según lo indicado anteriormente, se debería considerar una clase de alumbrado ME1 para las glorietas. Atendiendo a lo indicado en el apartado 2.3, cuando no sea posible aplicar el criterio de luminancia, cuando no se pueda situar adecuadamente al observador, se aplicará el criterio de iluminación, con unos criterios de iluminación correspondientes a la serie CE de clases de alumbrado.

Se considerará para las rotondas los siguientes niveles lumínicos:

Case de Alumbrado	Iluminancia horizontal	
	Iluminancia Media Em (lux)	Uniformidad Media Um
CE1	30	0,40

#### 4.5.- FACTOR DE MANTENIMIENTO

En base a los tipos de luminaria empleada (LED de bajo consumo y bajo mantenimiento) y que estas dispondrán de un LED con una intensidad moderada de emisión y una refrigeración adecuada que alarga la vida del LED disminuyendo la depreciación de luminosidad con el tiempo se ha establecido un factor de mantenimiento del 0,85.

Se ha considerado asimismo que no son necesarios los periódicos cambios de lámparas anuales y por tanto todo el mantenimiento se dedicará simplemente a revisión y a la reparación de averías, con lo que el índice de mantenimiento se mejora respecto a las lámparas tradicionales de descarga.

El factor de mantenimiento será el producto de los factores de depreciación del flujo luminoso de las lámparas (FDFL), de su supervivencia (FSL) y de depreciación de la luminaria (FDLU), que se obtendrán a partir de las tablas 1, 2 y 3 de la ITC-EA-06:

$$fm = FDFL \cdot FSL \cdot FDLU = 0,85$$

#### 4.6.- LIMITACIÓN DE LAS EMISIONES LUMINOSAS

Se limitarán las emisiones luminosas hacia el cielo nocturno limitando el valor del flujo hemisférico superior instalado FHS<sub>inst</sub>. La zona en la que se encuentra el proyecto corresponde a una zona E2 contra la contaminación luminosa.

- E2: ÁREAS DE BRILLO O LUMINOSIDAD BAJA

Para las zonas E2 el valor límite del FHS<sub>inst</sub> es del 5%. Por lo que las luminarias instaladas no superarán este valor.

#### 4.7.- ELECCIÓN DE LAS LUMINARIAS

Se han previsto instalar luminarias para vial tipo LED, que irán montadas en columnas de 12 metros de altura. Se prevé utilizar dos tipos de luminarias: las luminarias para las glorietas y las luminarias para los accesos y carriles de incorporación.



En las glorietas, las luminarias serán de alto flujo lumínico para poder garantizar las exigencias lumínicas y obtener una mayor iluminación en la glorieta que en sus entradas.

En los accesos y los carriles de aceleración y deceleración, se intentará situar los báculos a la mayor separación posible entre ellos.

Las luminarias concretas elegidas han sido las siguientes:

**LUMINARIA GLORIETAS**

- Ampera Maxi 128LEDs 300W NW Integrated lenses 5139 [Schröder]
- Flujo luminoso (Luminaria): 48.036 lm
- Potencia de las luminarias: 300 W
- Potencia consumida total: 310 W



Ilustración 2: Luminaria LED tipo vial AMPERA

**LUMINARIA ACCESOS**

- Axia 2.2 32 LEDs 83W NW Integrated lenses 5166 [Schröder]
- Flujo luminoso (Luminaria): 12.388 lm
- Potencia de las luminarias: 83 W
- Potencia consumida total: 86 W



Ilustración 3: Luminaria LED tipo vial AXIA 2.2

**LUMINARIA PASOS INFERIORES**

- CoreLine WT120C LED40S [Philips]
- Flujo luminoso (Luminaria): 4.000 lm
- Potencia de las luminarias: 30 W

Características básicas de las luminarias de alumbrado vial funcional:

Característica	AMPERA MAXI 128L	AXIA 2.2 32L
Marcado CE	Sí	Sí
Clase eléctrica	Clase II	Clase II
Tensión nominal	220-240 V	220-240 V
Frecuencia nominal	50-60 Hz	50-60 Hz
Protección sobretensiones	10 kV	10 kV
Eficiencia	135 lm/W	135 lm/W
Cuerpo	Aluminio	Aluminio
Óptica	Polycarbonato	Polycarbonato
Grado de protección	IP66	IP66
Temperatura de color	4.000 K	4.000 K
FHS	0%	0%
Vida útil	100.00 h – L90	100.00 h – L90

**4.8.- EQUIPOS AUXILIARES**

Con compartimentos independientes tanto para bloque óptico como para el bloque de auxiliares, siendo los auxiliares de tipo Driver electrónicos regulables, doble nivel con línea de mando.

Cada una de las luminarias que se proyecta instalar, estará dotada de dispositivos que la protejan contra cortocircuitos, sobretensiones y un driver de regulación y control del módulo Led. Así como un sistema de protección contra sobretensiones de 10 kV y sensor de temperatura para garantizar la vida de los leds ante subidas de temperatura.

#### 4.9.- RÉGIMEN DE FUNCIONAMIENTO Y REGULACIÓN LUMINOSA

La regulación luminosa quedará preprogramada en cada una de las luminarias previamente a su envío e instalación.

La preprogramación de fábrica permitirá una regulación del flujo de hasta el 75% tres horas antes y tres horas después al punto central de la noche. Esta regulación será acorde a las necesidades del cliente.

#### 4.10.-SOPORTES

Columnas de chapa de acero galvanizado troncocónicas de 12 m de altura, se diseñarán de acuerdo a las indicaciones de la Dirección de Obra.

Tanto los soportes como las armaduras cumplirán todos los preceptos establecidos en la ITC-BT-09 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

El material y su acabado asegurarán la resistencia a la corrosión.

#### 4.11.-CONFIGURACIÓN DE LOS PUNTOS DE LUZ

Se ha optado por la siguiente configuración:

##### CONFIGURACIÓN GLORIETAS

- Organización: luminarias sobre el perímetro exterior
- Altura de montaje: 12 m
- Longitud brazo: 0 m
- Inclinación de la luminaria: 5 °

##### CONFIGURACIÓN ACCESOS UN CARRIL

- Organización: unilateral abajo
- Distancia entre mástiles: 30 m
- Altura de montaje: 12 m
- Longitud del brazo : 1,00 m
- Inclinación del brazo: 0 °

##### CONFIGURACIÓN ACCESOS DOS CARRILES

- Organización: unilateral abajo
- Distancia entre mástiles: 25 m
- Altura de montaje: 12 m
- Longitud del brazo : 1,00 m

- Inclinación del brazo: 0 °

Con la configuración final se han obtenido la siguiente cantidad de luminarias en la instalación:

- Total de puntos de luz en las glorietas: 30 unidades
- Total de puntos de luz en los accesos: 257 unidades
- Total de luminarias en los pasos inferiores: 45 unidades
- Total potencia zona enlace CV-680: 6,63 kW
- Total potencia zona enlace CV-683: 6,60 kW
- Total potencia zona enlace AP-7: 8,56 kW
- Total potencia zona enlace CV-681: 5,89 kW
- Total potencia zona enlace N-332: 2,66 kW
- **Potencia total instalación: 30,33 kW**

#### 4.12.-CIRCUITOS Y CABLEADOS

##### 4.12.1.- Cuadros de mando

Se dispone en la zona de actuación de tres puntos de suministro de energía desde los que se utilizarán sendos cuadros eléctricos que alimentarán las distintas luminarias de la instalación.

Cada uno de los cuadros contará con varios circuitos eléctricos para el alumbrado.

Cuadro de Mando	Estado	Ubicación	Zonas a iluminar
CM-01	Existente	CV-680	CV-680
CM-02	Nuevo a instalar	Junto a AP-7	CV-683, AP-7, CV-681
CM-03	Existente	N-332	N-332

##### 4.12.2.- Cableado

Todos los cables serán tipo RZ1-K (AS), de cobre para instalación enterrada bajo tubo.

Los conductores a emplear serán unipolares, en conducción subterránea.

Serán de clase 1 kV, especificación de RV 0,6/1 KV, para tensión de prueba de 4.000 V, según norma UNE-21.029, constituidos por cuerda de cobre electrolítico de 98% de conductividad, según norma UNE-21.117, estabilizado a la humedad e intemperie, en color negro, de acuerdo a las recomendaciones CIE. En las instalaciones que el Proyecto determine los conductores en instalación subterránea serán multipolares, para tensión de prueba de 4.000 V, constituidos por cuerda de cobre electrolítico de 98% de conductividad, según Norma UNE-21.123.

La sección de los conductores se justifica en el apartado de cálculos eléctricos siendo como mínimo de 6 mm<sup>2</sup> en circuitos de alumbrado y de 2,5 mm<sup>2</sup> para la alimentación de cada receptor o punto de luz.

Los empalmes se realizarán mediante manguitos de cobre de sección adecuada a la de los cables, y tubos termorretráctiles, con adhesivo negro tipo SRH 2 o similar, aprobado por la Dirección Facultativa.

#### 4.12.3.- Canalizaciones

Las canalizaciones serán bajo tubos de 110 mm de diámetro en prisma de hormigón para el cruce de viales o caminos. Se dispondrá en todas las canalizaciones de un tubo de reserva, como mínimo. Se dispondrá de cinta de señalización amarilla de aviso de cable a una distancia mayor de 0,10 m al suelo y de al menos 0,25 m a la parte superior del tubo.

### 5.- OBRA CIVIL

#### 5.1.- Tubos

Los tubos serán de polietileno de alta densidad de doble pared liso y corrugado exterior grado de protección mecánica 7. El diámetro será de 110 mm.

Deberán ser completamente estancos al agua y a la humedad no presentando fisuras ni poros. En uno de sus extremos presentará una embocadura para su unión por encolado. Los tubos responderán en todas sus características a la Norma UNE 53.112.

Los tubos seguirán la normativa UNE-EN 50.086 2-4, serán de doble pared, lisos por dentro y corrugados por fuera, de polietileno de alta densidad PEAD con resistencia mínima a la compresión de 450 N. La profundidad mínima de los tubos será de 0,60 metros.

#### 5.2.- Acero para anclajes

El acero será de clase F.111 que cumple las especificaciones de la norma UNE 36011, dotado de rosca triangular ISO-M 18 x 400 para las columnas de 5 m y de M 24 x 600 para las columnas de 12 y de 14 m, según Norma UNE 17.704, de las dimensiones y características indicadas en los planos.

#### 5.3.- Zanjas

- Secciones de zanja:

Las canalizaciones irán por zanja de 40 cm de ancho por 80 cm de profundidad, con lo que los tubos que alojarán los conductores eléctricos quedarán a una profundidad mínima de 60 cm, con relleno de hormigón en masa HM-20 hasta 10 cm. por encima de la generatriz de los tubos, relleno de tierra seleccionada de la excavación o prestada, compactación.

- Cruce de calzada:

La canalización en cruce de calzada estará formada por zanja de 40 cm de ancho por 80 cm de profundidad, con lo que los tubos que alojarán los conductores eléctricos quedarán a una profundidad mínima de 60 cm. Para mayor protección los tubos irán en dado de hormigón.

#### 5.4.- Arquetas de registro

Las arquetas de registro serán de dimensiones 40x40x80cm, y de 70x70x100 (las de cruce) con marco y tapa para una carga mínima de 25 toneladas (C-250). Llevarán la identificación del servicio que albergan.

#### 5.5.- Hormigones

A los distintos hormigones a emplear se les exigirá como mínimo carga de rotura por compresión a 28 días de edad y referidas a probetas cilíndricas de 15x30 cm de 200 Kg/cm<sup>2</sup>. Será por tanto hormigón HM 20 para el cual se empleará un cemento P 35.

La dosificación por metro cuadrado será la siguiente:

- Tamaño máx. de los áridos: 20 mm
- Cemento P35: 270 kg
- Arena: 650 Kg
- Grava: 1.305 Kg
- Agua: 170 l.

La consistencia media en el cono de Abrams estará comprendida entre 2 y 6 m

En ningún caso se permitirá aumentar la cantidad de agua establecida en la dosificación para aumentar la docilidad.

Serán hormigones para ambiente IIIa+Qb.

### 6.- CÁLCULOS ELÉCTRICOS

#### 6.1.- FÓRMULAS UTILIZADAS

Emplearemos las siguientes:

Sistema Trifásico

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

$$e = (L \times Pc / k \times U \times n \times S \times R) + (L \times Pc \times Xu \times \text{Sen}\varphi / 1000 \times U \times n \times R \times \cos\varphi) = \text{voltios (V)}$$

Sistema Monofásico:

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

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

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 ó Monofásica).  
S = Sección del conductor en mm<sup>2</sup>.  
Cos φ = Coseno de fi. Factor de potencia.  
R = Rendimiento. (Para líneas motor).  
n = Nº de conductores por fase.  
Xu = Reactancia por unidad de longitud en mΩ/m.

#### Fórmula Conductividad Eléctrica

$$K = 1/\rho$$

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

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

Siendo,

K = Conductividad del conductor a la temperatura T.

ρ = Resistividad del conductor a la temperatura T.

ρ<sub>20</sub> = Resistividad del conductor a 20°C.

$$Cu = 0.018$$

α = Coeficiente de temperatura:

$$Cu = 0.00392$$

T = Temperatura del conductor (°C).

T<sub>0</sub> = Temperatura ambiente (°C):

Cables enterrados = 25°C

Cables al aire = 40°C

T<sub>max</sub> = Temperatura máxima admisible del conductor (°C):

XLPE, EPR = 90°C

PVC = 70°C

I = Intensidad prevista por el conductor (A).

I<sub>max</sub> = 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<sub>b</sub>: intensidad utilizada en el circuito.

I<sub>z</sub>: intensidad admisible de la canalización según la norma UNE 20-460/5-523.

I<sub>n</sub>: intensidad nominal del dispositivo de protección. Para los dispositivos de protección regulables, I<sub>n</sub> es la intensidad de regulación escogida.

I<sub>2</sub>: intensidad que asegura efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección. En la práctica I<sub>2</sub> se toma igual:

- a la intensidad de funcionamiento en el tiempo convencional, para los interruptores automáticos (1,45 I<sub>n</sub> como máximo).
- a la intensidad de fusión en el tiempo convencional, para los fusibles (1,6 I<sub>n</sub>).

#### Fórmulas Contra Cortocircuitos

Para determinar el poder de corte adecuado de los dispositivos de corte, es necesario calcular las corrientes de cortocircuito en cada uno de los puntos de la red.

El valor de la corriente de cortocircuito es:

$$I_{cc} = \frac{U_n}{\sqrt{3} * \sqrt{(X_{cc} + X_2) + R_2}}$$

siendo:

- U<sub>n</sub>= Tensión de línea.
- X= Reactancia de las líneas.
- R= Resistencia de las líneas.
- X<sub>cc</sub>= Reactancia de cc del trafo (4 %).

$$X_{cc} = \frac{U_{n2} * U_{cc}}{100 * S}$$

- U<sub>cc</sub>= Tensión de cc.
- S= Potencia aparente.

Los parámetros de las líneas a considerar por unidad de longitud son:

Resistencia a 20 °C:

$$R_{20} = \frac{L}{c * S}$$

siendo:

- L= Longitud en km. ( 1 km.).
- C= Conductividad en siemens m/mm<sup>2</sup>: Cu= 56; Al= 35.
- S= Sección del conductor en mm<sup>2</sup>.



Con objeto de considerar la resistencia que presenta la línea a la temperatura de servicio y en cortocircuito, se tendrá:

$$R = R_{20} * (1 + a * T)$$

siendo:

- a= Coeficiente de temperatura de la resistencia: Cu= 0,0038; Al= 0,004.
- T= Incremento de temperatura entre 20 °C y la considerada de cortocircuito (160 °C).

## 6.2.- DIMENSIONAMIENTO Y RESUMEN DE LAS LÍNEAS

El dimensionamiento de las líneas de alimentación a los puntos de luz estará previsto para transportar la carga de la luminaria, sus elementos asociados, sus corrientes armónicas, sus picos de corriente de arranque y el desequilibrio de fases. La potencia aparente mínima se considerará de 1,25 veces la potencia instalada de las luminarias.

El factor de potencia se corregirá si es necesario para obtener un factor de potencia mayor o igual al 0,90.

Los cálculos se realizan de modo que la caída de tensión no superará el 3% desde el origen de la instalación.

Circuito	Zona	N. postes	Sección máxima	Potencia (kW)	P calculo (kW)	cdt
CM-01.1	CV-680	27	3x10+1x10 mm2	3,109	3,886	2,27%
CM-01.2	CV-680	32	3x16+1x16 mm2	3,524	4,405	2,73%
CM-02.1	CV-681	23	3x35+1x35 mm2	2,560	3,200	2,22%
CM-02.2	CV-681	27	3x35+1x35 mm2	3,326	4,157	2,39%
CM-02.3	AP-7	46	3x16+1x16 mm2	5,988	7,485	2,75%
CM-02.4	AP-7	31	3x6+1x6 mm2	2,573	3,216	2,55%
CM-02.5	CV-683	41	3x16+1x16 mm2	4,271	5,339	2,82%
CM-02.6	CV-683	28	3x10+1x10 mm2	2,324	2,905	2,77%
CM-03.1	N-332	32	3x10+1x10 mm2	2,656	3,320	2,19%

## 6.3.- POTENCIA INSTALADA

La potencia total instalada es de 30,331 kW.

La potencia total simultánea de los circuitos será igual a la potencia instalada puesto que el coeficiente de simultaneidad es de 1, todas las luminarias funcionan a la vez.

Finalmente, la potencia de cálculo se obtendrá multiplicando la potencia instalada por un coeficiente de 1,25 que tiene en cuenta el pico de intensidad en el arranque de las luminarias LED.

La potencia de cálculo es de 37,913 kW.

## 6.4.- PUESTA A TIERRA

La puesta a tierra seguirá las especificaciones marcadas en la ITC-BT-09 de alumbrado exterior, por el cual se establece que las tensiones de contacto no superarán los 24 V.

La red de puesta a tierra consiste en conductor desnudo de cobre de 35 mm<sup>2</sup>, picas de puesta a tierra cada 5 soportes de luminarias y conductores de protección aislados color verde/amarillo de 16 mm<sup>2</sup> a los que se conectarán las partes metálicas accesibles de los soportes de las luminarias.

Respecto a los cuadros de mando, la puesta a tierra será como máximo de 30 Ω.

## 7.- CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS

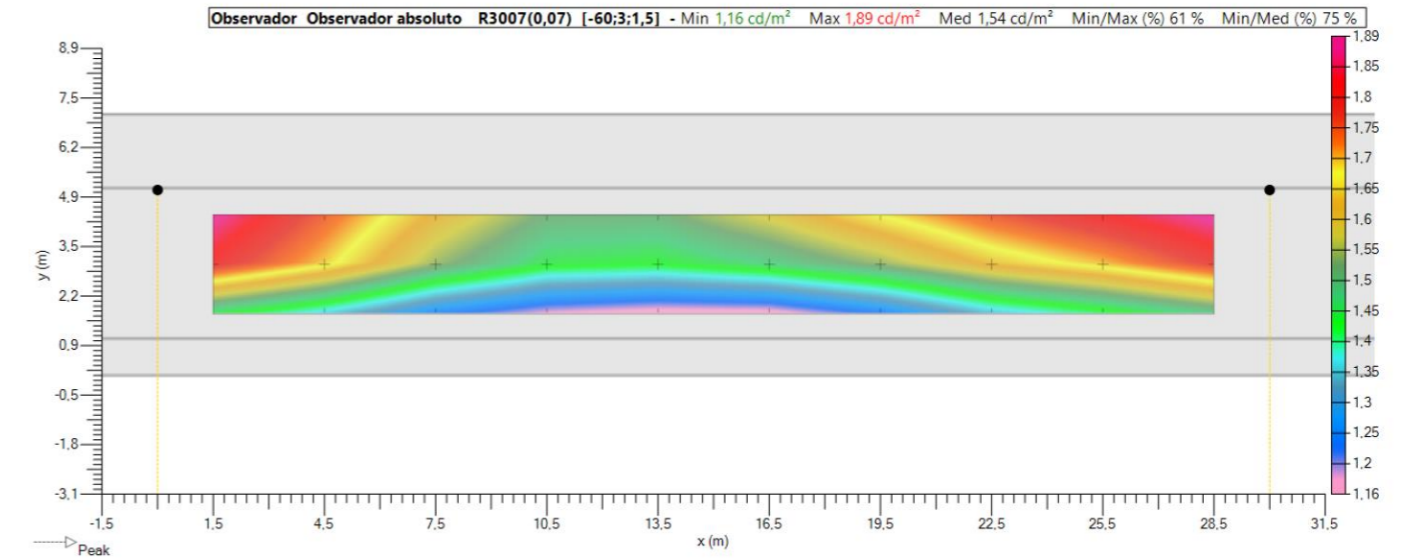
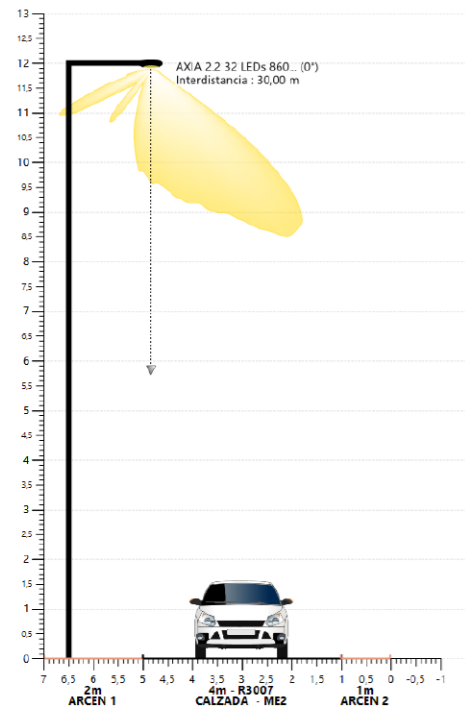
Los cálculos luminotécnicos tienen por objeto la justificación de luminancias en servicio, uniformidades medias y longitudinales, y el incremento umbral que se conseguirá en las distintas secciones con el sistema de alumbrado propuesto.

En el caso de las glorietas se obtendrá la justificación de iluminancia en servicio y uniformidades media y extrema. Esto es debido a que se realiza un cálculo basado en el método de las iluminancias, ya que un estudio basado en luminancia sería inviable, pues las posibilidades de situación del observador son infinitas.

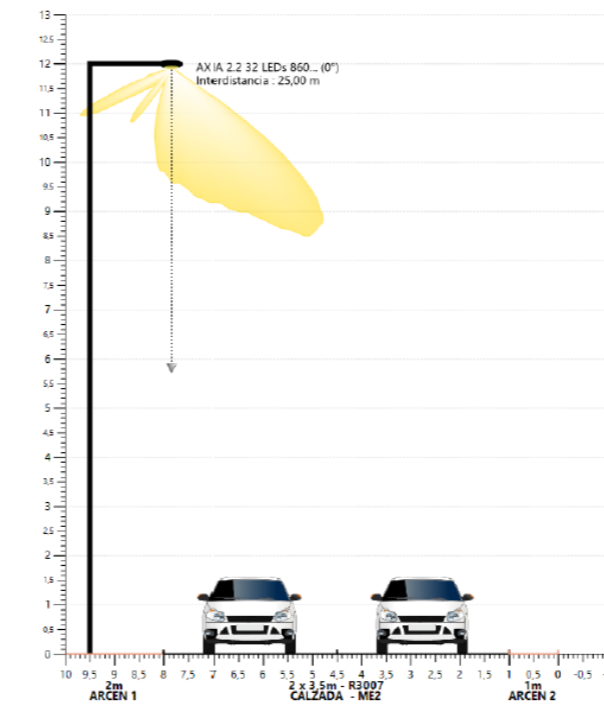
### Programa de cálculo

Los cálculos que se adjuntan a continuación se han desarrollado con el apoyo del programa informático Ulysse 3.4.8, empleando las curvas fotométricas de las diferentes luminarias en proyecto.

**7.1.- RAMAL DE ACCESO CON UN CARRIL**



**7.2.- RAMAL DE ACCESO CON DOS CARRILES**



**CALZADA (LU)**

ME2 (LU : Ave = 1,50 cd/m<sup>2</sup> Uo = 40 % UI = 70 % TI : 10 % SR : 0,50)

1. Luminancia - TablaR - R3007

	Med (A) (cd/m <sup>2</sup> )	Min/Med (%)	Min/Max (%)	Min (cd/m <sup>2</sup> )	Max (cd/m <sup>2</sup> )	UL (%)
Dynamic cross section - Observador 1 (-60,00; 3,00; 1,50)	1,54	75	61	1,16	1,89	79 %

**CALZADA (TI 1)**

ME2 (LU : Ave = 1,50 cd/m<sup>2</sup> Uo = 40 % UI = 70 % TI : 10 % SR : 0,50)

	TI
Dynamic cross section - Direccion (0,0)	8,3

**SR carretera**

ME2 (LU : Ave = 1,50 cd/m<sup>2</sup> Uo = 40 % UI = 70 % TI : 10 % SR : 0,50)

	SR carretera
Dynamic cross section - CALZADA (SR)	0,9

**CALZADA (LU)**

ME2 (LU : Ave = 1,50 cd/m<sup>2</sup> Uo = 40 % UI = 70 % TI : 10 % SR : 0,50)

1. Luminancia - TablaR - R3007

	Med (A) (cd/m <sup>2</sup> )	Min/Med (%)	Min/Max (%)	Min (cd/m <sup>2</sup> )	Max (cd/m <sup>2</sup> )	UL (%)
Dynamic cross section - Observador 1 (-60,00; 2,75; 1,50)	1,70	62	47	1,06	2,25	89 %
Dynamic cross section - Observador 2 (-60,00; 6,25; 1,50)	1,53	60	43	0,92	2,15	89 %

**CALZADA (TI 1)**

ME2 (LU : Ave = 1,50 cd/m<sup>2</sup> Uo = 40 % UI = 70 % TI : 10 % SR : 0,50)

Dynamic cross section - Direccion (0,0)	TI	8,0	✓
---	----	-----	---

**CALZADA (TI 2)**

ME2 (LU : Ave = 1,50 cd/m<sup>2</sup> Uo = 40 % UI = 70 % TI : 10 % SR : 0,50)

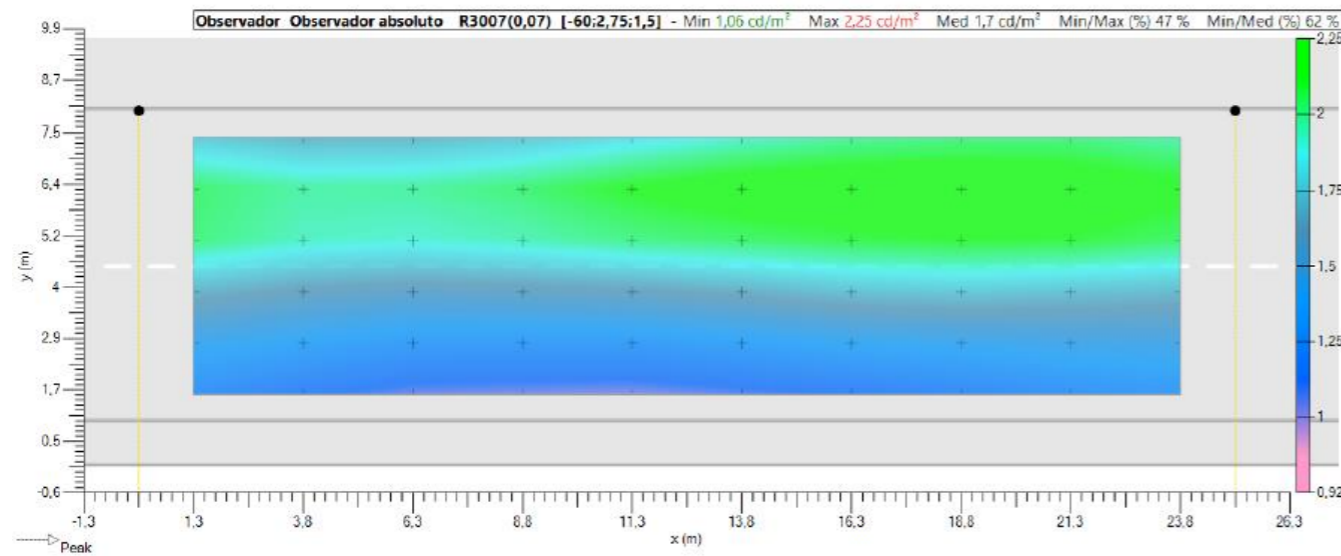
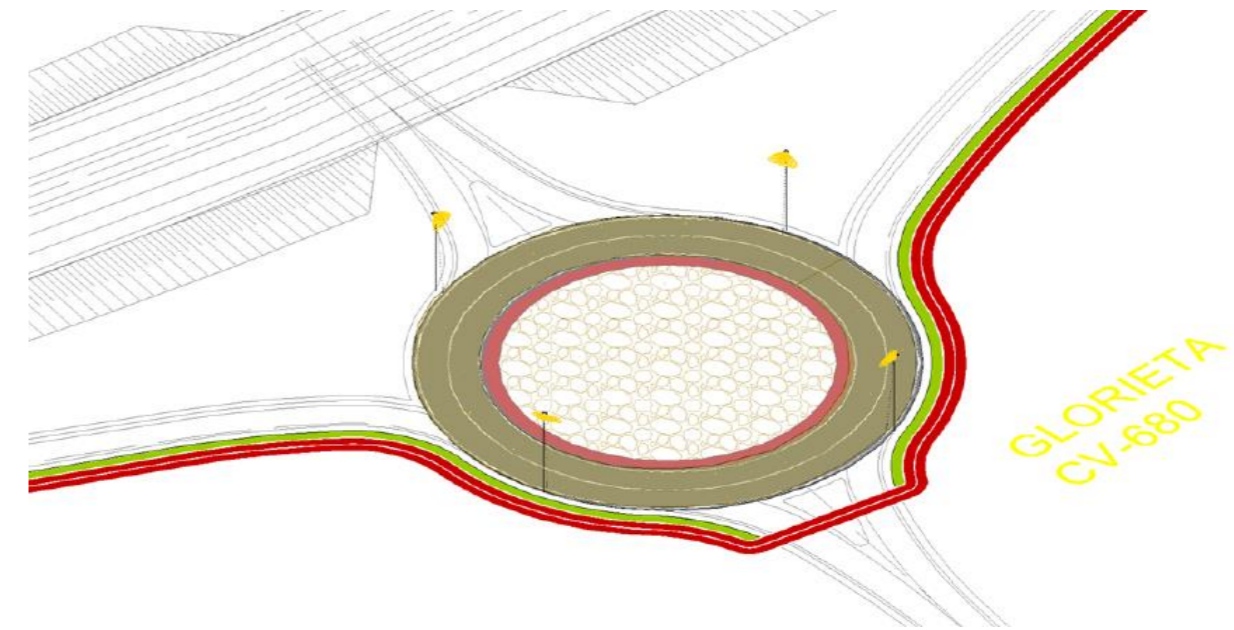
Dynamic cross section - Direccion (0,0)	TI	8,9	✓
---	----	-----	---

**SR carretera**

ME2 (LU : Ave = 1,50 cd/m<sup>2</sup> Uo = 40 % UI = 70 % TI : 10 % SR : 0,50)

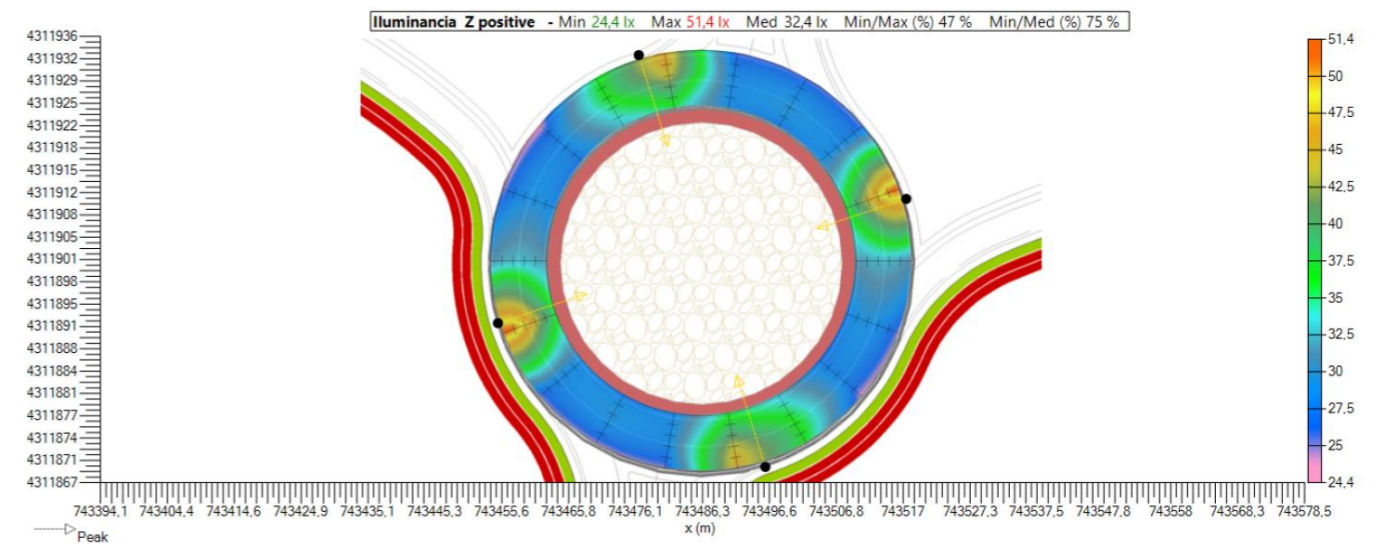
Dynamic cross section - CALZADA (SR)	SR carretera	0,8	✓
--------------------------------------	--------------	-----	---

**7.3.- GLORIETA CV-680**



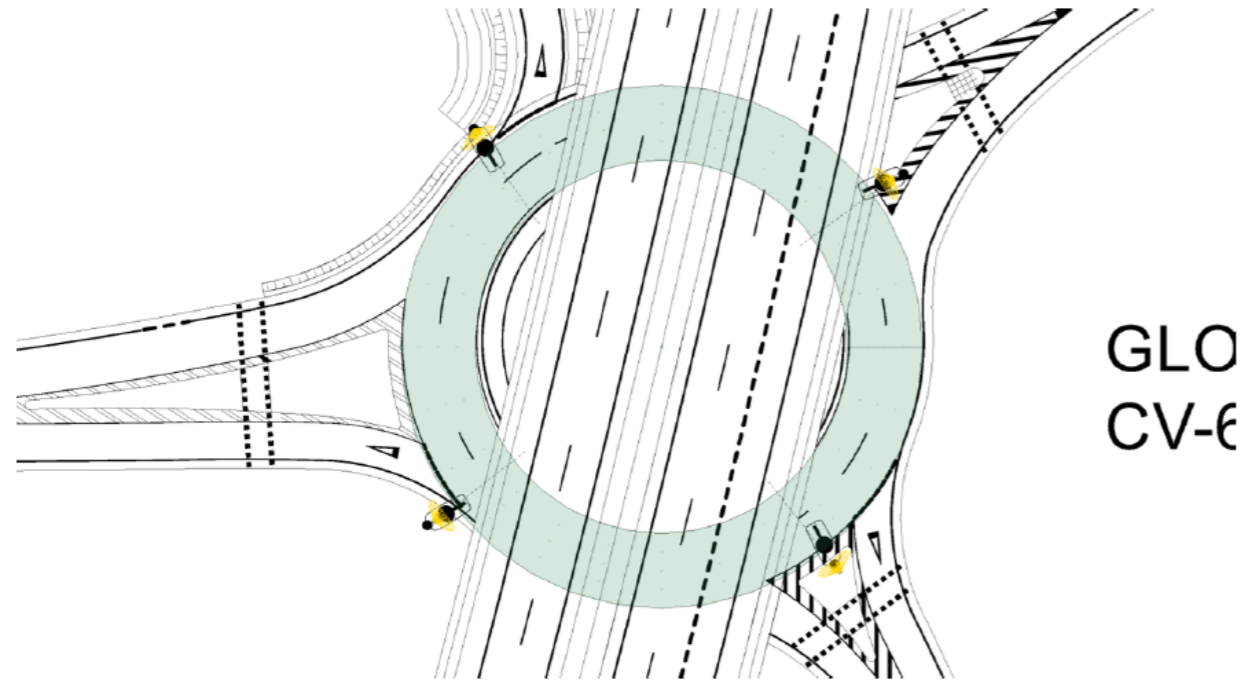
1. Z positive

	Med (A) (lx)	Min/Med (%)	Min/Max (%)	Min (lx)	Max (lx)	
Por defecto	32,4	75	47	24,4	51,4	✓





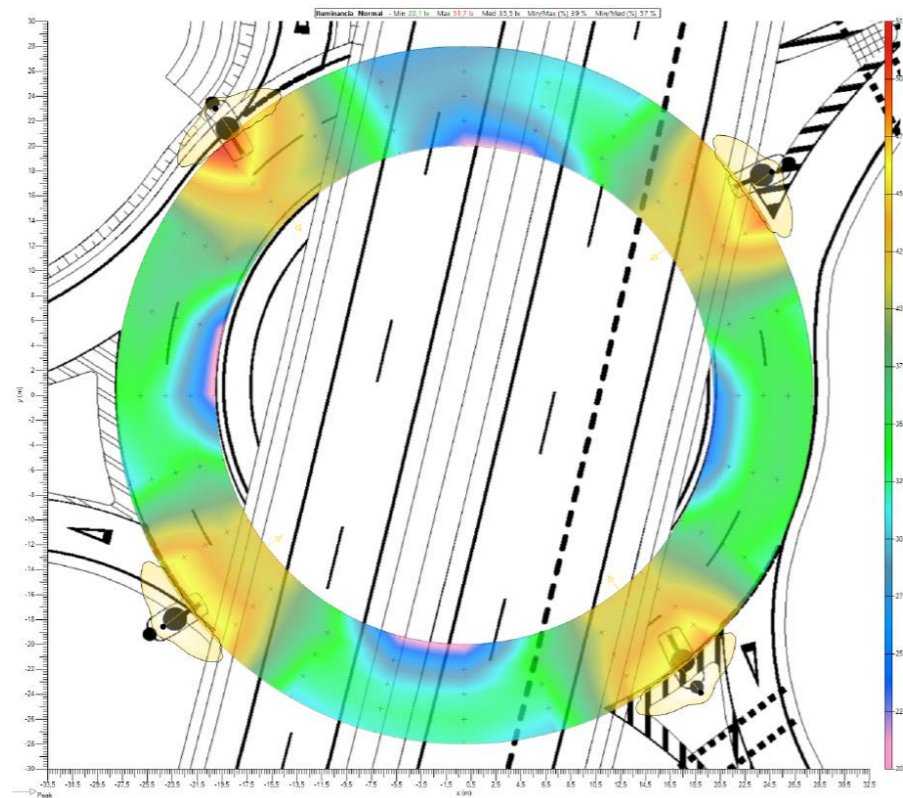
7.4.- GLORIETA CV-683



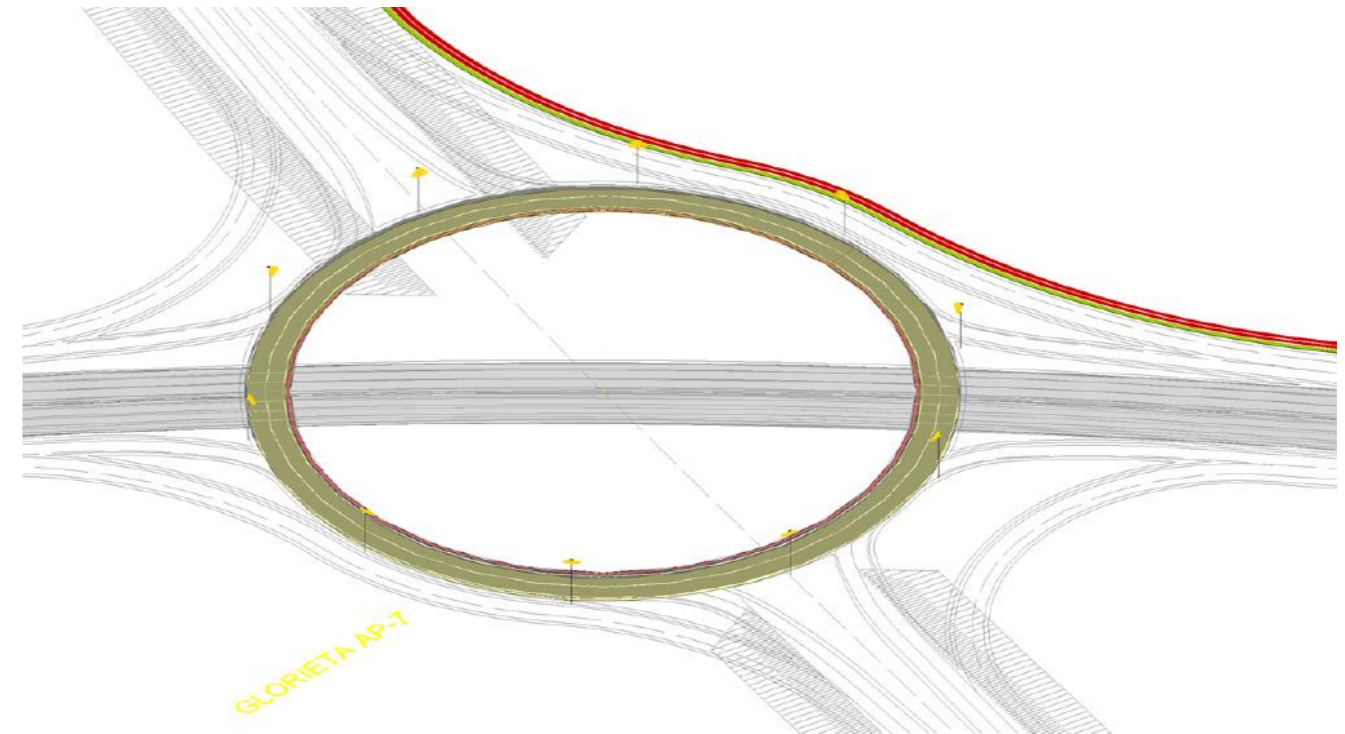
GLO  
CV-€

1. Normal

	Med (A) (lx)	Min/Med (%)	Min/Max (%)	Min (lx)	Max (lx)
Por defecto	35,5	57	39	20,1	51,7



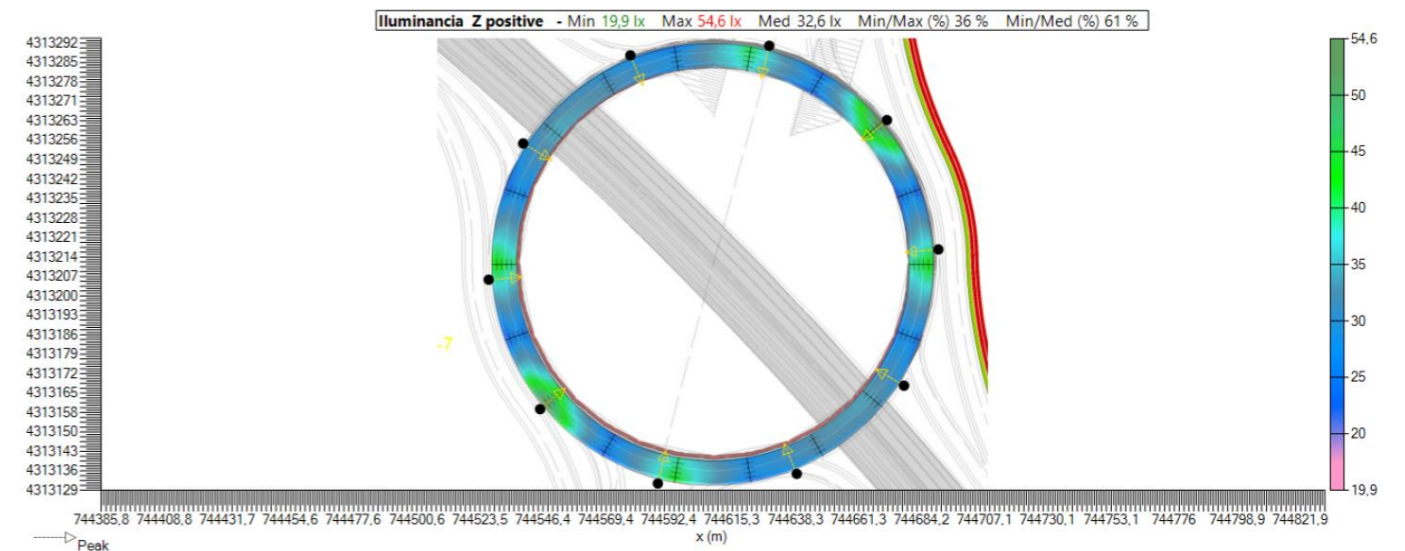
7.5.- GLORIETA AP-7



GLORIETA AP-7

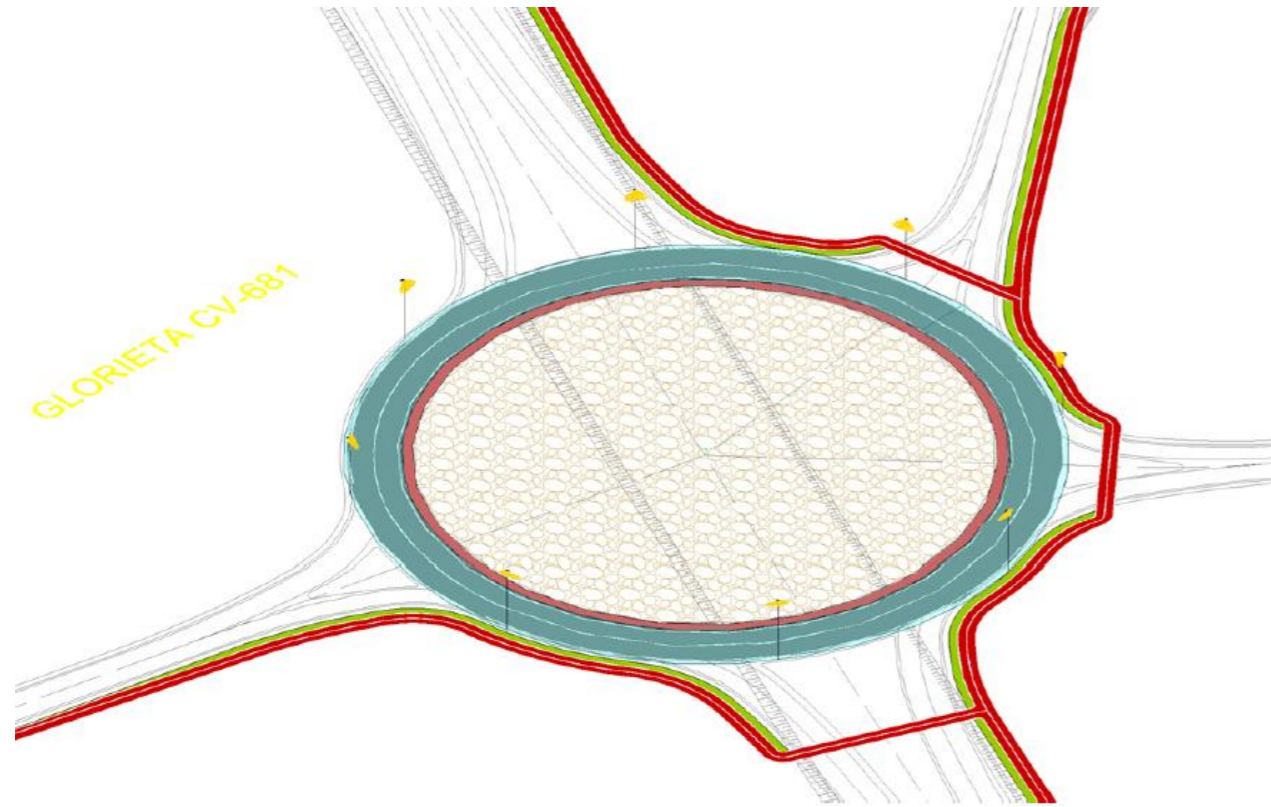
1. Z positive

	Med (A) (lx)	Min/Med (%)	Min/Max (%)	Min (lx)	Max (lx)
Por defecto	32,6	61	36	19,9	54,6



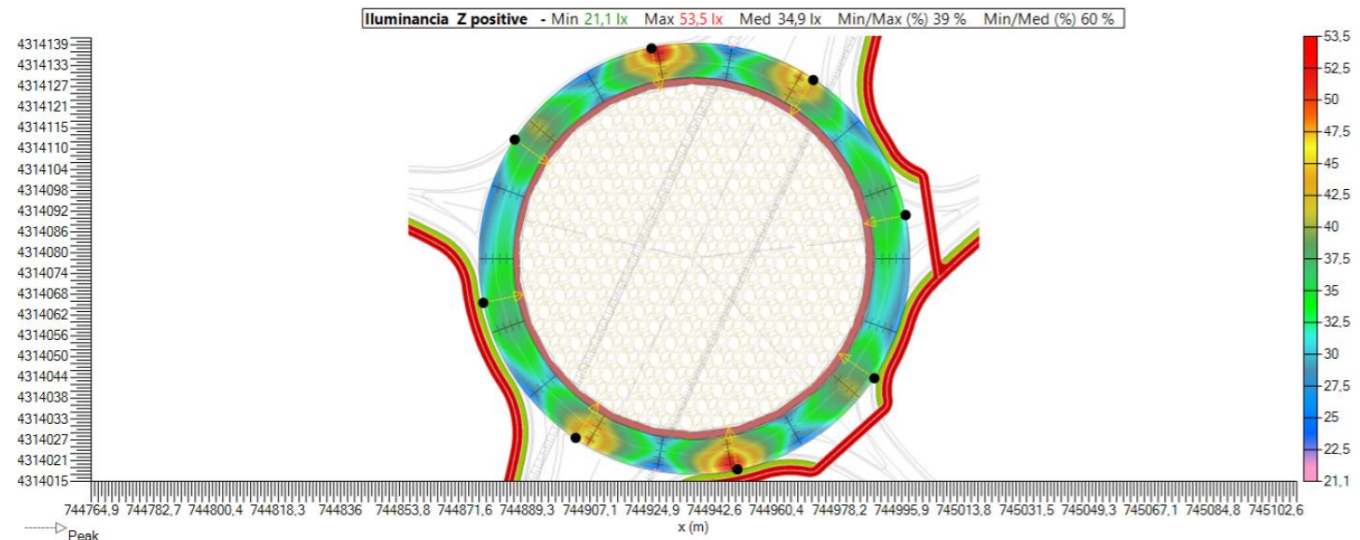


**7.6.- GLORIETA CV-681**



1. Z positive

	Med (A) (lx)	Min/Med (%)	Min/Max (%)	Min (lx)	Max (lx)
Por defecto	34,9	60	39	21,1	53,5



**8.- CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN DE ALUMBRADO**

Las instalaciones de alumbrado exterior se han clasificado energéticamente a fin de poder disponer de la correspondiente etiqueta que mide el consumo de la instalación

El índice de eficiencia energética (IE) se define como el cociente entre la eficiencia energética de la instalación (ER) y el valor de eficiencia energética de referencia (ERr) en función del nivel de iluminancia media en servicio proyectada.

$$IE = \frac{\epsilon}{\epsilon_R} \quad ICE = \frac{1}{IE}$$

Con objeto de facilitar la interpretación de la calificación energética de la instalación de alumbrado y en consonancia con lo establecido en otras reglamentaciones, se define una etiqueta que caracteriza el consumo de energía de la instalación mediante una escala de siete letras que va desde la letra A (instalación más eficiente y con menos consumo de energía) a la letra G (instalación menos eficiente y con más consumo de energía). El índice utilizado para la escala de letras será el índice de consumo energético (ICE) que es igual al inverso del índice de eficiencia energética.

Tabla 4 – Calificación energética de una instalación de alumbrado.

Calificación Energética	Índice de consumo energético	Índice de Eficiencia Energética
A	ICE < 0,91	IE > 1,1
B	0,91 ≤ ICE < 1,09	1,1 ≥ IE > 0,92
C	1,09 ≤ ICE < 1,35	0,92 ≥ IE > 0,74
D	1,35 ≤ ICE < 1,79	0,74 ≥ IE > 0,56
E	1,79 ≤ ICE < 2,63	0,56 ≥ IE > 0,38
F	2,63 ≤ ICE < 5,00	0,38 ≥ IE > 0,20
G	ICE ≥ 5,00	IE ≤ 0,20

Se deberá calcular conforme al apartado 3 de la ITC-EA-01 el índice de referencia energética y el índice de consumo energético para la instalación para obtener la calificación energética.

Resultados de las mallas de cálculo obtenidos con el programa de cálculo:



Instalación	Índice Eficiencia Energética	Clasificación Energética
Enlaces 1 carril	$I_E = 1,79 > 1,1$	A
Enlaces 2 carriles	$I_E = 2,14 > 1,1$	A
Glorieta CV-680	$I_E = 3,29 > 1,1$	A
Glorieta CV-683	$I_E = 2,75 > 1,1$	A
Glorieta AP-7	$I_E = 3,47 > 1,1$	A
Glorieta CV-681	$I_E = 3,40 > 1,1$	A

Tenemos por lo tanto clasificación energética A en todos los casos.

