



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería Eléctrica

**Análisis y mejora de la eficiencia
energética del sistema de iluminación de
un aparcamiento interior de un centro
sanitario**

Autor:

Álvarez Mediavilla, Eduardo

Tutor:

**Muñoz Cano, Manuel
Dpto. Ingeniería Eléctrica**

Cotutor:

Espí García, Fernando Javier

Valladolid, Julio 2018.

Agradecimientos

Haber podido llegar a presentar y defender este proyecto ha sido una gran satisfacción para mí y por ello quiero agradecer a todas aquellas personas que han sido participes en cierta medida para que esto sea posible:

A mis padres y mi hermano, gracias por apoyarme y alentarme en esos momentos en los que más falta me hacía.

A Lorena, gracias por estar siempre ahí, has sido el pilar maestro que ha hecho posible que esto se haya podido realizar. Gracias por cuidarme y apoyarme en todo momento. Simplemente, gracias por ser como eres.

A Manuel Muñoz, gracias por darme la oportunidad y facilitarme el camino de llevar a cabo este trabajo, estando siempre disponible cuando lo necesitaba.

A Fernando Espí, gracias por tu paciencia, tu dedicación y por todo lo que me has enseñado en este tiempo que estuve en el hospital. Ha sido un placer realizar el proyecto trabajando contigo.

A Virginia y Carlos, gracias por su apoyo y atención, un aliento de ánimo que me ha ayudado bastante en este camino.

A mis amigos, gracias por apoyarme y creer en mí, por esos grandes momentos que te alegran la vida.

Sin olvidarme del personal del hospital, en especial de Fernando y Felipe, que tanto me han ayudado y enseñado durante estos meses y por el gran ambiente de trabajo que crearon desde el primer día.

A todos vosotros, mi más sincero agradecimiento.

Resumen

El presente Trabajo Fin de Grado se centra en el estudio y análisis del sistema de iluminación de un parking interior ubicado en el Hospital Universitario Río Hortega. El objetivo es hacer una auditoría completa del sistema existente para detectar ineficiencias y áreas de mejora, y plantear un modelo de iluminación mejorado y más eficiente, tanto desde el punto de vista de los parámetros de iluminación exigidos por normativa como del consumo energético de la instalación, aprovechando la luz natural presente en el parking y los sistemas de regulación de iluminación LED existentes en el mercado.

Se han realizado más de 170 simulaciones, utilizando el software libre del Instituto Alemán de Luminotecnia DIALux, y los datos estadísticos proporcionados por el centro de datos científicos atmosféricos de la NASA, para ajustar correctamente la regulación del sistema de iluminación en función de las condiciones de luz exteriores, teniendo en cuenta las variaciones de luz natural existentes durante los 12 meses del año, a diferentes horas del día y con diferente climatología.

La estrategia de control se implementará mediante el protocolo DALI (Digital Addressable Lighting Interface).

Palabras clave

Eficiencia energética, iluminación LED, luz natural, parking, sistema de control DALI.

Abstract

The purpose of this end-of-degree project is to perform a complete audit of the illumination system of a parking located in the University Hospital Río Hortega. The target of the audit is to study the actual illumination system, in order to detect inefficiencies and improvement areas, and to propose a better system, more competent and efficient from the point of view of the illumination level required by law, and also of the energetic consumption of the installation. This will be done taking advantage of the natural light existing in the parking and the LED regulation systems available in the market.

More than 170 simulations have been carried out, using with the free software from the German Institute of Lighting DIALux, and statistic data from NASA, to adjust correctly the regulation of the illumination system according to the outside light conditions, taking in count the variance of daylight level along the year, in different hours and weather conditions.

The strategy of control will be implemented using DALI protocol (Digital Addressable Lighting Interface).

Keywords

Energetic efficiency, LED technology, daylight, parking, DALI control system.

Índice de contenidos

1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	7
1.1 Justificación del proyecto	9
1.2 Descripción del complejo hospitalario	9
1.3 Antecedentes	11
1.4 Objetivos.....	13
1.5 Planificación temporal del proyecto	16
2.- MARCO TEÓRICO Y NORMATIVO	17
2.1 Principios físicos de la producción de luz	19
2.2 Confort visual	21
2.2.1 Condiciones de estudio del confort visual	22
2.3 Tipos de lámparas	23
2.4 Auditoria energética en el alumbrado público.....	30
2.5 Gestión eficiente de la energía eléctrica	32
2.5.1 Optimización tarifaria: Contratos de energía	33
2.5.2 Optimización de la instalación	36
2.6 Directivas, códigos, leyes y reglamentos sobre eficiencia energética.....	37
3.- ANÁLISIS Y ACTUACIONES PROPUESTAS.....	39
3.1. Metodología	41
3.2. Toma de Datos.....	41
3.2.1. Cuadros secundarios de mando y protección del parking	42
3.2.2. Identificación de circuitos y equipo de alumbrado.....	45
3.3. Análisis de datos e instalación	45
3.3.1. Situación de la instalación	45
3.4. Elaboración y presentación de propuestas	47
3.4.1. Cambio en la tecnología de iluminación	47
3.4.2. Cambio del tipo de regulación/Sistema de control.....	49
3.4.3. Sistema implementado en el HURH.....	57



4.- MODELADO Y RESULTADOS.....	63
4.1. Modelado y análisis del escenario.	65
4.1.1. Modelado DIALux.	65
4.1.2. Estrategia de control.....	66
4.1.3. Factores básicos de simulación.....	67
4.2. Resultados	72
4.2.1. Comparativa de formas de control	73
4.2.2. Regulación de los grupos de control	75
4.2.3. Valores de eficiencia energética de la instalación	83
4.2.4. Consumos de energía.....	85
5.- ESTUDIO ECONÓMICO	93
5.1. Costes asociados.....	95
5.2. Valor actual neto (VAN)	96
5.3. Pay-back descontado (PB*)	99
5.4. Tasa interna de retorno (TIR).....	100
6.- CONCLUSIONES.....	103
BILIOGRAFÍA.....	107
ANEXOS	111
ANEXO 1 - PLANOS	113
ANEXO 2 – EJEMPLO DE SIMULACIONES	119

Capítulo 1.

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Justificación del proyecto

El desarrollo del siguiente proyecto se enfoca como un trabajo de fin de grado (TFG) enmarcado dentro de un acuerdo llevado a cabo entre la Universidad de Valladolid y el Hospital Universitario Río Hortega (HURH).

El TFG, que se va a realizar, aborda un estudio en el que se analizará el sistema de alumbrado de un parking interior, situado en la zona norte del HURH. Este estudio busca la buena práctica de la iluminación del local, que además del nivel de iluminación requerido, satisfagan las necesidades visuales y el equilibrio entre el aporte de luz natural y artificial. A estas necesidades de visión se pueden añadir el confort visual, para que los usuarios de dicha instalación obtengan una sensación de bienestar que de un modo indirecto contribuya a una libre circulación de personas y vehículos sin riesgo alguno.

Con este estudio, se pretende fomentar la eficiencia energética del sistema de iluminación a través de soluciones que optimicen su servicio y obtengan beneficios tanto económicos como energéticos.

1.2 Descripción del complejo hospitalario

El complejo hospitalario Río Hortega, objeto de este proyecto, es un hospital público integrado en la Red Asistencial de la Gerencia regional de Salud de Castilla y León (Sacyl) cuya zona de cobertura sanitaria se centra en los residentes del área oeste de la ciudad vallisoletana. Dicho complejo se encuentra situado en calle Dulzaina, 2, 47012, Valladolid, España y correspondiendo a las coordenadas geográficas 41.63°N 4.713°W. Su inauguración fue en el año 2008, cuya superficie construida se amplió hasta los 127.621m².

El hospital cuenta con un total de 2562 trabajadores y está formado por 4 bloques de hospitalización con un equipamiento de 608 camas de hospitalización (180 de estas en habitaciones individuales), 18 quirófanos, 6 salas de parto y 16 puestos de neonatología. Así mismo posee un helicóptero en superficie, para dar cabida a los Servicios de Emergencias Sanitarias de la Junta de Castilla y León. Tiene 1.439 plazas de aparcamiento, y 31 plazas de aparcamiento para minusválidos (una plaza de minusválidos por cada 19 camas) que además son “multiusos”, ya que permiten que las furgonetas de reparto puedan aparcar cómodamente.

A nivel de instalaciones el hospital tiene las siguientes características:

- Potencia Eléctrica: 3,5MW. Con picos de demanda de hasta 5,5MW.
- Potencia Calorífica: 17MW.
- Potencia Frigorífica: 8,4MW.

Según el complejo arquitectónico, el edificio se divide en 4 niveles o plantas, una bajo superficie, y está estructurada en cuatro grandes bloques con un pasillo central, donde están ubicadas las unidades administrativas de los servicios. Su diseño es modular y tiene una disposición horizontal, moderna y funcional, rodeada de zonas verdes y viales para los usuarios (fig 1.1).



Fig. 1.1.- Situación del complejo hospitalario.

Como se observa en la figura 1.2, los principales edificios paralelos del hospital son:

- **Edificio Norte**, en el que se centran las unidades administrativas del hospital, la capilla, la biblioteca y el salón de actos.
- **Edificio Central**, en el cual se encuentra la salas de extracciones, las salas de espera quirúrgicas, la unidad de trasplante de medula ósea, el hospital de día oncohematológico y el hospital de día médico.
- **Edificio Sur**, en él cabe reseñar el bloque de radiodiagnóstico, el bloque quirúrgico, la zona de reanimación post-anestésica, la central de esterilización, la zona perquirúrgica, la UCI, la unidad de quemados, la unidad de investigación, el servicio de farmacia y la unidad de prevención de riesgos laborales.

- **Edificio Este**, se sitúan las urgencias generales, la sala de observación, las urgencias pediátricas, el servicio de rehabilitación, el bloque obstétrico y el área ambulatoria.
- **Edificio Oeste**, donde se sitúan los diferentes laboratorios, el servicio de anatomía patológica y las unidades de dietética y de hemodiálisis.
- **Edificio Industrial**, en él se ubican los servicios de cocina, lencería, mantenimiento y almacén general.



Fig. 1.2.- Áreas del complejo hospitalario.

1.3 Antecedentes

El contexto en el que tiene lugar este estudio tendrá en cuenta la situación que se ha estado produciendo en el mundo, debido al agotamiento de la energía no renovable, el cuidado medio ambiental y la recesión económica. Estas son algunas de las razones por las que se está abordando el término de eficiencia energética.

En los últimos tiempos, la preocupación por el medio ambiente se ha hecho patente cada día con mayor fuerza. Este sentimiento ha impulsado a los gobiernos y empresas a desarrollar un plan de actuación con el que mitigar los efectos de la industrialización. Uno de los planes acordados más importantes es el *Protocolo de Kioto*, que suponen para los países firmantes un compromiso de reducción de los gases de efecto invernadero (CO₂, CH₄, NO₂,...).

Hoy en día, dentro de la tecnología del alumbrado, se pueden obtener grandes ahorros energéticos con los que poder reducir las emisiones de gases contaminantes. Cambiando a sistemas de alumbrado más eficientes

energéticamente se pueden llegar a obtener importantes ahorros en los costes de mantenimiento en las instalaciones.

Las instalaciones de alumbrado existentes en España no cumplen los requisitos energéticos actuales en su totalidad, principalmente debido a que se trata de instalaciones llevadas a cabo con anterioridad a la normativa que las regula a día de hoy, como el Reglamento de Eficiencia Energética en instalaciones de Alumbrado exterior (REEA). Esto no quiere decir que todas ellas se encuentren funcionando de forma poco eficiente, ya que muchas de ellas se han ido adaptando o sustituyendo para conseguir tanto ahorros económicos como energéticos.

En esta dirección, previamente a la realización del proyecto, se observa por parte del personal de mantenimiento y control una serie de deficiencias lumínicas que comprometen la seguridad y libre circulación dentro del local y las cuales se pretenden corregir.

En un primer análisis de la instalación, se han podido observar dos aspectos: el funcionamiento del sistema de alumbrado y, por otra parte, el estado del propio sistema desde el punto de vista de la instalación.

El funcionamiento del alumbrado inicialmente estaba gobernado de manera automática por un sistema de control, el cual se basa en dos estados de salida, un todo o nada, ON/OFF y el cual seguía una programación horaria con un horario demasiado amplio, siendo el mismo para la estación invernal y estival y que además, no tiene en cuenta el aporte de luz natural que reciben las diferentes zonas objeto de este estudio y que varía según la estación del año. Este sistema también contaba con una sonda de iluminación exterior a través de la cual superado un cierto valor, desactiva el sistema y por debajo de éste, el sistema mantiene el alumbrado encendido.

Por otra parte, los circuitos de alimentación para las diferentes zonas de luminarias no estaban proyectados como inicialmente se diseñó. Por esta razón, la primera función a desarrollar dentro del hospital fue ubicar y conocer el estado de las diferentes luminarias que pertenecen a los distintos circuitos y documentarlo. Además, el mantenimiento del alumbrado del parking, que actualmente es llevado por una empresa ajena al propio hospital, es muy deficiente, es de tipo correctivo ya que se han encontrado varias luminarias en diferentes circuitos que no funcionaban por razones de lo más diversas: falta de fusibles, lámparas fundidas, etc. Debido a estas deficiencias se vio que coexistían zonas demasiado sobre iluminadas con zonas en las que apenas el aporte de luz es casi nulo.

Al ser un local cuyo aporte de luz natural es bastante importante, este tipo de regulación no es el más eficiente en cuanto a la ergonomía del lugar, debido a que no asegura unos niveles de iluminación adecuados dentro de él, ya que depende del valor de iluminación de la sonda exterior y a la no existencia de equilibrio entre luz natural y artificial.

El principal problema de la luz natural es que es incontrolable porque cambia con mucha frecuencia, tanto por las condiciones climáticas como por la hora del día. Basta una nube para que de una intensidad alta se pase a una mucho más baja, provocando contrastes de luminancia (la luz que llega a nuestros ojos) que contribuyen a causar fatiga ocular.

En cuanto al estado de las diferentes luminarias, que se dispusieron en la zona, con ellas se llevan una serie de inconvenientes que limitan su uso en la instalación. Con este tipo de lámparas (fluorescentes compactas) no es recomendable utilizarlas únicamente donde se encienda o se apague la luz con frecuencia, como es nuestro caso, ya que reduce su tiempo de vida. Tampoco están diseñadas para que sean gobernadas por un sistema de regulación, ya que pueden quemarse con rapidez. Éstas son sensibles a grandes variaciones de temperatura, lo cual dificulta la obtención de buenos niveles de luz y deben tenerse especiales cuidados a la hora de desecharlas debido a que presentan un metal bastante tóxico como es el mercurio.

Las observaciones realizadas tras este primer análisis que se acaba de exponer, han dificultado en cierto grado la realización de este proyecto, pues cómo se ha explicado, aunque la situación física y el estado de la instalación no es el más adecuado, tampoco se ha llevado a cabo su reparación como tal, pues supondría una inversión demasiado alta que iría en contra del primer objetivo de este proyecto: ahorro energético y económico. Es por este motivo que a lo largo del desarrollo de este proyecto, se ha pretendido apostar por una eficiencia más adecuada y acorde con las necesidades y los requerimientos del propio hospital, a partir de una modificación desde el punto de vista tecnológico a través del cambio del sistema de control de iluminación e iluminación LED.

1.4 Objetivos

En este apartado se verán cuáles son las posibles soluciones que se quieren implementar en el sistema de alumbrado, objeto de estudio, para las cuales se obtendrán ciertas mejoras que darán al sistema un funcionamiento más flexible y coordinado.



Fig. 1.3.- Situación de un pasillo del parking.

El objetivo del proyecto, como hemos resumido anteriormente, es realizar un estudio de las necesidades de iluminación que requiere la zona ya comentada (fig. 1.3 y 1.4), teniendo en cuenta los diferentes parámetros existentes como pueden ser el aporte de luz natural según las diferentes estaciones del año y la ocupación de las diferentes zonas.

El uso de la luz diurna tiene un impacto considerable en el aspecto del espacio iluminado y puede tener cierta repercusión a nivel de eficiencia energética. En ese espacio con aporte de luz exterior se evitaran problemas de deslumbramiento y calentamiento.

Los principales factores que afectan a este tipo emplazamientos son la profundidad de espacio, la altura y el tamaño y la localización de los tragaluz. Estos condicionantes se ven implicados generalmente en el diseño original de la zona.

Una vez analizadas las características del emplazamiento y la instalación, se verán las posibles soluciones o mejoras que sean compatibles con la instalación y el sistema de control de regulación introducido, así como su viabilidad económica.



Fig. 1.4.- Situación interior del parking.

Se optará por plantear una estrategia que siga los siguientes puntos de actuación para la realización de este estudio:

- Análisis e identificación de los diferentes circuitos que alimentan las luminarias que alumbran el interior del parking interior del H.U.R.H., así como un estudio de las necesidades de alumbrado de las diferentes zonas y análisis comparativo con la solución que está adoptada actualmente, teniendo en cuenta diferentes aspectos que han sido citados anteriormente.
- Caracterización del sistema de control que gobierna los circuitos previamente identificados y cambio a tecnología LED de las luminarias, definiendo todos los aspectos que puedan resultar objeto de mejora y que estén sujetos a posibles cambios.
- Desarrollo de una programación alternativa a la actual y propuesta de otras soluciones económicamente viables y compatibles con la instalación eléctrica y la de control.
- Valoración económica de la alternativa propuesta y de las demás soluciones adoptadas y planteadas.

1.5 Planificación temporal del proyecto

A continuación se va a describir el correspondiente diagrama de tiempos de las distintas fases realizadas en este proyecto.

- Diagrama de Gantt

En este apartado, se va a proceder a la exposición sobre el continuo desarrollo temporal de las distintas etapas por las que ha ido transcurriendo la consecución de este proyecto.

- **Etapa 1:** Preparación y planificación del proyecto (1 semana).
- **Etapa 2:** Documentación previa (4 semanas).
- **Etapa 3:** Análisis de la instalación inicial y recuento de luminarias (3 semanas).
- **Etapa 4:** Estudio y planteamiento de posibles soluciones (2 semanas).
- **Etapa 5:** Preparación del software DIALux para el desarrollo de la implementación y aprendizaje de su manejo y cálculos (2 semanas).
- **Etapa 6:** obtención de los datos en DIALux (6 semanas).
- **Etapa 7:** Implantación de la nueva estrategia de control (1 semana).
- **Etapa 8:** Análisis de la instalación optimizada y resultados obtenidos (2 semanas).
- **Etapa 9:** valoración económica y conclusiones (1 semana).
- **Etapa 10:** Redacción de la memoria (continuo).

Una vez planificadas las tareas, que han de abordarse en el proyecto de estudio, se podrá observar cómo se han desarrollado las diferentes etapas de forma paralela en el tiempo (fig. 1.5).

ACTIVIDAD	DETALLE	SEMANAS														
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15
Preparación y análisis inicial	Preparación y planificación del proyecto	■														
	Documentación previa	■	■	■	■											
	Análisis instalación inicial y recuento de luminarias				■	■	■									
Estudio técnico	Estudio y planteamiento de posibles soluciones							■	■							
Software de simulación	Preparación del software		■	■												
	Aprendizaje manejo y cálculos			■												
	Obtención de datos en dialux				■	■	■	■	■	■	■					
Análisis de resultados	Implantación de nueva estrategia de control										■					
	Análisis de la instalación optimizada y resultados											■	■			
Valoración económica	Valoración económica y conclusiones													■		
Memoria	Redacción de la memoria	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	

Fig. 1.5.- Diagrama de Gantt.

Capítulo 2.

MARCO TEÓRICO Y NORMATIVO

2.1 Principios físicos de la producción de luz

Los métodos o principios físicos por los que un cuerpo puede emitir luz son:

- Termorradiación.
- Luminiscencia.

Ambos formas de producción de luz se encuentran en la naturaleza de forma espontánea, bien sea la termorradiación del sol y las estrellas o la luminiscencia propia de algunos animales o fenómenos como el rayo. Estos dos métodos han sido adoptados por el ser humano para la producción de luz de forma artificial.

La termorradiación es la emisión de luz asociada al calentamiento de un cuerpo, es decir, un cuerpo alcanza una cierta temperatura en la que la radiación electromagnética que emite es visible. Dicho fenómeno se conoce como incandescencia (fig. 2.1).

Cualquier cuerpo al estar a una temperatura emite radiación electromagnética, la cual no siempre es visible dentro del espectro de luz en el que se mueve el ojo humano. Para detectar este tipo de emisión a veces se suele recurrir a cámaras termográficas.



Fig. 2.1- Emisión de luz de los cuerpos.

A medida que aumenta la temperatura del cuerpo, el espectro continuo de emisión de los materiales alcanza la región visible ($\geq 1500^{\circ}\text{K}$) (fig. 2.2).

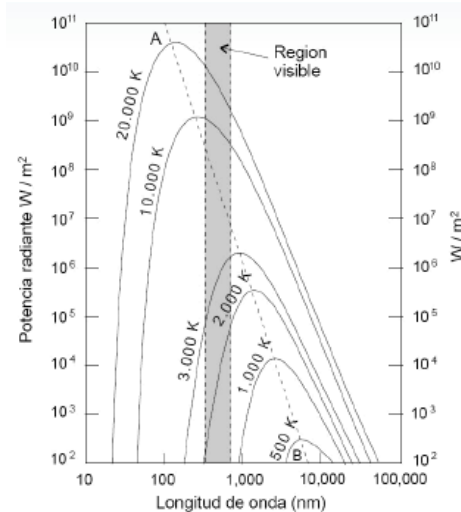


Fig. 2.2.- Espectro continuo de emisión de luz.

La ventaja que presentan las lámparas que funcionan bajo el principio de la termoradiación es la continuidad de su espectro, cuya semejanza con el espectro solar le otorga una buena reproducción de todos los colores (fig. 2.3). En cambio, debido a su baja eficiencia lumínica, fueron prohibidas por la Unión Europea y se encuentran actualmente en proceso de descatalogación ya que muy poca de la energía que emiten es aprovechable o visible.

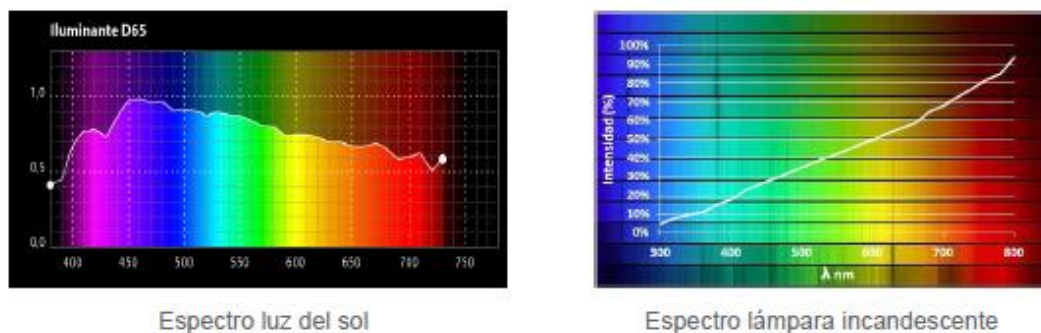


Fig. 2.3.- Comparativa espectro luz solar- luz incandescente.

En el caso de la luminiscencia, ya no podemos hablar de un cuerpo que se calienta, sino que la emisión de luz es producida por la excitación de los átomos del cuerpo por medio de algún agente externo. Esto provoca saltos entre orbitales en los que se desprenden fotones de luz.

En función de cual sea la fuente o agente externo que excite el cuerpo hablamos principalmente de dos tipos de luminiscencia:

- Electroluminiscencia: es aquella debida a la acción externa de un campo eléctrico sobre un gas (lámparas de descarga, LEDs, tubos catódicos...)

- Fotoluminiscencia: es aquella producida por la radiación electromagnética, la cual incide sobre un gas, convirtiéndose ésta en otra radiación electromagnética. En función de si esta conversión es instantánea o diferida en el tiempo se puede hablar de fluorescencia o fosforescencia, estando la tecnología láser dentro de este grupo.

Además, existen otros tipos como la Bioluminiscencia, Quimioluminiscencia, Radioluminiscencia o la Triboluminiscencia.

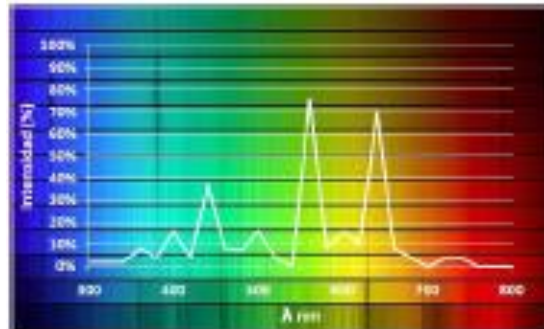


Fig. 2.4.- Espectro luz tubo fluorescente.

El principal inconveniente de los cuerpos bajo electroluminiscencia es una luz discreta en el espectro, su espectro de emisión es discontinuo. Ello implica que sus rendimientos de color no alcancen niveles muy elevados, su reproducción cromática se ve reducida (fig. 2.4). Sin embargo este fenómeno emite la mayoría de sus emisiones dentro del espectro visible, lo cual supone un rendimiento energético mucho mayor que el de la lámparas incandescentes.

2.2 Confort visual

Según el diccionario de la Lengua Española la palabra confort, es aquello que produce bienestar y comodidad en el cuerpo humano. Por lo anterior, “confort” apunta a un estado generado por armonía o equilibrio de una elevada cantidad de variables. El confort visual es un estado mental que expresa satisfacción con el ambiente visual y que se relaciona con la naturaleza, estabilidad y cantidad de luz.

Se pueden distinguir dos aspectos básicos dentro del concepto de confort visual:

- Aspecto cuantitativo: es necesario conocer si la luz existente es suficiente y necesaria para poder ver. La cantidad de luz dependerá la visibilidad requerida.
- Aspecto cualitativo: es la eliminación de efectos molestos conectados a la iluminación, los cuales estarán regulados por la normativa correspondiente.

2.2.1 Condiciones de estudio del confort visual

En un lugar de pública concurrencia como es el estudio de este proyecto se necesita un nivel de iluminación lo suficientemente apropiado para crearse una atmosfera agradable que permita reconocer con facilidad y seguridad los elementos o personas que se encuentren en el lugar.

Para asegurar el confort visual se deben tener en cuenta básicamente tres puntos:

- Nivel de iluminación.
- Equilibrio de luminancias.
- Deslumbramientos.

El nivel de iluminación dependerá en gran medida de tipo de lámparas que se utilicen. En este sentido, la normativa UNE 12464_1 especifica los requisitos técnicos que deben cumplirse en función del espacio a iluminar, por lo que, teniendo en cuenta dicha norma, se elegirá el tipo de lámpara adecuada para conseguir un óptimo nivel de iluminación.

Además de la elección del tipo de lámpara, hay que tener en cuenta la distribución de las mismas en el espacio con el fin de alcanzar un correcto equilibrio de luminancias y reducir o eliminar las zonas deficientemente iluminadas.

También se deben reducir, dentro del margen que da la normativa el nivel de deslumbramiento de la zona. Esta perturbación es la sensación molesta producida por un objeto cuya luminancia es mayor que la de su entorno. Dentro de este, se pueden discernir dos tipos:

- Deslumbramiento perturbador, el cual consiste en la aparición de un velo luminoso que provoca una sensación de visibilidad borrosa, sin nitidez y con poco contraste, que desaparecerá al cesar su efecto; este caso se da por ejemplo cuando se cruzan un par de coches en el que uno de ellos lleva puestas las luces largas.
- Deslumbramiento molesto, es aquella que se produce cuando una luz demasiado intensa produce fatiga visual.

Respecto a este tipo de requisitos, se debe hacer un balance que otorgue cierto equilibrio entre la luz natural y la luz artificial que se emplea en la zona, con el objetivo de identificar los lugares concretos y darles un carácter específico con la mayor eficiencia posible.

Si estos condicionantes no se cumplen pueden derivar en una atmosfera con mala iluminación que puede producir las siguientes deficiencias:

- Pérdida de agudeza visual como consecuencia de un esfuerzo de percepción visual.
- Fatiga ocular como causa de un confinamiento de la persona en lugares de iluminación inadecuadas.
- Deslumbramientos debido a contrastes excesivos del campo visual o brillos elevados de fuentes luminosas.
- Aumento del riesgo de accidentes, debido a visualización lenta de los peligros.

2.3 Tipos de lámparas

Las lámparas son los elementos encargados de producir la energía luminosa o lumínica. En este apartado se van a definir los tipos principales de lámparas y sus principales características, haciendo especial hincapié en las tecnologías más comunes introducidas en el alumbrado público.

Las principales tecnologías de lámpara que se pueden encontrar en la actualidad a nivel comercial, y que se usan para la mayor parte de aplicación es tanto de alumbrado público como de interiores, son:

- Las lámparas de descarga de alta intensidad (HID) formadas principalmente por lámparas de vapor de sodio en alta presión, así como lámparas de halogenuros metálicos basadas en mercurio a alta presión, y también las lámparas de inducción.
- Las lámparas de descarga de vapor de mercurio en baja presión o fluorescentes se disponen tanto en forma de tubo (LFL) como en forma compacta (CFL). Estas últimas también conocidas como lámparas de bajo consumo.
- Las lámparas LED en toda la extensión de la industria (desde el chip hasta la luminaria).

En este proyecto se va a utilizar, principalmente, iluminación LED.

- Vapor de sodio a alta presión (VSAP)

Las lámparas de VSAP son las más comunes en el sector del alumbrado exterior (fig. 2.5). Son lámparas de descarga con una buena eficacia luminosa, habitualmente situada entre 60 lm/W y 130 lm/W, y una moderada vida útil, superior a las 10.000 horas. Su luz posee una tonalidad blanca amarillenta que corresponde a una temperatura de color cercana a los 2.000 K.

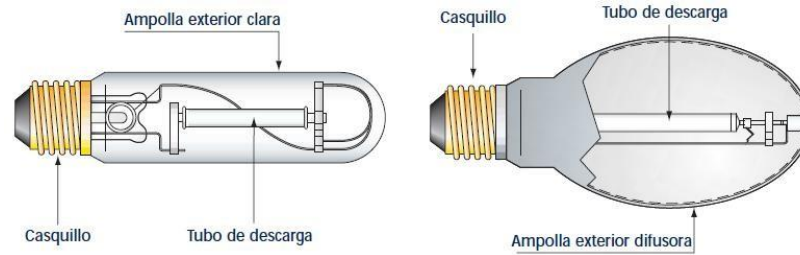


Fig. 2.5.- Detalles de una lámpara de vapor de sodio a alta presión.

Estas lámparas requieren una tensión muy superior a la nominal para su arranque, por lo que se necesita un balasto y un arrancador para que sean capaces de funcionar. Cuentan con un tiempo de encendido relativamente breve, pero suelen tardar entre 5 y 10 minutos en obtener su intensidad luminosa nominal.

Las causas que limitan su vida útil principalmente son la depreciación de flujo y los fallos provocados por fugas en el tubo de descarga. Esto provoca que la tensión de arranque aumente, causando daños al equipo. Si a esto además se le añade la elevada temperatura de trabajo cercana a los 1.000°C, y las agresiones químicas debidas al sodio, es necesario tener en cuenta una serie de exigencias a los equipos para que sean capaces de soportar tales características.

En la figura 2.6 se muestra un balance energético, donde se puede ver tanto las pérdidas, como la luz visible, siendo este último un valor más que aceptable:

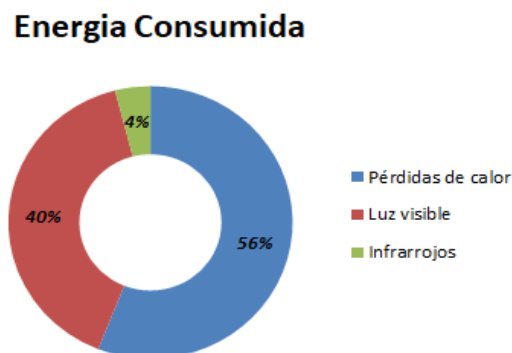


Fig. 2.6.- Balance energético de las lámparas de VSAP.

La tecnología de vapor de sodio empezó trabajando a baja presión. Las lámparas de **vapor de sodio a baja presión (VSBP)** tienen un elevado rendimiento lumínico, muy superior a los 100 lm/W, además de ofrecer una gran agudeza visual. Por contra, su espectro es monocromático, con una luz amarilla que imposibilita la correcta reproducción de colores. Cuentan con un tiempo de arranque muy lento, de aproximadamente 10 minutos.

- Halogenuros metálicos (HM)

Las lámparas de HM (fig. 2.7) se desarrollaron en el mismo periodo que las lámparas de VSAP, debido a los avances generados por la necesidad de mejorar los modelos existentes de lámparas de descarga de alta intensidad. Al ser lámparas de descarga, requieren de equipos auxiliares para gestionar los picos en el arranque y para la regulación de la tensión durante su uso.

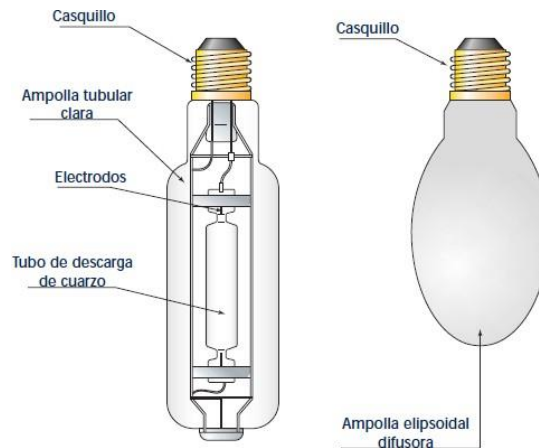


Fig. 2.7.- Detalles de una lámpara de halogenuros metálicos.

Estas lámparas tienen una menor eficiencia y vida útil que las de VSAP, pero ganan terreno en zonas donde se requiera una buena reproducción cromática, ya que generalmente cuentan con una luz blanca con un IRC elevado.

Su funcionamiento se basa en añadir distintos aditivos metálicos al tubo de descarga, aumentando así el espectro de emisión de la lámpara. Es por esto que su temperatura de color puede variar de los 3000 K a los 6000 K. Su balance energético es el siguiente (fig. 2.8):

Energía Consumida

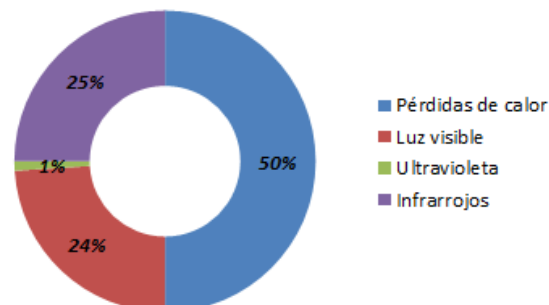


Fig. 2.8.- Balance energético de las lámparas de HM.

Dentro de este tipo existe una variación que usa cerámica para la constitución del tubo, llamada **CMH** (Ceramic Metal Halide). Al utilizar cerámica en lugar de cuarzo se consigue soportar una mayor temperatura, con lo que se consigue manipular mejor los gases encerrados y conseguir una mayor eficiencia y un IRC superior.

Además, las lámparas de CMH permiten su conexión a regulación, ya que son capaces de soportar los escalones repentinos provocados en la tensión, mientras que las de HM simples, no.

- Tubos fluorescentes

Los tubos fluorescentes son lámparas de vapor de mercurio a baja presión. A esta presión, el mercurio emite mucha radiación ultravioleta, por lo que es necesario recubrir el interior del tubo con polvos fluorescentes que convierten esos rayos en radiación visible (fig. 2.9).

Anteriormente, las lámparas de vapor de sodio a alta presión y las lámparas de vapor de mercurio a alta presión eran lo más común en alumbrado público exterior, pero a partir de abril de 2015 se prohibió la comercialización de las lámparas de vapor de mercurio, tanto en alumbrado público como en uso particular, para cumplir con la normativa europea, debido a su poca eficiencia energética frente a otras tecnologías, además del problema de las grandes cantidades de mercurio utilizadas como elemento principal

Sin embargo, lámparas de vapor de mercurio a baja presión se encuentran dentro del grupo de lámparas libres de la normativa de prohibición de mercurio, debido a que están obligadas a no superar un máximo de mercurio contenido para ser comercializadas.

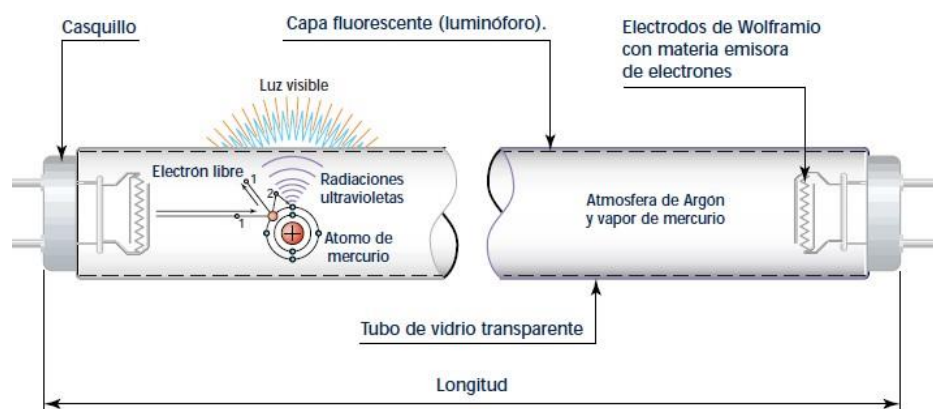


Fig. 2.9.- Detalles de un tubo fluorescente.

Además del mercurio, en el interior del tubo se deposita un gas inerte que facilita el encendido de la lámpara.

La eficacia de la lámpara depende bastante de los elementos constituyentes, ya que tanto la sustancia emisora que recubre los electrodos como los polvos fluorescentes sufren un deterioro que aumenta con el número de encendidos. Esta es una de las principales causas de su corta vida útil en comparación a las otras tecnologías. Además, las pérdidas por calor suponen una gran parte de su consumo (fig. 2.10):

Energía Consumida

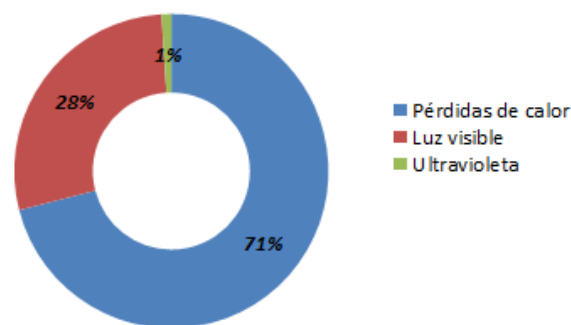


Fig. 2.10.- Balance energético de los tubos fluorescentes.

Como los otros tipos de lámparas, requieren de equipos auxiliares para su funcionamiento, principalmente un balasto para limitar la corriente que atraviesa el tubo y un cebador, que calienta los electrodos previamente al paso de la tensión de arranque. Cabe destacar que durante los últimos años aparecieron lámparas con tales equipos integrados, denominadas **lámparas fluorescentes compactas o lámparas de bajo consumo**, que son las que estaban instaladas previamente en el parking al inicio del proyecto, e incluso balastos electrónicos para los propios tubos que mejoran su funcionamiento y rendimiento.

- LED

La tecnología LED es una de las más recientes incorporaciones al sector del alumbrado público. Su evolución durante la última década le ha permitido empezar a instaurarse entre las tecnologías más maduras. El hecho de que su consumo de potencia sea ínfimo en comparación a las otras tecnologías y que tenga una elevada eficacia luminosa hace que se contemple como una de las primeras opciones a la hora de diseñar una nueva instalación.

El problema de esta tecnología es su coste, elevado respecto a las otras tecnologías, pero resulta competente en cuanto a los ahorros que puede

llegar a producir. Además, al tratarse de una tecnología por madurar, el coste se reduce constantemente a medida que se obtienen nuevos avances.

Como se puede observar en la figura 2.11, una de sus mejores ventajas es que no producen pérdidas por radiación ultravioleta o infrarroja:

Energía Consumida

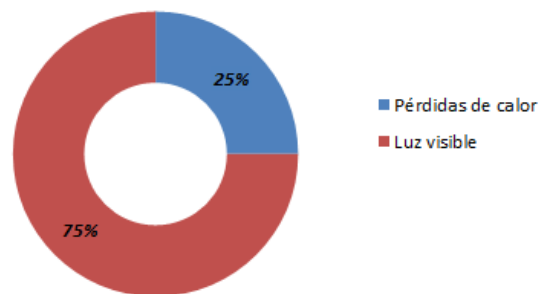


Fig. 2.11.- Balance energético de las lámparas LED.

Su reducido tamaño hace que se puedan incluir en un mismo módulo los elementos necesarios para su funcionamiento, sin necesidad de equipos auxiliares.

Los tipos de montajes de LED que pueden encontrarse a día de hoy son los que se enumeran a continuación (fig. 2.12):

-*SMD LED* (Surface Mounted Device): Un LED encapsulado en una resina y ensamblado sobre un circuito impreso. Al tratarse de un tamaño reducido, se pueden disponer de forma que su apertura alcance los 360°. Son bastante sensibles a las fluctuaciones en la corriente eléctrica y no consiguen disipar correctamente todo el calor debido a que su geometría suele dificultar dicha tarea, por lo que no suelen utilizarse en tareas que requieran un encendido prolongado.

-*COB LED* (Chip On Board): Esta vez el encapsulado contiene una mayor cantidad de LEDs, agrupados y conectados en serie y/o paralelo. Tienen una alta intensidad y mayor eficacia luminosa que los SMD, además de disipar mejor el calor. Por contra, su ángulo de apertura es aproximadamente la mitad que los SMD.

-*HP LED* (High Power): Simplemente consiste en encapsular un LED de alta potencia. Estos LEDs tienen un consumo individual mayor que los anteriores, pero sus características son similares a los COB, pero con la ventaja de disipar mejor el calor.



Fig. 2.12.- Apariencia de los distintos montajes.

En los tres casos, el IRC es bastante elevado, situándose entre un valor de 80 y 90. Además, la versatilidad de la tecnología LED hace que el rango de temperatura de color obtenido sea muy amplio, con valores desde los 2000 K hasta los 8000 K.

A estos factores puede incluirse la elevada vida útil obtenible, llegando a valores superiores a 50.000 horas con buena disipación y un correcto mantenimiento, haciendo que la tecnología LED destaque frente a sus competidores.

A continuación, en la tabla 2.1, se recogen los parámetros más reseñables de cada uno de los tipos lámparas existentes.

	Gama potencias (W)	Vida Útil (h)	Eficacia (lm/w)	Tª color (k)	IRC(%)	Encendido y reencendido	Equipo auxiliar
Incandescentes	25-2000	1000	8-21,5	2700	100	Instantáneo	No
Halógena	40-100	2000	15-27	2800	100	Instantáneo	Si
Tubos Fluorescentes	16-65	5000-6000	48-80	2700-6000	70-98	Instantáneo	Si (balasto y cebador)
Fluorescente compacta	7,5-50	8000	57-65	2700-6000	85	Instantáneo	Si (balasto electrónico)
Luz mezcla	160-500	6000	19-28	3600	60	E:2min, R: 5-10min	No
Mercurio A.P	50-2000	24000	32-60	3500-4500	40-70	E:4-5min, R: 3-6min	No
Halogenuro Metálico	70-3500	10000	75-105	3000-6000	80-90	E:3-10min	Si (arrancador)
Inducción	70-150	60000	80	3000	>80	Instantáneo	Si (balasto electrónico)
Sodio B.P	18-180	6000-8000	100-199	-	-	E:15min, R: 3min	Si
Sodio A.P	35-1000	8000	60-130	2000-2200	25-50	E:5-10min, R: 1min	Si
Sodio Blanco	35-150	12000-15000	40-50	2500	85	E:12min, R: 3min	Balasto y un. control
LEDs	1,5-50	50000	60-120	2500-8000	70-98	Instantáneo	Si, incorporado luminaria

Tabla. 2.1.- Comparativa de características de los distintos tipos de lámparas.

2.4 Auditoría energética en el alumbrado público

Una auditoría energética es un estudio de los aspectos técnicos y económicos que afectan al consumo energético de una empresa, sector industrial, edificio, municipio, etc. y cuyo objetivo fundamental es el de sugerir actuaciones que contribuyan a fomentar el ahorro energético y/o económico (fig. 2.13).

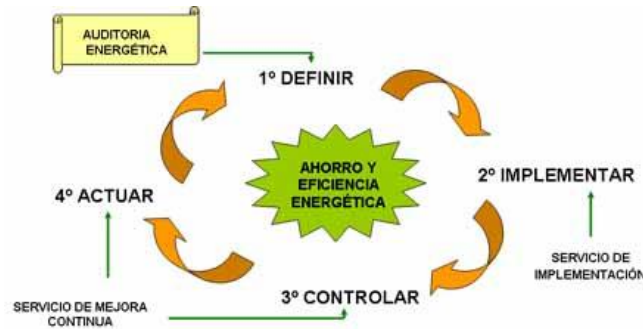


Fig. 2.13.- Etapas de actuación de una auditoría energética.

Se considera una disciplina puntera de reciente aparición, la cual comenzó desarrollarse en los años 80 con base en diferentes estudios metodológicos, y que se ha visto promovida por el progresivo interés en la eficiencia energética debido a motivaciones económicas y medioambientales.

La auditoría energética es una herramienta fundamental que promueve una buena gestión energética en la que se definen ciertos objetivos y metas, con referencia a una situación energética inicial, de una forma sistemática, sencilla y fiable, siendo los objetivos básicos:

- Análisis de los consumos, costes de la energía y producción.
- Obtención del balance energético global y específico de los equipos, líneas de producción, etc.
- Determinar aquellas actuaciones que ofrezcan ahorro energético.
- Evaluar técnica y económicamente actuaciones y medidas aplicables.
- Desarrollar un plan de acción para la elaboración de los proyectos: fechas, metas, responsabilidades.
- Apoyar a los responsables técnicos para impulsar sus propias medidas de ahorro y crear conciencia continua de eficiencia energética.

A la hora de desarrollar una auditoría energética, existe una normativa de aplicación voluntaria (*UNE 216501:2009*) que describe los requisitos que debe poseer ésta para que pueda ser comparable y describa aquellos puntos clave que fomenten la mejora de la eficiencia energética, promueva el ahorro energético y evite emisiones de gases de efecto invernadero. Según dicha norma estos objetivos son:

- Conocer de forma fiable tanto del consumo energético como de su coste asociado.
- Identificar y caracterizar aquellos factores que afecten al consumo energético.
- Analizar las distintas oportunidades de ahorro y diversificación energética así como sus costes energéticos y de mantenimiento, junto con otros beneficios y costes asociados.

Las etapas básicas de una auditoría energética son:

- *PLANIFICACIÓN DE LA AUDITORIA*

El objetivo inicial que se plantea es la recopilación de todos aquellos datos y referencias con el que poder realizar un seguimiento del consumo energético del último año de la instalación, así como obtener los diferentes esquemas de la instalación e información disponible. También es recomendable fijar un modelo de acta de reuniones que serán mantenidas por el departamento y los responsables de la instalación.

- *RECOPIACIÓN Y REVISIÓN DE DATOS*

Se deben de recopilar datos de consumos eléctricos, horario de funcionamiento, información sobre posible cambios en la instalación...

- *PLANIFICAR EL TRABAJO DE CAMPO*

A partir de los datos recopilados en la etapa anterior se planifica el trabajo de campo a realizar.

Una vez se han analizado dichos datos para detectar incoherencias, se determinan los equipos de medida a utilizar, los lugares donde se van a realizar las mediciones, así como las fechas y tiempos de las mediciones, para no interferir en las actividades normales de la instalación y buscar medidas representativas de días normales de funcionamiento.

- *TRABAJO DE CAMPO Y MEDICIONES*

El objetivo es obtener datos e información de los equipos y de las instalaciones, así como corroborar la correcta información aportada sobre el inventario de los consumidores energéticos.

- *REVISIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS*

Se procede a revisar todos aquellos datos recopilados buscando incoherencias. Resulta recomendable mostrar los datos de consumo a través de gráficas.

- *IDENTIFICACIÓN DE MEDIDAS DE AHORRO*

Se pueden encontrar diversos tipos de medidas:

- Medidas sin coste o de bajo coste, con periodos de retorno bajos; mejoras del mantenimiento, racionalización del uso de la energía, optimización de la tarifa eléctrica...
- Medidas de inversión media con periodos de retorno medias (hasta 2 años): mejoras o cambios de equipos.
- Medidas de inversión alta (más de 3 años de periodo de retorno). Suelen implicar cambios de equipos o mejoras de los mismos. Las horas de funcionamiento de los mismos son bajas o el coste de los equipos es muy elevado.

- *REVISIÓN CON PERSONAL DE LA EMPRESA*

Se pretende asegurar que la empresa esté dispuesta a aceptar las recomendaciones del equipo auditor y confirmar que son aplicables a sus condiciones particulares. Es recomendable esta etapa de revisión con el personal de la empresa antes de trasladarlas al informe final.

- *ELABORACIÓN DEL INFORME FINAL*

El informe final es el documento resultado de la auditoría energética. En él se reflejará la situación energética real de la instalación, así como las recomendaciones de mejora detectadas.

2.5 Gestión eficiente de la energía eléctrica

Para la realización de una eficiente gestión energética en garajes y zonas de aparcamiento, como es el caso de este proyecto, se necesita conocer aquellos aspectos determinantes que puedan optimizar el consumo energético, un conocimiento que otorgue un mejor aprovechamiento de los recursos e impliquen un ahorro tanto en consumo como en el dimensionado de la instalación.

Los aspectos fundamentales que se pueden analizar y permitan obtener una mayor optimización del coste de la energía y, por ello, maximizar el beneficio del proyecto son:

- Optimización de la tarifa
 - Revisión de los contratos de energía → Electricidad
- Optimización de instalaciones
 - Análisis de las instalaciones
 - Detección de puntos de mejora
 - Establecimiento de planes de mejora
 - Valoración económica de la mejora

2.5.1 Optimización tarifaria: Contratos de energía

En algunos casos la tarifa contratada a la comercializadora no cumple con las expectativas del consumo y la demanda que se tiene, por lo que se está produciendo un sobrecoste en el uso de la energía. Ajustar la potencia contratada al consumo real, mediante un estudio de la energía, puede llegar a suponer un gran ahorro. Esta potencia dependerá en gran medida de lo que se tenga contratado ya que a partir de los 15 kW, la compañía instala un maxímetro, que es un dispositivo que registra en el contador los picos de potencia máxima consumida. En referencia a la potencia, por debajo de la potencia anteriormente dicha, la compañía no realiza dicha instalación, la potencia contratada se controla a través de un ICP, que es un dispositivo que limita la potencia consumida de tal forma que si en algún momento es rebasada, actúa e interrumpe momentáneamente el suministro eléctrico. Mediante el uso del ICP, evidentemente no se puede realizar la optimización del gasto, únicamente se podría aumentar o disminuir la potencia, pero el gasto no se ve afectado en ese concepto, a pesar de las veces que actúe dicho dispositivo.

Mercado liberalizado

El 1 de julio de 2009 se hizo efectiva la liberación del suministro eléctrico, que junto con el gas, liberado en 2008, genera un mercado libre de elección de energía. Este recurso introduce dos cambios importantes:

- Las empresas distribuidoras ya no comercializan directamente con el cliente la electricidad. Las comercializadoras son ahora las encargadas de esta actividad.
- Las tarifas reguladas desaparecen, a excepción de la Tarifa de Último Recurso (TUR) para suministros de baja tensión y potencia contratada inferior a 10kW.

Los aspectos más relevantes de la contratación en el Mercado liberalizados son:

- **Precio:** el precio ya no está fijado por la administración ahora es la oferta la que varía en la comercialización.
- **Elección:** se debe elegir una comercializadora a través del catálogo de Servicios adicionales, además del Precio.

A la hora de elegir el tipo de tarifa, se ha de tener en cuenta:

- **NO** se realiza ningún corte en el suministro, si se realiza un cambio de comercializadora.
- Los contratos suelen ser anuales.
- Existe la posibilidad de volver al Mercado Regulado.
- La comercializadora gestiona aquellas incidencias que se produzcan en la calidad del suministro, aunque es la responsabilidad es de la distribuidora.

En el caso del hospital, se tiene contratado una tarifa eléctrica de 6 periodos horarios, en los que se tarifica la energía a diferentes precios, normalmente descendentes, los cuales no son habituales en servicios domésticos. Al ser un consumidor que está conectado a una red de media tensión ($1 \text{ kV} < T < 36 \text{ kV}$) con potencias contratadas superiores a 450 kW en alguno de los periodos, su tarifa de acceso es la 6.1 (dentro de ésta, la 6.1A que comprende tensiones entre 1 y 30 kV). Como es una tarifa en la que existe discriminación horario con 6 tramos horarios diferentes, el coste tanto del término de la potencia como el de la energía varía según el horario del consumo de la energía. El precio medio que se ha obtenido en el último año es de 0,1324 kW/h.

Este tipo de suministro suele llevar asociado un gran consumo, por lo que, dentro de lo posible, conviene hacer una redistribución horaria del consumo concentrando la mayor parte en los periodos baratos. El consumo de esta tarifa suele pagarse en dos conceptos, los cuales pueden venir unificados en la factura eléctrica o por separado, que son los peajes de acceso y el coste de la energía (fig. 2.14).

- Los **peajes de acceso** están regulados por la ley, se reflejan en el BOE, por lo que no sufren modificación, ya que es un abono que se realiza a la comercializadora pero en realidad es un importe que se le paga a la distribuidora de la zona, en este caso Iberdrola, por el transporte y distribución de la energía, es decir, por cubrir los costes del sistema eléctrico.

Estos peajes de acceso que se establecen en función de la potencia contratada y de la tensión de suministro, están compuestas por los siguientes conceptos básicos:

- ✓ **Término de potencia:** Sumatorio del producto de la potencia a facturar en cada periodo por los términos de potencia (o precios) fijados legalmente.
 - ✓ **Término de energía:** Sumatorio del producto de la energía consumida en cada periodo por los términos de energía (o precios) fijados legalmente.
 - ✓ **Término de energía reactiva:** cuando corresponda
- El **coste de la energía** se puede establecer de dos formas diferentes, una por parte de la comercializadora, ofreciendo un precio fijo mientras se mantiene vigente el contrato y otra más compleja y beneficiosa donde el precio de la energía se establece según el mercado diario mayorista, añadiendo un coste de gestión como beneficio de la compañía.

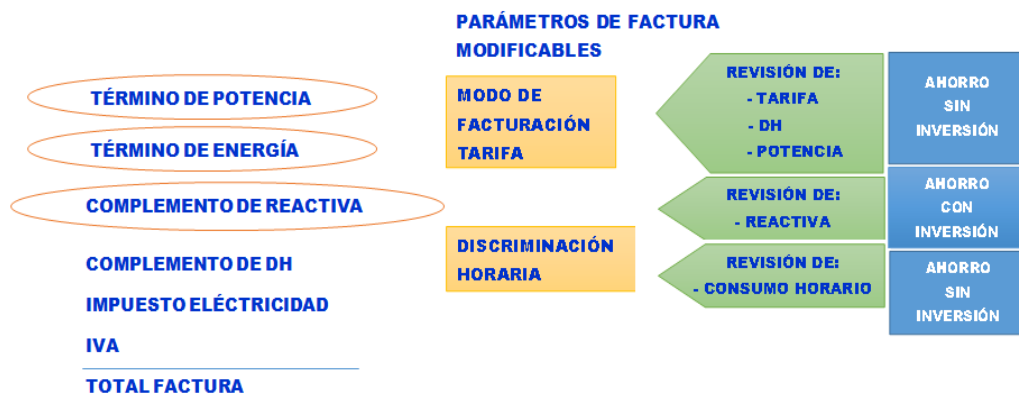


Fig. 2.14.- Desglose de una factura eléctrica.

Al ser un gran consumidor eléctrico es recomendable que dispusiese de una modalidad de tarifa de luz indexada, ya que presenta mejoras respecto de una tarifa de precio fijo, como es el caso. Estas mejoras son:

- El precio que se paga por la potencia contratada será en todo caso únicamente lo que se refleja en el BOE como peajes de acceso, sin posibilidad de aumentar dicho coste para conseguir cierto beneficio a costa del cliente.
- El precio de la energía incluye los peajes de acceso, el precio de la energía según el mercado y un margen de beneficio conocido por el cliente.

Al recurrir a esta modalidad se presenta un inconveniente donde existe el riesgo que puede correr el cliente si se dispara el precio de mercado, lo cual es poco habitual. En estos casos donde ha habido un precio de energía más caro en el mercado diario que en precios fijos de las compañías, se ha visto compensado con el resto de meses, produciendo un ahorro superior al de la tarifa de precios fijos.

2.5.2 Optimización de la instalación

- Estudio del consumo

A través de la optimización de la instalación y los dispositivos de control que se llevan a cabo en el parking se puede ver reducido el coste derivado del consumo de la energía.

Para ello, es necesario conocer la distribución del consumo de la energía eléctrica que demanda la instalación. Esta dependerá de varios factores, entre ellos: del uso del aparcamiento, su situación (interior), altura (planta baja, sótano, primero,...), tamaño, etc.

En general, en los garajes y aparcamientos se consume energía eléctrica para el abastecimiento de los sistemas de iluminación, extracción de humos, elevación, detección de incendios e incluso para equipos de bombeo en el abastecimiento de las BIE´s (Bocas de Incendios Equipadas) cuando fuera necesario (fig. 2.15).

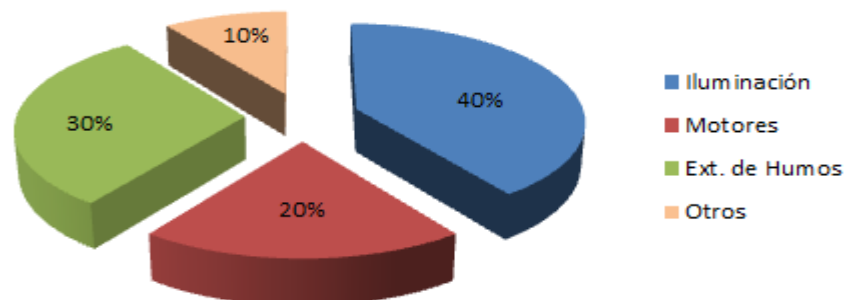


Fig. 2.15.- Consumo energético en un aparcamiento.

Como se puede observar, las partidas destinadas a iluminación, extracción de humos y accesos motorizados son las principales consumidoras de energía de un garaje o aparcamiento. En este caso, el parking que se va a estudiar, prácticamente el 100% del consumo energético estará destinado a la iluminación, por lo tanto, los esfuerzos, a la hora de realizar inversiones, han de ir dirigidos a la reducción de dicho consumo, bien sea mediante la

utilización de tecnologías más eficientes o según la elección de la tarifa más adecuada.

- Eficiencia energética en la iluminación

La iluminación del parking representa un elevado consumo eléctrico, dependiendo éste, en gran parte, de su tamaño y de las instalaciones adicionales. Es por ello, que cualquier medida de ahorro energético tendrá una gran repercusión en los costes (fig. 2.16). La eficiencia óptima del parking dependerá del equilibrio entre el consumo y el confort.

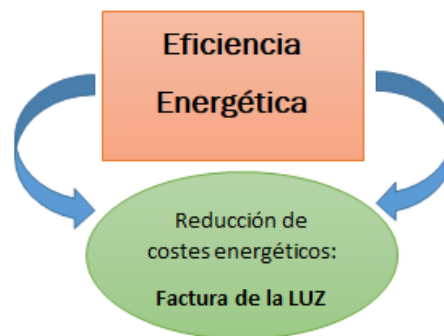


Fig. 2.16.- Eficiencia energética en iluminación.

Se estima que podrían lograrse reducciones de entre el 20% y el 85% en el consumo eléctrico de alumbrado, gracias a la utilización de componentes más eficaces, al empleo de adecuados sistemas de control y a la integración de la luz natural, que va a cobrar un papel importante en este proyecto.

De todas las mejoras potenciales posibles que se puedan llevar a cabo, en este parking se podría incorporar temporizadores y sistemas de detección de presencia como sistema de regulación y tecnología led para optimizar la iluminación, las cuales se trataran más adelante.

2.6 Directivas, códigos, leyes y reglamentos sobre eficiencia energética.

Las principales normas y reglamentos que influyen o condicionan de alguna manera sobre el diseño de instalaciones de alumbrado público así como a la hora de realizar auditorías energéticas en este tipo de instalaciones:

Generales

- Real Decreto 314/2006, de 17 de Marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación (CTE). Revisión vigente des 24 de junio de 2017.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión. Revisión vigente desde 30 de junio de 2015.
- 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.
- Decreto 217/2001, de 30 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento de Accesibilidad y Supresión de Barreras.
- UNE-EN 12464-1:2012 - Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 1:Lugares de trabajo en interiores
- UNE-EN 15193:2008 Eficiencia energética de los edificios. Requisitos energéticos para la iluminación.
- UNE-EN-ISO 9001:2015 Sistema de Gestión de la Calidad

Normas relativas a luminarias.

- UNE-EN 60598-1:2015 Luminarias. Parte 1: Requisitos generales y ensayos.
- UNE-EN 60598-2-2:2012 Luminarias. Parte 2-2: Requisitos particulares. Luminarias empotradas.
- UNE-EN 60598-2-3:2003 Luminarias. Parte 2-3: Requisitos particulares. Luminarias para alumbrado público

Guías técnicas.

- Guía de Gestión Energética en el Alumbrado Público. Publicado por la Dirección General de Industria, Energía y Minas y por la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid el año 2012.
- Guía Técnica de Aprovechamiento de luz natural en edificios. Publicado por la IDAE.
- Guía sobre tecnología LED en el alumbrado de la fundación de la energía de la comunidad de Madrid (FENERCOM).

Y todas aquellas que, aunque no se encuentren aquí listadas, pudieran ser de obligado cumplimiento en función del tipo de tarea a realizar.

Capítulo 3.

ANÁLISIS Y ACTUACIONES PROPUESTAS

3.1. Metodología

Como se ha descrito en el capítulo anterior, se entiende por auditoría energética en alumbrado público, el análisis que permite conocer el modo de explotación, funcionamiento y prestaciones de unas instalaciones de alumbrado, el estado de sus componentes, sus consumos energéticos y sus correspondientes costes de explotación, con el objetivo de:

- Mejorar la eficiencia y el ahorro energético de estas instalaciones.
- Adecuar y adaptar estas instalaciones a la normativa vigente.
- Limitar el resplandor luminoso y su contaminación lumínica.

Para realizar una buena auditoría será necesario seguir una serie de fases:

- Toma de datos inicial
- Auditoría energética de la instalación de alumbrado con el respectivo análisis del cumplimiento de la normativa
- Elaboración de propuestas de actuación.

3.2. Toma de datos

En esta etapa se pretende conocer el estado físico de las instalaciones de alumbrado. Para ello es necesario tener la información inicial del diseño de partida y las características de la instalación de alumbrado. Dicha información debe ser suministrada por los servicios técnicos del hospital.

Analizando todos estos datos iniciales ya se puede proceder a la realización del trabajo de campo haciendo mediciones in situ en la propia instalación de alumbrado.

Se deben recopilar una serie de datos técnicos que contengan información de la zona tales como parámetros eléctricos y lumínicos, todos ellos medidos con los equipos necesarios.

Para realizar el trabajo de campo, es decir, la toma de datos, se han utilizado un luxómetro digital (fig. 3.1). Este es un instrumento de medida que permite obtener la iluminancia real de una zona. Contiene una célula fotoeléctrica que convierte la luz captada en impulsos eléctricos, que posteriormente son interpretados. Cuenta con un filtro de corrección de espectro que evita que se falseen los resultados medidos



Fig. 3.1.- Luxómetro digital.

3.2.1. Cuadros secundarios de mando y protección del parking

La instalación del alumbrado a estudiar está comandada por dos cuadros secundarios sobre los cuales se tendrán en cuenta las diferentes actuaciones para la identificación de los circuitos existentes en el recinto (fig. 3.2 y 3.3).

- Cuadro secundario 1 (C.S 806-1)

El C.S 806-1, está situado en el primer gran tragaluz en frente de la garita del personal de mantenimiento del parking.

Este cuadro se alimenta a través de una acometida trifásica con neutro, siendo el conductor RZ 0,6/1kV 4x50+T-50mm², con una tensión entre fase y neutro de 230V, y con una potencia instalada de 31,114 kVA. Al no disponer de contador inteligente ni de facturas de la luz no se ha podido saber qué tipo de peaje eléctrico posee, pero si se tiene en cuenta la tarifa que tiene contratada el hospital sería de tipo AT 6.1A. La situación del cuadro se refleja en el apartado de Planos. También se ha comprobado que el tipo de carga que protege y controla la instalación de este cuadro es exclusivamente de alumbrado.



Fig. 3.2.- Cuadro secundario 1.

Este cuadro gobierna un total de 7 circuitos que se encargan de encendido y del apagado de la mitad del parking interior.

- Cuadro secundario 2 (C.S 806-2)

El C.S 806-2, está situado en el cuarto gran tragaluz. Este cuadro se alimenta a través de una acometida trifásica con neutro, siendo el conductor RZ 0,6/1kV 4x50+T-50mm², con una tensión entre fase y neutro de 230V, y con una potencia instalada de 28.500 kVA. Al no disponer, también en este caso, de contador inteligente ni de facturas de la luz no se ha podido saber qué tipo de peaje eléctrico posee. La situación del cuadro se refleja en el apartado de Planos. También se ha comprobado que el tipo de carga que protege y controla la instalación de este cuadro es exclusivamente de alumbrado.

Este cuadro gobierna un total de 9 circuitos que se encargan de encendido y del apagado de la otra mitad del parking interior.



Fig. 3.3.- Cuadro secundario 2.

Por otro lado, estos cuadros a los que se asocian los circuitos del aparcamiento, se encuentran interconectados con unos autómatas (fig. 3.4), cuyo fin es el de llevar a cabo cierto control respecto al nivel de iluminación de la instalación. Se basan en un sistema de control de TREND con una programación ON-OFF y una sonda de iluminación mediante el cual se puede medir la iluminación real y en función de un cierto nivel medido actúa o no el sistema de encendido y apagado del alumbrado.

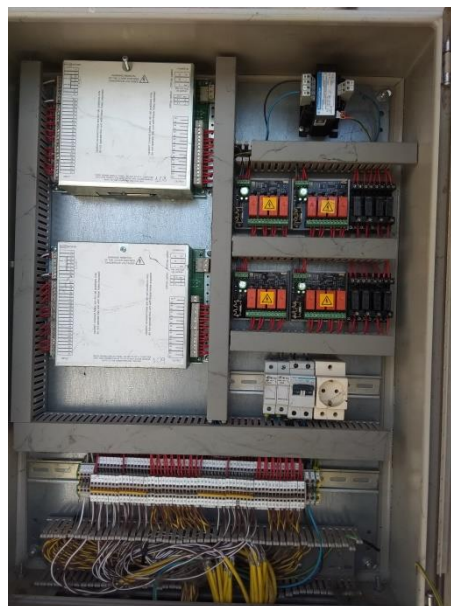


Fig. 3.4.- Autómatas TREND IQ204/OEM.

3.2.2. Identificación de circuitos y equipo de alumbrado

Una de las primeras etapas que se desarrolló fue la identificación de circuitos en base a los planos del proyecto, con los objetivos de establecer una primera toma de contacto con la instalación y recoger la situación real de alumbrado que posee el parking interior del H.U.R.H. Además se llevó a cabo una estimación del consumo real que se producía en el hospital.

La identificación de los circuitos se realizó de manera manual y visual sobre un plano. Inicialmente, se disponía de los planos de la distribución de las luminarias del recinto a partir de los cuales, encendiendo y apagando de manera manual e individual los diferentes circuitos, se recogió cual era la situación de cableado y conexión real instalada en el alumbrado del aparcamiento.

Una vez obtenida la situación real instalada sobre plano, se comprobó que no coincidía con la situación proyectada, por lo que se generó la documentación necesaria que recopilaba cuál era la realidad comparando la con la situación que se creía.

3.3. Análisis de datos e instalación

Tras realizar todas las mediciones pertinentes se procede a analizar los datos obtenidos. En esta fase se contempla la evaluación de la eficiencia de los equipos, determinando así las actuaciones posibles para optimizar el gasto energético y adaptar la instalación a la normativa actual. Para ello, se evaluará primero el parking mediante los requisitos marcados por el RD 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, para así poder comparar los resultados reales con los simulados.

Dicho análisis se centrará principalmente en el diseño de la instalación, las zonas iluminadas, los métodos de regulación y control aplicables o, la potencia instalada, todo ello para valorar la calidad de la instalación en estos aspectos.

3.3.1. Situación de la instalación

El alumbrado del parking dispone de 400 puntos de luz instalados, con una potencia total de 46.400 W. Cada uno de estos puntos de luz, está formado por dos tubos fluorescentes de 58 W de la marca OSRAM (fig. 3.5) y cuya vida media es aproximadamente de 20.000 horas.



Fig. 3.5.- Fluorescente tipo.

Gran parte de estos puntos se engloban dentro de instalaciones previas al RD 1890/2008, por lo que es relativamente fácil encontrar zonas que a día de hoy no se encuentren dentro de los márgenes marcados para las nuevas instalaciones. Si a esto le sumamos, tanto el fin de la vida útil de las instalaciones, así como posibles penalizaciones en la factura eléctrica, se pueden definir zonas de interés para reformar.

Como puede observarse, la tecnología predominante en la instalación es el vapor de mercurio a baja presión. Con tal cantidad de puntos, la posibilidad de que existan zonas poco optimizadas con esa tecnología es bastante elevada, aumentando así el atractivo en cuanto a optar por otra tecnología de menor consumo.

Las medidas llevadas a cabo, debido a un mantenimiento descuidado por parte de la empresa externa al hospital y al gran volumen de la instalación, se realizaron en un mismo circuito a lo largo de un día, dando una estimación del consumo diario de la instalación.

Se tomó la hipótesis de que todas las luminarias tienen pérdidas similares, por lo que las medidas en una luminaria fueron suficientes para estimar el consumo eléctrico de toda la instalación.

Una vez realizado el análisis del alumbrado, se evidencia que únicamente el 33% de los puntos de luz (133 de 400) está funcionando correctamente, y los que están funcionando, tienen un consumo muy elevado. Esto conlleva que existan tanto zonas sobreiluminadas como zonas de iluminación deficiente.

Todo el alumbrado que se encontraba en el parking se pudo comprobar que estaba gobernado mediante un control horario que las mantenía encendidas desde las 19:00 de la tarde hasta las 9:00 de la mañana siguiente (dependiendo este margen horario de la época del año).

3.4. Elaboración y presentación de propuestas

Finalmente, se presentarán los datos anteriores evaluados conjuntamente con una lista de propuestas que permitan obtener el máximo ahorro energético posible manteniéndose dentro de los márgenes de calidad de las instalaciones. Estas mejoras serán valoradas tanto en términos energéticos como en términos económicos, añadiendo a los informes toda información descriptiva sobre las nuevas instalaciones, además de todas aquellas simulaciones que permitan apoyar y dar validez a los documentos.

3.4.1. Cambio en la tecnología de iluminación

Una vez se ha analizado la problemática existente con la iluminación del parking, se pueden presentar las propuestas con las que poder mejorar su rendimiento tanto a nivel energético como económico.

Se encuentran diferentes zonas importantes, cuya iluminación, según un análisis previo del equipo de mantenimiento del HURH, han de ser tenidas en cuenta:

- Zona de Urgencias: es de importancia que dicha área sea iluminada toda la noche sobre todo a partir de las 22:00 que es cuando cierra el hospital, dado que esta zona del hospital tiene una mayor afluencia a esa hora.
- El pasillo que llega a la reserva de ambulancias de la zona de urgencias debería mantenerse encendido todo el día.
- El parking subterráneo dispone de 4 tragaluces principales cuyas grandes dimensiones afectan a la luz existente en el parking. La luz natural va a jugar un papel muy importante a la hora de obtener un cierto equilibrio con la luz artificial del aparcamiento. La luz artificial del parking se va a ver reducida al mínimo necesario.

Considerando los aspectos más característicos a tener en cuenta, se extrae como conclusión que la zona requiere una reducción en los valores de iluminancia para ayudar a cumplir con la Normativa, debido a que las áreas iluminadas exceden en gran medida los valores mínimos marcados por la normativa europea UNE 12464_1 sobre iluminación interior (fig. 3.6), los cuales marcan una iluminancia media mínima de 75 lux, a la cual se ajustaran los valores futuros de iluminación del parking.

7. Aparcamientos públicos de vehículos (interior)					
Nº ref	Tipo de interior, tarea y actividad	E_m lux	UGR _L	R_a	Observaciones
7.1	Rampas de acceso o salida (de día)	300	25	20	- Iluminancias a nivel de suelo - Se deben reconocer los colores de seguridad
7.2	Rampas de acceso o salida (de noche)	75	25	20	- Iluminancias a nivel de suelo - Se deben reconocer los colores de seguridad
7.3	Calles de circulación	75	25	20	- Iluminancias a nivel de suelo - Se deben reconocer los colores de seguridad
7.4	Áreas de aparcamiento	75	-	20	- Iluminancias a nivel de suelo - Se deben reconocer los colores de seguridad - Una mayor iluminancia vertical aumenta el reconocimiento de las caras y por ellos la sensación de seguridad
7.5	Caja	300	19	80	- Evitar reflejos en las ventanas - Impedir el deslumbramiento

Fig. 3.6.- Iluminación interior UNE 12464-1

También se tendrán en cuenta los valores de eficiencia energética límite en recintos interiores de un edificio según el Código Técnico de la Edificación (documento Básico DB-HE «Ahorro de Energía», sección HE3 «Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación»). En este caso, al ser un área de aparcamiento a la que puede acceder cualquier persona se establece un valor límite de $4.0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{lux}$.

Por esto, se decide cambiar la luminaria. Se opta por realizar un cambio a la tecnología LED, que permita, además de valorar las distintas opciones con el flujo luminoso, reducir la potencia instalada, de tal forma que existan unos ahorros más perceptibles.

Para realizar este cambio se han barajado diferentes productos y se ha optado por el grupo LLEDÓ, ya que es uno de los fabricantes con los que trabaja el HURH. La alternativa perfecta de esta empresa para remplazar a los fluorescentes de las luminarias 2x58W, luminarias con reactancia Convencional (EM), es el LED840, del modelo ATLANTICS IP66 (fig. 3.7). Además, para ayudar a la viabilidad de la propuesta, el montaje de las luminarias LED se realizará sobre los soportes ya existentes, reduciendo así los costes de instalación. Únicamente se instalarán 22 nuevas luminarias para conseguir una mayor uniformidad en la distribución de la luz, con lo que el número total pasará a ser 422.

La estructuración de las luminarias propuestas se encuentra en el Plano 1 del Anexo 1. Por otro lado, el Plano 2 pertenece a la representación de las mediciones luminotécnicas.



Fig. 3.7.- Fluorescente/luminaria. tipo. Fuente: LLEDÓ.

Al cambiar a tubos LED es importante comprobar la longitud y la potencia de los tubos fluorescentes actuales. Este tubo LED de 39W sustituirá al tubo convencional de 2x58W, con longitud de 1577mm. Con este tubo se ahorrará hasta el 70% en consumo energético, en comparación con los tubos fluorescentes convencionales. Este tubo tiene una duración media de 50.000 horas. En un entorno laboral con condiciones normales este tubo durará más de 15 años (52 semanas al año, 10 horas al día, de lunes a viernes). La vida media útil es mucho más larga que la de los tubos fluorescentes estándar, que solo duran alrededor de 10.000.

3.4.2. Cambio del tipo de regulación/Sistema de control

- Introducción

Actualmente, el sistema de control del hospital, compuesto de un gran número de instalaciones, es centralizado, cuya monitorización se encuentra gobernada a través de autómatas de propósito general, elementos de campo y un programa de software supervisor 963 (SCADA), el cual es supervisado por el equipo de mantenimiento del HURH.

El sistema de control del hospital se compone de 2 redes diferentes. Por un lado, se tiene la red LON (Local Operation Network) encargada de conectar entre sí los diferentes equipos IQL, y por otro, la red LAN (Local Area Network) encargada de comunicar los controladores de tipo IQ2XX así como los IQ3. En este proyecto, la red de comunicación que rige la instalación del parking es la red LAN.

La red LAN de control está formada por 4 anillos de comunicación denominados LAN 6, LAN 7, LAN 8 y LAN 9, respectivamente (fig. 3.8). Éstas se conectan a través de un anillo INTERLAN, que ensambla las distintas partes de la red entre sí a través de 4 tarjetas INC, las cuales permiten la comunicación directa entre los diferentes anillos. Además en este anillo existen dos tarjetas LINC que permiten las comunicaciones de la red LON y una tarjeta XTEND, que habilita la conexión a Ethernet.

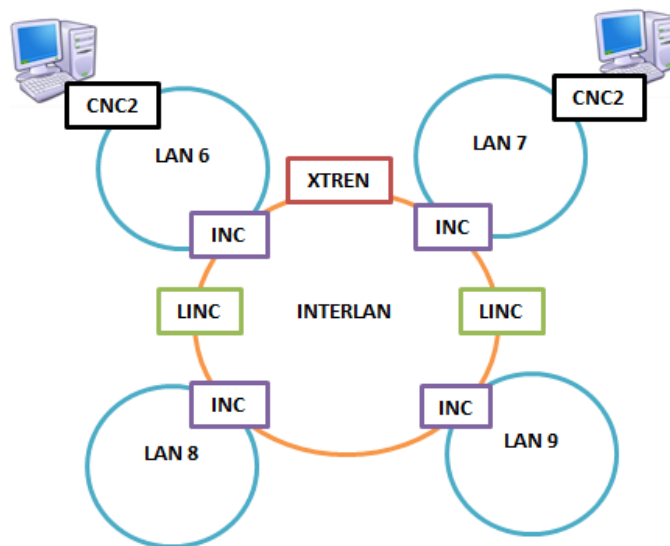


Fig. 3.8.- Arquitectura del sistema de control.

La conexión a este sistema se realiza mediante tarjetas CNC2, presentes en la LAN 6 y LAN 7, la cual, a través de PCs conectados a éstas, facilitan el control de toda la instalación mediante versiones actualizadas del supervisor 963 y del programador SET, proporcionando un software y una interface adecuados que permitan la gestión, la reprogramación y la supervisión de cualquier controlador, que forme parte de la red, a tiempo real.

- Regulación ON/OFF

El sistema de alumbrado del parking es una de las múltiples instalaciones del hospital, que se encuentra dentro de la red de comunicaciones (LAN), que se pretenden controlar.

Su sistema de control actual se basa en una programación ON-OFF, todo o nada, cuya filosofía de trabajo se rige en establecer un cierto nivel de iluminación por debajo del cual los circuitos deben encenderse dentro de una franja horaria pre-programada.

Esta programación dispone de 3 métodos de encendido:

- Modo Horario + Sonda: Este método resulta de la combinación de 2 señales donde se establecen un periodo horario dentro del cual el circuito debe estar funcionando y un cierto nivel de iluminación por debajo del cual el circuito debe encenderse.
- Modo Sonda: En este otro método se dará la orden de encendido únicamente cuando el nivel de iluminación natural del exterior esté por debajo de cierto nivel prefijado en la programación.

- **Modo Manual:** Este último método dará la orden de encendido siempre y cuando el sistema se encuentre en posición manual y en “ON manual”.

Esta modalidad marcha-paro de los circuitos de alumbrado se puede ejecutar en situaciones especiales, como fallo del horario o por labores de mantenimiento. Sin embargo, el personal técnico del hospital no la lleva a cabo, ya que opta por el encendido directo sobre el selector del propio CS. Exponían que aunque el modo manual se contempla en la programación, afecta de manera directa a todos los circuitos y su acceso no es instintivo ni claro desde el supervisor 963 (fig. 3.9 y 3.10).

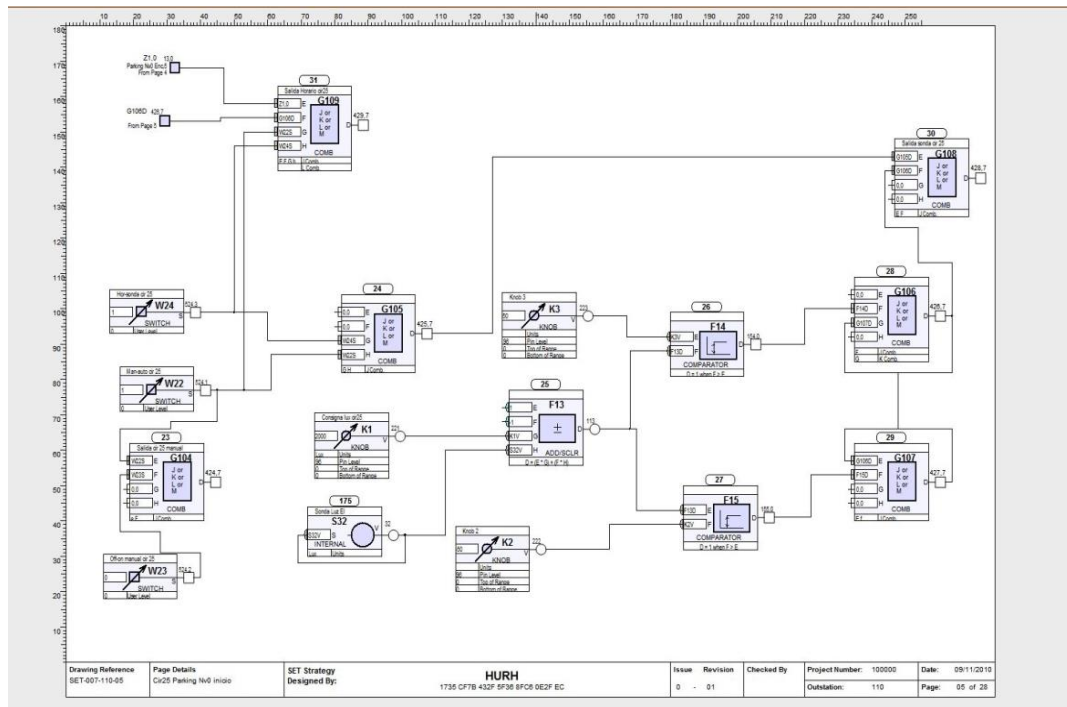


Fig. 3.9.- Programación SET del alumbrado del parking nivel 0.

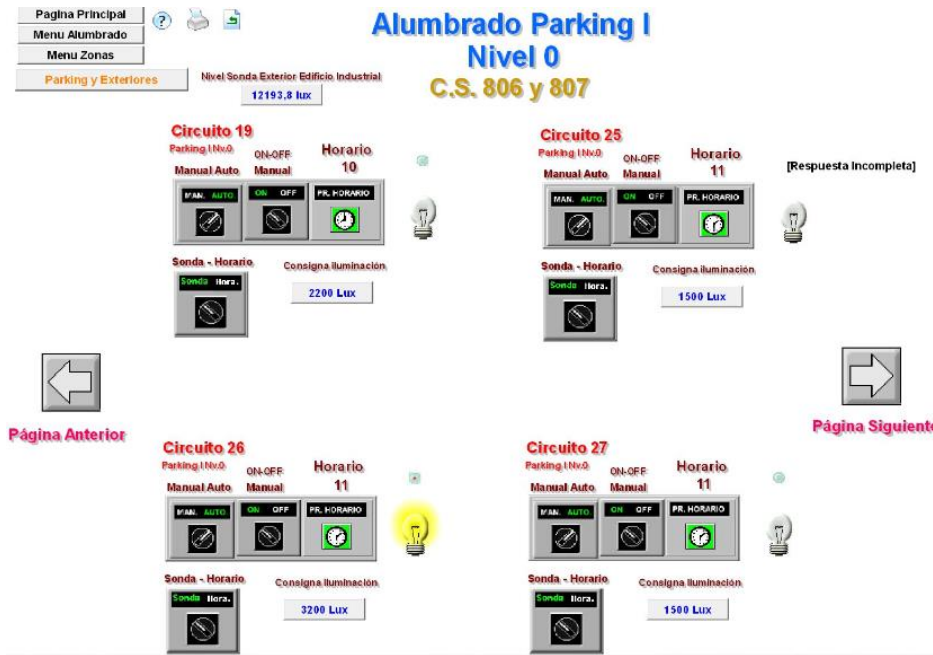


Fig. 3.10.- varios circuitos de los circuitos del parking en el supervisor 963.

Como se puede ver en la figura 3.11, cada circuito dispone de estas 3 señales con las que poder llevar a cabo su encendido. Estas se combinan en una única señal que activara la correspondiente salida digital del autómatas.

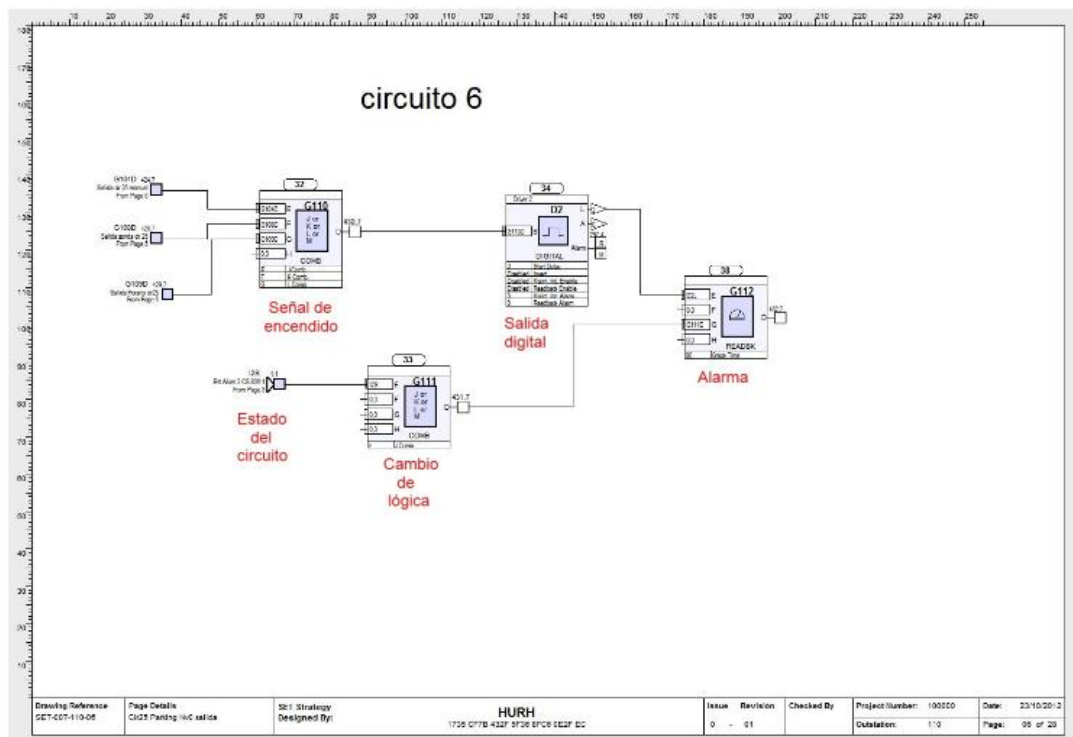


Fig. 3.11.- Programación SET de un circuito de alumbrado.

De este bloque combinacional se obtiene la “señal de encendido” que será igual a uno siempre que cualquiera de las ordenes de encendido previas (horario, sonda, manual) sea igual a uno.

Seguidamente, se tiene el bloque de salida digital, que es el driver que activa la correspondiente salida del autómatas. Dentro de este, se ha añadido un tiempo mínimo de encendido, es decir, un cierto periodo de tiempo en el que el circuito correspondiente debe permanecer encendido una vez que recibe la orden adecuada, evitando así encendidos y apagados intermitentes.

Finalmente, se tiene un bloque de alarma que compara el estado real del circuito (encendido o apagado) con el estado teórico que debería tener a partir de la orden que le está enviando el autómatas. De esta forma, saltará una alarma si difieren ambos estados. El estado real del circuito se pasa a través de un bloque combinacional que realiza un cambio de lógica, es decir, actúa como puerta inversora. Este cambio de lógica es necesario ya que el cableado físico del autómatas hace corresponder el estado cero con el encendido, y el estado uno con el apagado, mientras que el estado teórico se dispone de manera contraria. Debido a esto, el cambio de lógica permite que la alarma funcione correctamente.

- Sistema de regulación DALI

Una vez descrita la programación del sistema de control al comienzo de este proyecto, la propuesta de mejora de control que se presenta para esta instalación de alumbrado sería la implantación del sistema de control DALI.

El sistema DALI (Digital Addressable Lighting Interface) es un interfaz de comunicación digital y direccionable para sistemas de iluminación.

Este sistema es un estándar internacional recogido en la norma IEC 62386, que asegura la compatibilidad e intercambiabilidad entre equipos de diferentes fabricantes, los cuales están marcados el siguiente logo de la figura 3.12:

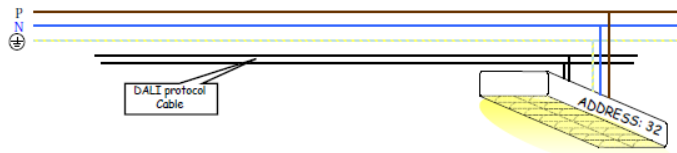


Fig. 3.12.- Logotipo de los dispositivos compatibles con DALI.

Este interfaz, de regulación bidireccional, se basa en una estructura comunicación maestro-esclavo, donde la información fluye desde un controlador (maestro) hacia los equipos de iluminación (esclavos), ejecutando los comandos o respondiendo a las solicitudes de información recibidas.

Esta comunicación se lleva a cabo, mediante las señales digitales, a través de un bus o línea de control de cinco hilos. Estos hilos de control pueden tener polaridad positiva y negativa, aunque la mayoría de los equipos están diseñados libres de polaridad para que la conexión sea indiferente. Esta técnica de transmisión digital, hace que el sistema sea menos sensible a interferencias y permita obtener un mayor volumen de información en un menor tiempo que uno tradicional (analógico) (fig. 3.13).

- **Digital**



- **Analógico**

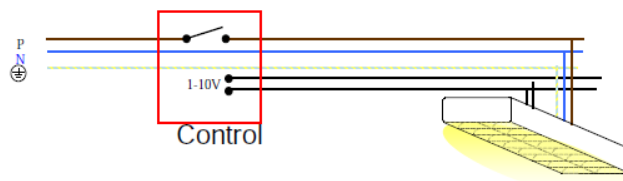


Fig. 3.13.- Comparativa entre diferentes sistemas de control.

No necesita cables especiales apantallados. Se puede realizar el cableado conjunto de la línea de alimentación y del bus DALI con una misma manguera estándar de 5 hilos (fig. 3.14).

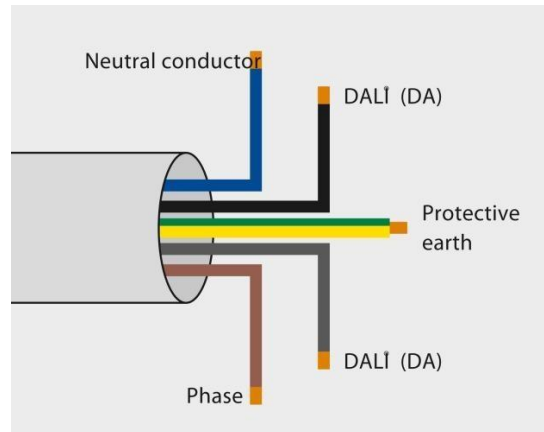


Fig. 3.14.- Cable NYM 5 hilos.

A diferencia de otros sistemas de regulación, la agrupación de luminarias no tiene por qué realizarse de forma cableada, si no que todos los equipos se conectan en paralelo al bus sin tener en cuenta la agrupación de los mismos, únicamente evitando una topología en bucle o anillo cerrado (fig. 3.15).

No necesita relés mecánicos, para el encendido y apagado del alumbrado, ya que se realiza mediante comandos vía línea de control. Tampoco se necesitan resistencias de terminación del bus.

Por tanto, este sistema ofrece una simplicidad de cableado así como una gran flexibilidad en el diseño de la instalación del alumbrado. Además, es de fácil integración en sistemas inteligentes.

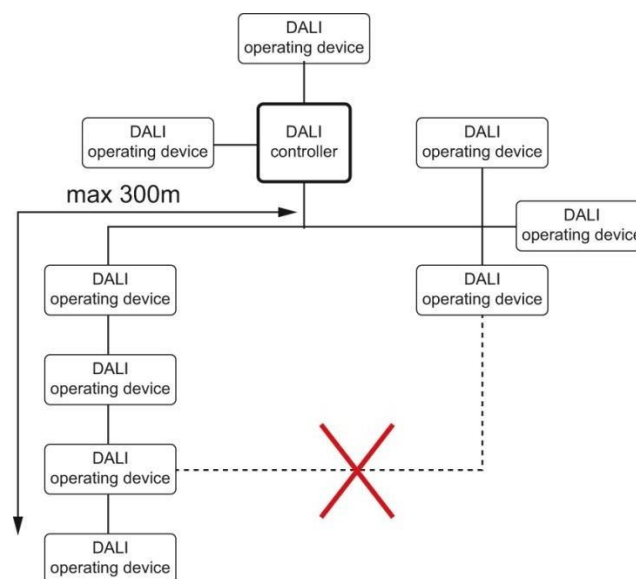


Fig. 3.15.- Esquema básico de un sistema DALI.

Entre sus limitaciones cabe indicar que, su máxima caída de tensión a lo largo de la línea de control no puede ser superior a 2V con la corriente máxima del bus de 250mA. Por tanto, la máxima distancia de cableado permitida depende de la sección del cable, pero en ningún caso debe ser superior a 300m.

Una vez se ha tenido en cuenta las condiciones del cableado, se realiza la configuración del sistema de iluminación DALI vía software. En esta se pueden llegar a crear hasta 16 escenas (modo de iluminación) diferentes, direccionando los equipos de forma individual hasta un máximo de 64 direcciones, por grupos hasta un máximo de 16, o de forma simultánea mediante un comando “broadcast”. La configuración puede ser cambiada en cualquier momento sin necesidad de recablear.

El sistema DALI posee una curva de regulación logarítmica ajustada a la sensibilidad del ojo humano, definida en la norma internacional IEC 62386. Su rango de regulación se establece entre el 0,1% y el 100%, siendo el nivel mínimo determinado por el fabricante del equipo (fig. 3.16).

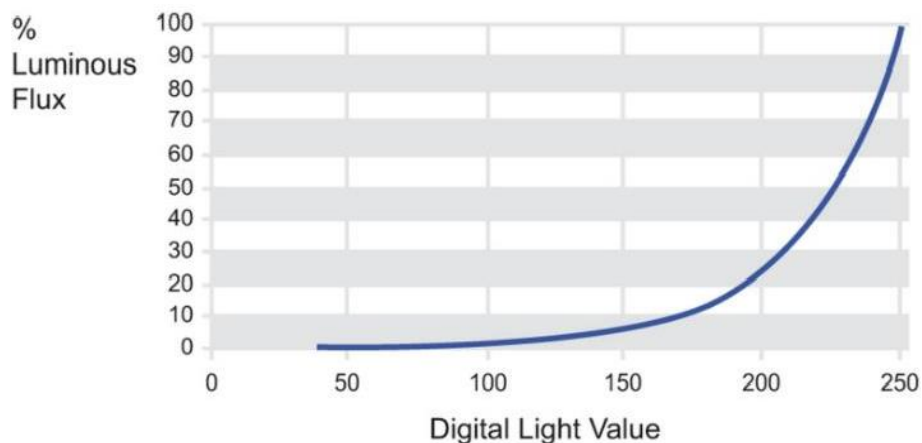


Fig. 3.16.- Gráfico del flujo luminoso DALI en función de la señal de control.

Dentro de esta característica logarítmica, se pueden distinguir unos parámetros que también son configurables vía software, el “fade time”, o tiempo necesario para ir desde un nivel lumínico a otro y el “fade rate”, o velocidad del cambio de la luz.

Este interfaz puede utilizarse tanto en aplicaciones sencillas como en aplicaciones de alto nivel, integrándose mediante pasarelas en sistemas de control inteligente de edificios. En el caso del HURH sería mediante protocolo BACNet y el equipo TONN de TREND que aparece en la figura 3.17.



Fig. 3.17.- Pasarela de telecomunicaciones Trend Open Network Node (TONN).

3.4.3. Sistema implementado en el HURH.

- **Centro de Manejo de Iluminación modelo HUB (QP3-1PL-100-240):** es el encargado del control y ajuste de las luminarias en función de los parámetros que recibe de los receptores. En él se encuentran recogidas las direcciones de las luminarias, horarios y escenas de cada estancia (fig. 3.18).

El HUB recibe las señales de control de los distintos dispositivos y en función de su posición, envía las señales oportunas al controlador DALI adecuado. Estas señales, propias del sistema LUTRON (no son estándar como las señales DALI), son enviadas a través del bus QS. Su instalación en el proyecto, se ve necesaria ya que a diferencia del controlador DALI, posee horarios y calendario astronómico, por lo que permite un mejor ajuste de la iluminación del parking. Tiene 2 salidas de bus QS y capacidad para 512 luminarias o 99 periféricos.

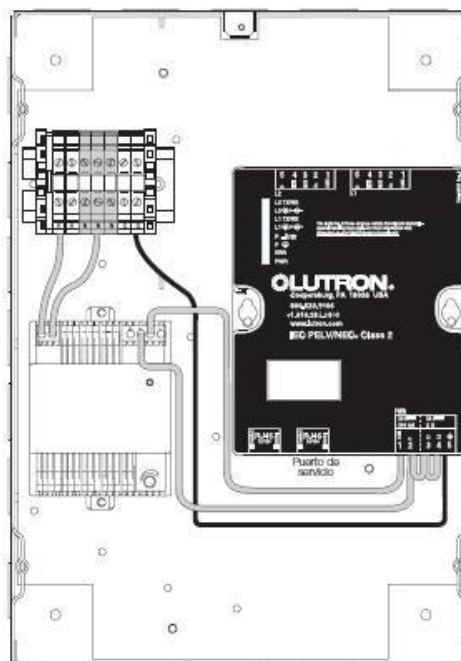


Fig. 3.18.- HUB (QP3-1PL-100-240) del fabricante LUTRON.

- **Bus QS:** es el encargado de llevar la información entre los distintos dispositivos de control, el HUB y el controlador DALI. La información no lleva el código estándar DALI, sino que se trata de un bus propio del fabricante LUTRON. Se compone de 4 hilos, fase y neutro y 2 hilos de control. A diferencia del bus DALI se debe tener en cuenta la polaridad de los hilos de control, de lo contrario no funcionaría el sistema correctamente (fig. 3.19).

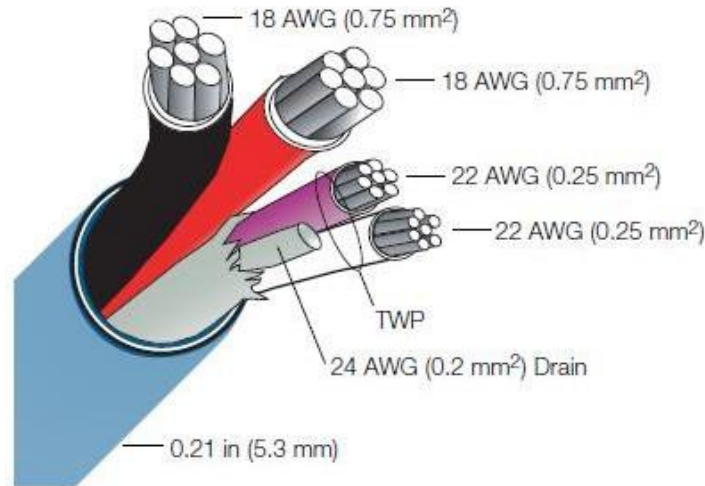


Fig. 3.19.- Bus QS de LUTRON.

- **Fuente de alimentación:** viene integrada en el HUB, aunque existen algunas externas para satisfacer la demanda extra del sistema. Cada una tiene una capacidad para soportar 22 cargas (las antenas consumen 3 cargas y las botoneras 1 carga).

- **Bus DALI:** es un bus formado por 2 hilos de 1x1,5 mm, sin polaridad, que transmite las señales de control desde el controlador DALI a las distintas luminarias.

En la instalación previa, ya estaban presentes los hilos de alimentación de las luminarias, de ahí que solo haya que añadir los 2 hilos de control restantes.

- **Controlador DALI Energi Savr Node QS (QSNE-2DAL-D):** es el encargado de transmitir las órdenes directamente a las luminarias en función de la orden que recibe del HUB por medio del bus QS. Una vez recibe la señal, es transformada al formato DALI, permitiendo que puedan conectarse a él luminarias DALI de cualquier fabricante (fig. 3.20).



Fig. 3.20.- Controlador DALI Energi Savr Node QS (QSNE-2DAL-D) del fabricante LUTRON.

Este controlador proporciona alimentación para dos buses de cargas digitales direccionables DALI (hasta 250 mA por bus). También tiene una función test que permite detectar fallos en el sistema DALI, como puede ser una mala conexión de una luminaria con el bus. De esta forma, la luminaria que falla permanecerá encendida en su máxima intensidad mientras que las que estén bien conectadas irán fluctuando en intensidad mientras dure el modo test.

- **Sondas de presencia:** son dispositivos infrarrojos pasivos (PIR), inalámbricos, alimentados por batería, montados en la pared, que controlan la luz automáticamente a través de una comunicación de radiofrecuencia con dispositivos de atenuación o conmutación compatibles (fig. 3.21). Estos sensores detectan el calor de las personas en movimiento dentro de un área para determinar cuando el espacio está ocupado. Luego, los sensores transmiten en forma inalámbrica los comandos apropiados a los dispositivos de atenuación o conmutación asociados para que enciendan o apaguen las luces automáticamente. Estos sensores tienen 3 estados de funcionamiento para la sensibilidad del sensor y para la frecuencia con la que busca presencias en la sala, ya que el sensor no tiene un funcionamiento continuo, sino que escanea cada cierto tiempo reduciendo el consumo de energía. En función de su posición en el parking y el tamaño de este, tendrán una amplitud de alcance diferente según su colocación en esquinas (90°), paredes (180°) o pasillos largos (4°). Se colocarán de forma que no esté afectado su funcionamiento por los elementos del local.



Fig. 3.21.- Sonda de presencia LUTRON.

- **Sensor de iluminación:** es un dispositivo que detecta la iluminación de la sala y en función del nivel que tenga envía una señal de control (fig. 3.22). Estos sensores transmiten, de forma inalámbrica, las señales por radiofrecuencia a las antenas receptoras. Se instalan en superficie en el techo y se orientan hacia la entrada de luz natural, de modo que midan la cantidad de radiación incidente. La medición de los sensores se envía al sistema a través de las antenas por medio de radio frecuencias de modo que cada una de las luminarias ajusta su nivel para garantizar el nivel de trabajo en el plano de trabajo.



Fig. 3.22.- Sonda de luminosidad LUTRON.

- **Antenas receptoras:** son los dispositivos instalados en el techo que se encargan de enlazar los elementos inalámbricos con el bus QS (fig. 3.23). Estos reciben las distintas señales inalámbricas de los sensores de iluminación y de presencia, así como de las botoneras inalámbricas. Estas señales se envían al HUB por medio del bus QS al cual van conectadas. Tienen un alcance de 18 metros sin obstáculos, y de 9 metros a través de elementos de construcción. Es capaz de manejar un máximo de 10 dispositivos inalámbricos entre sensores de presencia, iluminación y botoneras.



Fig. 3.23.- Antena receptora inalámbrica LUTRON.

- **Botoneras:** Pueden estar cableadas o inalámbricas, llamadas interruptores pico. Las cableadas pueden incorporar un número de botones a elegir entre 2 y 10, cada uno de estos botones se puede configurar libremente para realizar una función y pueden ser grabados con un texto a definir por el usuario. Además cuentan con un LED para conocer qué grupos o qué escenas están activas, uno por cada escena de iluminación. Un ejemplo de una botonera cableada puede ser el siguiente (fig. 3.24).

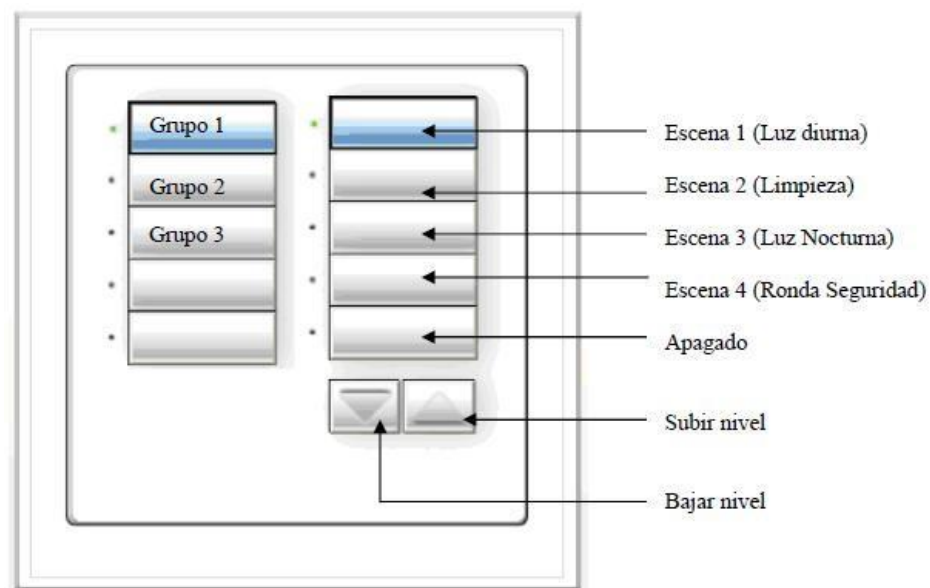


Fig. 3.24.- Botonera de 10 botones LUTRON.

Capítulo 4.

MODELADO Y RESULTADOS

4.1. Modelado y análisis del escenario.

Una vez analizado el estado del alumbrado del parking y su posible remodelación, se procederá a representar dicho escenario a través de programas de simulación de iluminación. Mediante estos, se podrá analizar la idoneidad de una mejora o sustitución del sistema de iluminación, la cual a través de una herramienta informática se proporcionará ciertos cálculos lumínicos, a fin de obtener información no solo del consumo sino también de calidad de iluminación que posteriormente será objeto de análisis.

La herramienta que se va a utilizar es el software informático “DIALux” versión 4.13, desarrollado por el Instituto Alemán de Luminotecnia. Este software, permite la recreación y simulación de escenarios tanto de interior como de exterior, con una gran cantidad de variantes para ajustar lo máximo posible el entorno simulado a la situación real (elementos de ambiente, texturas, tipo de cielo, etc.), además de poder cargar archivos para la simulación de elementos y situaciones.

La elección de este programa se fundamenta en la posibilidad de introducir escenas complejas, la disponibilidad de un amplio catálogo de luminarias online y en la posibilidad de calcular cualquier parámetro lumínico, siendo por tanto una herramienta fundamental en la elección del sistema de iluminación más adecuado desde el punto de vista energético, normativo y económico.

4.1.1. Modelado DIALux.

Para la representación de la escena, se partió del plano del nivel 0 del parking facilitado por el personal del HURH. Con este plano cargado en el programa, se realizó tanto el contorno del edificio como la distribución de aquellos elementos constructivos existentes en la zona (columnas, tragaluces, ventanas, luminarias...)

Una vez creado el recinto, se introdujo la posición geográfica del edificio (latitud 41,63° y longitud -4.71°) además de la orientación norte, de 41,6° en este caso. En último lugar, se delimitó el área de cálculo, en la cual se asocia un plano de trabajo situado a nivel de suelo y se impuso una zona marginal de unos 20 cm alrededor del perímetro de la escena, que es sobre el que se mostrarán los resultados que se expondrán en este capítulo.

Tomando el modelo ya realizado, el paso final, que determina la escena completa antes de poder simular, es el ajuste de una serie de parámetros (grados de reflexión para paredes, suelo y techo) que confirman que los resultados de las simulaciones coinciden en cierta medida con la situación

real. La obtención de estos parámetros es un método de prueba y error, ya que existe una gran dificultad de hallar estos valores de forma teórica, al intervenir muchos factores en su cálculo.

A partir de aquí, se realizaron varias simulaciones, variando los factores citados con el fin de conseguir que los resultados lumínicos simulados se ajustasen a las medidas reales tomadas, con un margen de error admisible de un $\pm 5\%$.

Su resultado se validó de nuevo a través de simulaciones donde se modificaron las condiciones meteorológicas (cielo despejado y nublado) y la hora del día, comprobando realmente la aproximación de los datos. Según lo expuesto, se debe tener en cuenta que no es un modelo perfecto y que los valores no tienen por qué coincidir exactamente con los reales.

Las mediciones tomadas en el parking se dan en la tabla 4.1, mostrándose los resultados de éstas en el anexo de planos.

FECHA	ESTADO DE CIELO	HORA
31/01/2018	Despejado	12:20
01/02/2018	Nublado	9:20
09/02/2018	Nocturno	20:45

Tabla 4.1.- Mediciones realizadas.

4.1.2. Estrategia de control

El control de la iluminación implementado en el proyecto será a través del sistema DALI anteriormente expuesto. Dentro de este sistema, se llevará a cabo una cierta regulación de luminarias del parking, por lo que la elección de los grupos de control del recinto se realizó pensando en obtener el mejor control lumínico posible según las condiciones del momento. Esta elección se ideó basándose en el adecuado equilibrio entre la luz natural y la artificial que tiene la infraestructura del parking sin tener en cuenta las limitaciones existentes en cuanto al número de grupos de control máximo por bus DALI. Todas estas decisiones acarrearán unos gastos que serán estudiados y valorados en un estudio económico realizado más adelante.

La regulación/control de iluminación se realizara de una forma continua a partir los datos adquiridos por las sondas de luminosidad y de presencia del parking. Las sondas de presencia se verán repartidas a lo largo del recinto con el objetivo de mantener un nivel mínimo de iluminación y poder reducir el gasto energético en ausencia de movimiento. Esta sonda se encargará de transmitir, al HUB, datos sobre la cantidad de luz que llega a los espacios de transito del recinto. Dependiendo de estos datos de luminosidad exterior, el

HUB mandará las señales de regulación correspondientes al controlador DALI, y de éste a las luminarias de la sala.

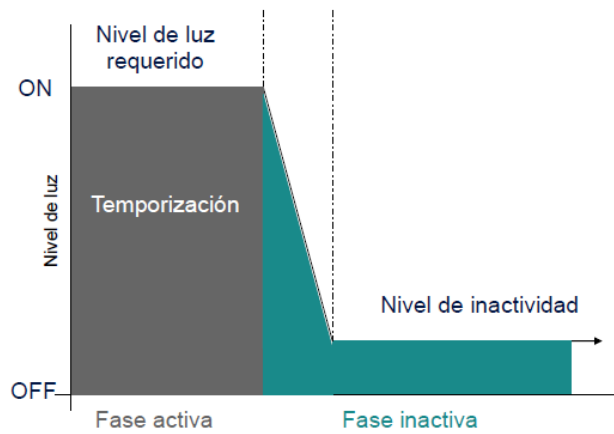


Fig. 4.1.- Esquema funcionamiento de la sonda de presencia.

La razón de su instalación se debe, aun siendo una zona de acceso al hospital y con áreas de iluminación permanente, a la existencia de periodos de tiempo en los que es poco probable que exista tránsito de personas, siendo las horas de madrugada uno de estos ejemplos.

En estos horarios, y cuando las sondas no detecten movimiento, se puede regular la iluminación para un modo de funcionamiento “stand-by” con menor nivel de iluminación (el nivel de iluminación en las fase inactiva pasará a ser un tercio de la regulación normal) permitiendo un mayor ahorro de energía (fig. 4.1). En el momento en el que las sondas detectasen movimiento, se enviarían las señales oportunas al HUB y la iluminación volvería a la regulación estándar correspondiente. Este modo de control será especialmente importante en los cambios de turno del hospital que actualmente se dan a las 8:00, 15:00 y 22:00 horas.

Las mediciones obtenidas por estas sondas serán transmitidas a las antenas receptoras distribuidas a lo largo del parking. La ubicación de estos equipos se podrá observar en el anexo de planos.

4.1.3. Factores básicos de simulación

En el análisis de la instalación, el objetivo de las simulaciones es la obtención de una regulación del sistema de alumbrado, que en combinación con el aporte de luz natural, optimice el consumo energético.

Para ello, en el diseño de control de iluminación del parking, se han tener en cuenta diversos aspectos que pueden influir en los resultados de este estudio. Se pueden destacar los siguientes factores:

- Base de datos meteorológicos de la zona

Este es uno de los aspectos más importantes, ya que a partir de ellos se tendrá conocimiento de la variación de las horas de luz a lo largo de un año. Esta información se ha obtenido de la página web <https://esoweb.larc.nasa.gov/sse/>, una página creada por la NASA y ATMOSPHERIC SCIENCE DATA CENTER que permite, a partir de una localización geográfica, obtener diferentes parámetros meteorológicos (radiación solar, temperatura, humedad, etc.). Para ello se sirve de la recogida de datos entre Julio de 1983 y Noviembre de 2017.

Dentro de estos parámetros, es importante destacar la incidencia del sol, ya que éste no siempre sale con el mismo ángulo. Por esta razón, se ha elegido un día característico de cada mes (día solar medio), con el cual se realizará una simulación representativa válida para cada mes. Los días medios para Valladolid, con los que se ha trabajado este análisis para cada mes, están reflejados en la tabla 4.2:

Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Día solar medio	17	16	16	15	15	11	17	16	15	15	14	10

Tabla 4.2.- Día solar medio de cada mes.

También se ha tenido en cuenta, la media de horas de luz para los días solares medios de cada mes en la tabla 4.3 y figura 4.2:

Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Media horas de sol	9,5	10,6	11,9	13,3	14,5	15,1	14,8	13,8	12,5	11,1	9,9	9,2

Tabla 4.3.- Media de horas solares en cada mes.

Promedio Mensual Horas Solares

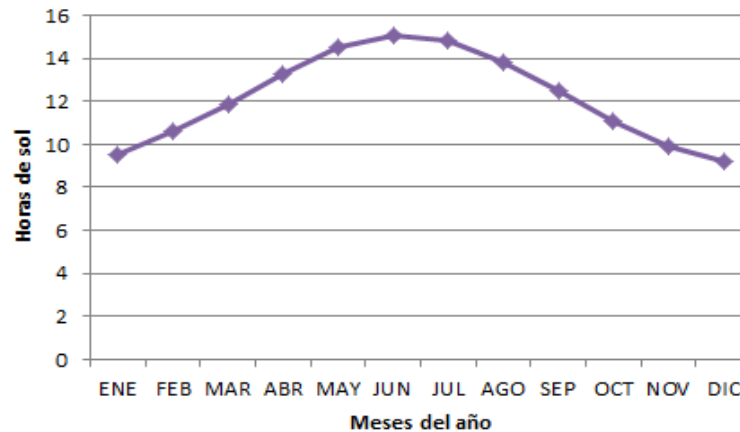


Fig. 4.2.- Promedio de horas solares por mes.

Otro aspecto referente al clima, que es importante matizar, sería la probabilidad de variación o situación del tipo de cielo. Según el programa DIALux es posible realizar simulaciones en función de 3 tipos de cielo (despejado, parcialmente nublado y nublado). Estas probabilidades se ven reflejadas para las distintas situaciones en las tablas 4.4 a 4.6, extraídas de la página de la NASA:

Frecuencia media mensual de cielo despejado en las horas GMT indicadas (%)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
< 10% a las 0h	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
< 10% a las 3h	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
< 10% a las 6h	-	-	-	28.6	27.7	30.3	44.5	50.9	-	-	-	-
< 10% a las 9h	23.3	20.1	27.2	26.2	27.2	36.2	50.0	39.7	27.5	20.5	20.6	22.4
< 10% a las 12h	20.0	21.0	31.3	35.9	34.0	44.7	56.6	48.2	28.6	19.6	20.1	23.9
< 10% a las 15h	23.1	23.1	31.8	31.0	31.0	41.3	55.1	45.1	34.8	24.0	26.8	-
< 10% a las 18h	-	-	-	-	-	41.4	49.1	-	-	-	-	-
< 10% a las 21h	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.4.- Probabilidades para cielo despejado.

Frecuencia media mensual de cielo parcialmente nublado en las horas GMT indicadas (%)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
10 - 70% a las 0h	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10 - 70% a las 3h	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10 - 70% a las 6h	-	-	-	25.1	25.3	28.4	31.6	29.3	-	-	-	-
10 - 70% a las 9h	26.6	30.3	25.5	26.8	24.0	24.7	24.9	30.3	31.5	30.9	26.2	29.4
10 - 70% a las 12h	29.6	27.9	21.4	16.2	19.5	20.3	23.1	26.5	30.7	30.7	27.8	25.6
10 - 70% a las 15h	30.6	29.1	22.7	21.0	20.5	21.9	23.6	26.6	28.7	28.1	23.4	-
10 - 70% a las 18h	-	-	-	-	-	23.2	26.5	-	-	-	-	-
10 - 70% a las 21h	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.5.- Probabilidades para cielo parcialmente nublado.

Frecuencia media mensual de cielo nublado en las horas GMT indicadas (%)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
≥ 70% a las 0h	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
≥ 70% a las 3h	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
≥ 70% a las 6h	-	-	-	46.2	46.9	41.2	23.7	19.7	-	-	-	-
≥ 70% a las 9h	50.0	49.5	47.2	46.9	48.6	39.0	25.0	29.9	40.9	48.5	53.1	48.0
≥ 70% a las 12h	50.2	50.9	47.2	47.8	46.4	35.0	20.2	25.2	40.6	49.5	51.9	50.4
≥ 70% a las 15h	46.2	47.7	45.4	47.8	48.3	36.6	21.2	28.1	36.3	47.8	49.7	-
≥ 70% a las 18h	-	-	-	-	-	35.3	24.3	-	-	-	-	-
≥ 70% a las 21h	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.6.- Probabilidades para cielo nublado.

A través del modelo de estudio y estos datos estadísticos se podrá obtener un consumo anual cercano al real, ya que como se comentó anteriormente, el modelo diseñado no es perfecto. En el estudio del proyecto se simulará solo para cielo despejado y nublado.

- Grupos de control

Según la disposición de las luminarias y la influencia de la luz natural dentro del parking se ha establecido los siguientes grupos de control (fig. 4.3):

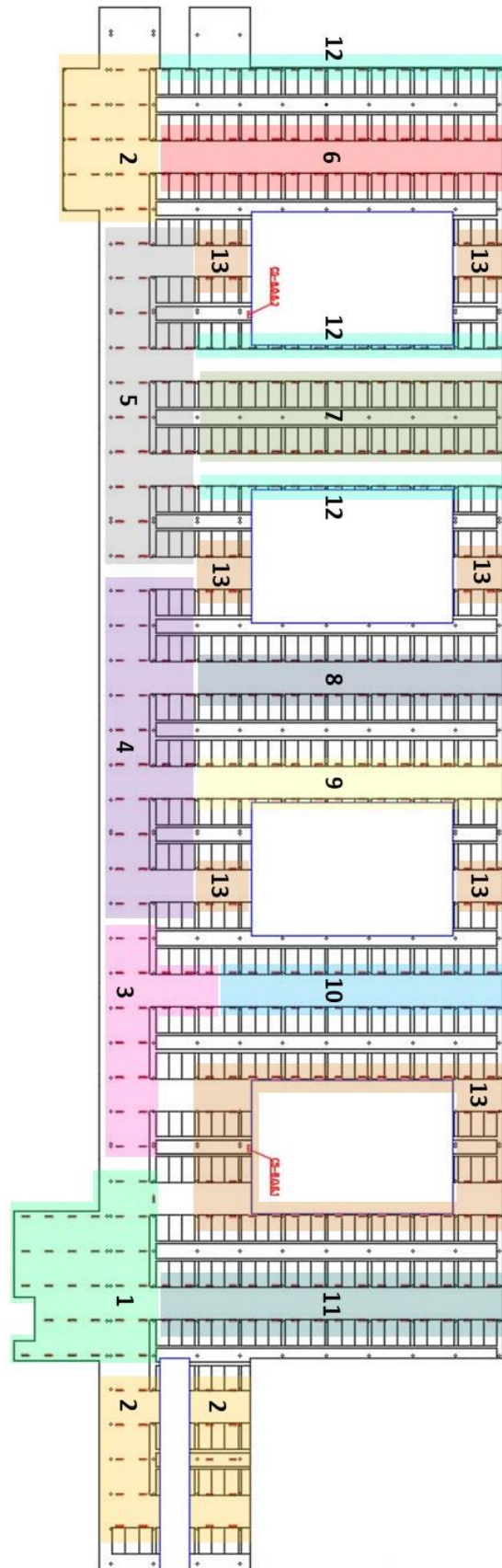


Fig. 4.3.- Grupos de control.

Los grupos de control se forman por una o más luminarias en las que el encendido y su regulación son comunes. La señal de un autómatas, que produce el encendido o apagado, actuará sobre todas aquellas luminarias que integren el mismo grupo de control.

Según se ha podido observar, el aporte de luz natural se reparte homogéneamente en la mayor parte del parking, debido a las grandes claraboyas existentes en el techo del parking. La zona de acceso a urgencias, las áreas próximas al exterior y a los tragaluces son lugares en los que se concentra gran cantidad de luz natural y se han tenido especial atención.

Partiendo de estas premisas y del análisis de la luz existente, se han distribuido las luminarias del parking en un total de 13 grupos de control que se regularan de manera independiente. Este criterio está promovido para conseguir una regulación lo más económica posible y garantizar los niveles mínimos de iluminación que establece la normativa.

4.2. Resultados

Las simulaciones realizadas en este análisis se han centrado en los días característicos de cada mes del año 2018, teniendo en cuenta aquellas horas en las que existe aporte de luz natural en el recinto, así como durante las horas de noche, y tanto para cielo despejado como para nublado.

Teniendo en cuenta la gran extensión del parking, las simulaciones y la generación de datos posterior conllevan una considerable cantidad de tiempo, por lo que, para agilizar el proceso de recogida de información, se ha dividido el área del parking a la mitad de forma simétrica, alternando las simulaciones de ambas mitades. De esta forma, los resultados obtenidos para una mitad se pueden extrapolar a la otra mitad de forma análoga y sin que haya pérdida de información.

La información obtenida durante las simulaciones ha permitido obtener datos sobre los grupos de control y su regulación, la eficiencia energética que se puede llegar a obtener y el consumo de la instalación. Debido a la gran cantidad de datos generados, los resultados se presentan resumidos en tablas en un apartado posterior. En el Anexo 2 se presentan varios ejemplos de estas simulaciones.

4.2.1. Comparativa de formas de control

En este apartado, se pretende hacer referencia a las diferencias que existen entre diversos casos de iluminación del parking.

- En primer lugar, se muestra la situación real original que se presentaba inicialmente, donde las lámparas son CFL y su regulación no dispone de ningún control adaptativo en función de la luz natural existente.
- En segundo lugar, el caso propuesto en el proyecto, donde se plantea una iluminación LED usando 13 grupos de control, ofreciendo así una alternativa para mejorar la iluminación y eficiencia energética del aparcamiento.

Todas las simulaciones se realizan bajo las mismas condiciones: en horario nocturno a las 3 de la mañana en ambos casos, donde el aporte de luz natural es nulo.

En el primer caso, en la figura 4.4 se puede observar cómo se distribuye la iluminación original de lámparas CFL, las cuales funcionan sin regulación, al 100%, sin atender a las condiciones exteriores.

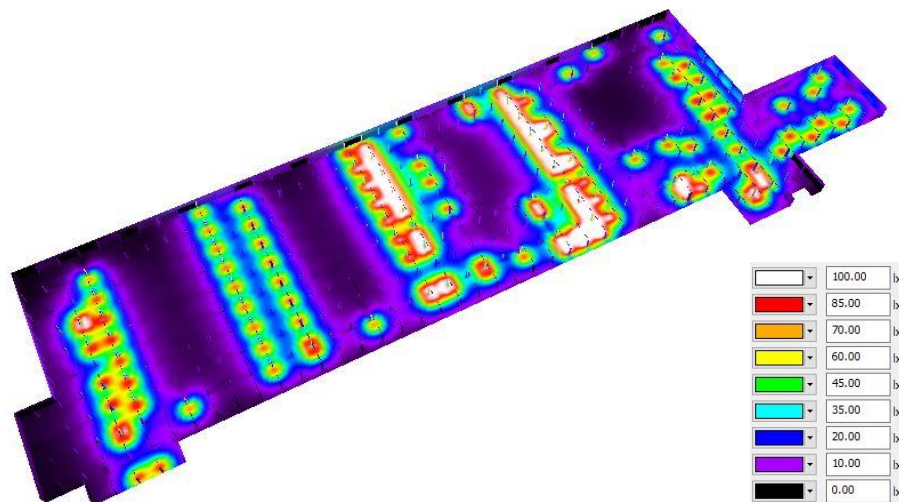


Fig. 4.4.- Iluminación original de CFL.

A primera vista se puede ver como la iluminación existente no es uniforme, ya que hay zonas sobreiluminadas (en blanco) y zonas donde no hay suficiente luz (negro y morado). Esto demuestra que la situación inicial del parking no es la más adecuada y que necesita ser revisada, tanto en relación a la potencia de iluminación como a la cantidad de luminarias encendidas.

Esto se debe, además de a las luminarias en funcionamiento, a la tecnología de las mismas (CFL), ya que no es la más adecuada al no poseer control adaptativo de la luz.

En segundo lugar, en la figura 4.5 se muestra el resultado de la simulación con tecnología LED y 13 grupos de control:

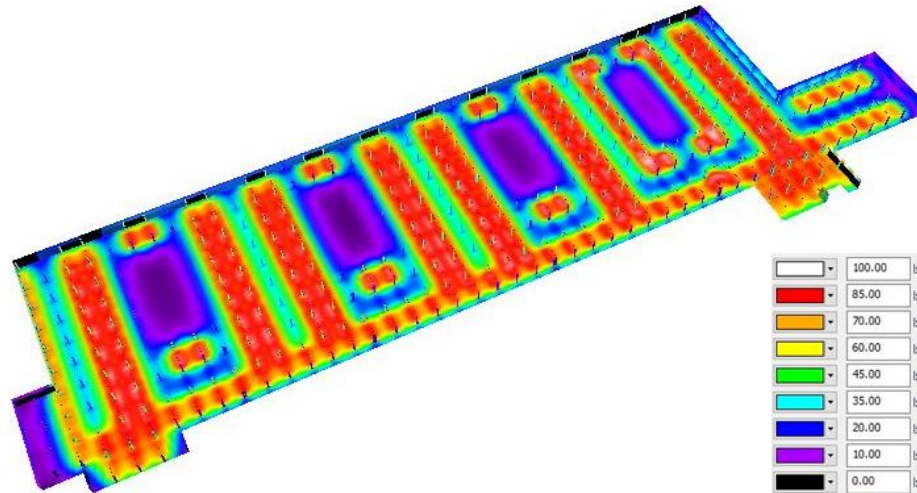


Fig. 4.5.- Iluminación LED.

Como puede observarse, al utilizar 13 grupos de control, el nivel de iluminación es bastante uniforme a lo largo de toda el área del parking. La razón de optar por 13 grupos de control diferentes responde a la necesidad de tener una mayor flexibilidad a la hora de regular de forma independiente las diferentes zonas, y a la distribución irregular del aparcamiento, con áreas que tienen más luminarias por metro cuadrado, y áreas en las que no existe iluminación alguna (tragaluces).

Además de conseguir una iluminación uniforme, el uso de tecnología LED permite adaptar la cantidad de luz a los niveles marcados por la normativa. Hay que señalar, no obstante, que el nivel global de luminancia media se verá afectado por las grandes dimensiones de los 4 tragaluces repartidos a lo largo de la superficie del recinto.

También se debe señalar que la posibilidad de ajustar de forma independiente cada grupo de control permite conseguir un ahorro significativo en el consumo final de la instalación, haciendo esta opción la más eficiente.

4.2.2. Regulación de los grupos de control

En este apartado se muestran las tablas de resultados de simulación para todos los meses del año. En las tablas aparece el porcentaje de regulación para los diferentes grupos de control en función de la hora del día, ya que la cantidad de luz es diferente en función de la hora. Cuando no exista porcentaje de regulación, se debe interpretar que se utiliza la misma regulación que para las horas de noche.

Para facilitar e interpretar los datos en las horas de luz, de una forma más simple se introdujo una escala de colores, donde el rojo es el valor más alto y el azul, el valor más bajo.

Aparecerán en primer lugar las tablas para el cielo despejado seguidas de las de cielo nublado (tablas 4.7 a 4.30).

- ENERO

ENERO	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7	ZONA 8	ZONA 9	ZONA 10	ZONA 11	ZONA 12	ZONA 13
nº luminarias	32	36	20	28	28	32	28	28	28	26	32	44	60
NOCHE	65	60	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	85
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	45	45	60	60	60	45	45	45	45	55	60	0	0
10	20	0	0	50	50	20	0	20	0	0	20	0	0
11	20	0	0	50	50	0	0	0	0	0	20	0	0
12	20	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0
13	20	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0
14	20	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0
15	20	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0
16	20	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0
17	20	0	50	50	50	20	0	20	0	0	20	0	0
18	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	0
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.7.- Porcentajes de regulación para cielo despejado.

ENERO	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7	ZONA 8	ZONA 9	ZONA 10	ZONA 11	ZONA 12	ZONA 13
nº luminarias	32	36	20	28	28	32	28	28	28	26	32	44	60
NOCHE	65	60	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	85
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	60	60	70	70	70	70	70	70	70	60	70	0	60
10	40	35	60	60	60	40	40	40	40	40	40	0	35
11	40	35	60	60	60	40	40	40	40	40	40	0	35
12	40	35	60	60	60	40	40	40	40	40	40	0	0
13	40	35	60	60	60	40	40	40	40	40	40	0	0
14	40	35	60	60	60	40	40	40	40	40	40	0	0
15	40	35	60	60	60	40	40	40	40	40	40	0	0
16	40	35	60	60	60	40	40	40	40	40	40	0	0
17	40	35	60	60	60	40	40	40	40	40	40	0	0
18	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	0	60
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.8.- Porcentajes de regulación para cielo nublado.

• FEBRERO

FEBRERO	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7	ZONA 8	ZONA 9	ZONA 10	ZONA 11	ZONA 12	ZONA 13
nº luminarias	32	36	20	28	28	32	28	28	28	26	32	44	60
NOCHE	65	60	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	85
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	30	30	60	60	60	30	0	30	0	30	30	0	0
10	20	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0
11	20	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0
12	20	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0
13	20	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0
14	20	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0
15	20	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0
16	20	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0
17	20	0	50	50	50	0	0	0	0	0	20	0	0
18	20	20	50	50	50	20	0	0	0	20	20	0	0
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.9.- Porcentajes de regulación para cielo despejado.

FEBRERO	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7	ZONA 8	ZONA 9	ZONA 10	ZONA 11	ZONA 12	ZONA 13
nº luminarias	32	36	20	28	28	32	28	28	28	26	32	44	60
NOCHE	65	60	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	85
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	60	60	70	70	70	70	70	70	70	60	70	0	60
10	35	35	60	60	60	40	40	40	35	35	40	0	35
11	35	35	60	60	60	40	40	40	35	35	40	0	35
12	35	35	60	60	60	40	40	40	35	35	35	0	0
13	35	35	60	60	60	40	40	40	35	35	35	0	0
14	35	35	60	60	60	40	40	40	35	35	35	0	0
15	35	35	60	60	60	40	40	40	35	35	35	0	0
16	35	35	60	60	60	40	40	40	35	35	35	0	0
17	35	35	60	60	60	40	40	40	35	35	35	0	0
18	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	0	60
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.10.- Porcentajes de regulación para cielo nublado.

• MARZO

MARZO	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7	ZONA 8	ZONA 9	ZONA 10	ZONA 11	ZONA 12	ZONA 13
nº luminarias	32	36	20	28	28	32	28	28	28	26	32	44	60
NOCHE	65	60	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	85
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	30	0	60	60	60	30	0	30	0	30	60	0	0
9	20	0	0	20	0	20	0	20	0	0	20	0	0
10	20	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0
11	20	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0
12	20	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0
13	20	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0
14	20	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0
15	20	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0
16	20	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0
17	20	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0
18	20	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0
19	30	30	60	60	60	30	0	30	30	30	30	0	0
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.11.- Porcentajes de regulación para cielo despejado.



MARZO	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7	ZONA 8	ZONA 9	ZONA 10	ZONA 11	ZONA 12	ZONA 13
nº luminarias	32	36	20	28	28	32	28	28	28	26	32	44	60
NOCHE	65	60	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	85
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	60	60	65	70	70	65	65	65	65	65	65	0	60
9	35	35	60	60	60	40	40	40	35	35	40	0	35
10	35	35	60	60	60	40	40	40	35	35	40	0	35
11	20	20	40	50	50	0	0	20	20	20	35	0	0
12	20	20	40	50	50	0	0	20	20	20	35	0	0
13	20	20	40	50	50	0	0	20	20	20	35	0	0
14	20	20	40	50	50	0	0	20	20	20	35	0	0
15	20	20	40	50	50	0	0	20	20	20	35	0	0
16	20	20	40	50	50	0	0	20	20	20	35	0	0
17	20	20	40	50	50	0	0	20	20	20	35	0	0
18	35	35	60	60	60	40	40	40	35	35	40	0	35
19	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	0	60
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.12.- Porcentajes de regulación para cielo nublado.

• ABRIL

ABRIL	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7	ZONA 8	ZONA 9	ZONA 10	ZONA 11	ZONA 12	ZONA 13
nº luminarias	32	36	20	28	28	32	28	28	28	26	32	44	60
NOCHE	65	60	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	85
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	30	0	30	60	60	30	0	30	0	0	30	0	0
9	20	0	0	20	0	20	0	20	0	0	20	0	0
10	20	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0
11	20	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0
12	20	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0
13	20	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0
14	20	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0
15	20	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0
16	20	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0
17	20	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0
18	20	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0
19	20	0	0	20	0	20	0	20	0	0	20	0	0
20	20	0	20	20	0	20	0	20	0	0	20	0	0
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.13.- Porcentajes de regulación para cielo despejado.

ABRIL	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7	ZONA 8	ZONA 9	ZONA 10	ZONA 11	ZONA 12	ZONA 13
nº luminarias	32	36	20	28	28	32	28	28	28	26	32	44	60
NOCHE	65	60	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	85
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	60	60	65	70	70	65	65	65	65	65	65	0	60
9	35	20	60	60	60	40	40	40	35	35	40	0	0
10	35	20	60	60	60	40	40	40	35	35	40	0	0
11	20	0	40	40	40	0	0	20	20	0	20	0	0
12	20	0	40	40	40	0	0	20	20	0	20	0	0
13	20	0	40	40	40	0	0	20	20	0	20	0	0
14	20	0	40	40	40	0	0	20	20	0	20	0	0
15	20	0	40	40	40	0	0	20	20	0	20	0	0
16	20	0	40	40	40	0	0	20	20	0	20	0	0
17	20	0	40	40	40	0	0	20	20	0	20	0	0
18	20	0	40	40	40	0	0	20	20	0	20	0	0
19	35	20	40	60	40	20	20	35	35	20	35	0	0
20	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	0	60
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.14.- Porcentajes de regulación para cielo nublado.

• MAYO

MAYO	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7	ZONA 8	ZONA 9	ZONA 10	ZONA 11	ZONA 12	ZONA 13
nº luminarias	32	36	20	28	28	32	28	28	28	26	32	44	60
NOCHE	65	60	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	85
7	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	0	0
8	30	0	30	50	50	0	0	30	0	0	30	0	0
9	20	0	0	20	0	0	0	20	0	0	20	0	0
10	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
11	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
12	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
13	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
14	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
15	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
16	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
17	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
18	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
19	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
20	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
21	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	0	0

Tabla 4.15.- Porcentajes de regulación para cielo despejado.

MAYO	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7	ZONA 8	ZONA 9	ZONA 10	ZONA 11	ZONA 12	ZONA 13
nº luminarias	32	36	20	28	28	32	28	28	28	26	32	44	60
NOCHE	65	60	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	85
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	0	60
9	35	20	40	60	40	40	35	35	35	35	40	0	0
10	20	20	40	60	40	30	0	20	20	0	30	0	0
11	20	0	40	40	40	0	0	0	0	0	20	0	0
12	20	0	40	40	40	0	0	0	0	0	20	0	0
13	20	0	40	40	40	0	0	0	0	0	20	0	0
14	20	0	40	40	40	0	0	0	0	0	20	0	0
15	20	0	40	40	40	0	0	0	0	0	20	0	0
16	20	0	40	40	40	0	0	0	0	0	20	0	0
17	20	0	40	40	40	0	0	0	0	0	20	0	0
18	20	0	40	40	40	0	0	0	0	0	20	0	0
19	20	20	40	40	40	20	0	20	20	0	20	0	0
20	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	0	60
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.16.- Porcentajes de regulación para cielo nublado.

• JUNIO

JUNIO	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7	ZONA 8	ZONA 9	ZONA 10	ZONA 11	ZONA 12	ZONA 13
nº luminarias	32	36	20	28	28	32	28	28	28	26	32	44	60
NOCHE	65	60	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	85
7	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	0	0
8	20	0	30	45	45	0	0	30	0	0	20	0	0
9	20	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0
10	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
11	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
12	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
13	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
14	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
15	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
16	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
17	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
18	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
19	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
20	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
21	20	0	30	30	30	0	0	0	0	0	20	0	0

Tabla 4.17.- Porcentajes de regulación para cielo despejado.



JUNIO	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7	ZONA 8	ZONA 9	ZONA 10	ZONA 11	ZONA 12	ZONA 13
nº luminarias	32	36	20	28	28	32	28	28	28	26	32	44	60
NOCHE	65	60	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	85
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	0	60
9	35	20	40	40	40	40	35	35	35	35	40	0	0
10	20	20	40	40	40	30	0	20	20	0	30	0	0
11	20	0	20	20	20	0	0	0	0	0	20	0	0
12	20	0	20	20	20	0	0	0	0	0	20	0	0
13	20	0	20	20	20	0	0	0	0	0	20	0	0
14	20	0	20	20	20	0	0	0	0	0	20	0	0
15	20	0	20	20	20	0	0	0	0	0	20	0	0
16	20	0	20	20	20	0	0	0	0	0	20	0	0
17	20	0	20	20	20	0	0	0	0	0	20	0	0
18	20	0	20	20	20	0	0	0	0	0	20	0	0
19	20	20	30	30	30	20	0	20	20	0	20	0	0
20	20	20	30	30	30	20	0	20	20	0	20	0	0
21	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	0	60

Tabla 4.18.- Porcentajes de regulación para cielo nublado.

• JULIO

JULIO	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7	ZONA 8	ZONA 9	ZONA 10	ZONA 11	ZONA 12	ZONA 13
nº luminarias	32	36	20	28	28	32	28	28	28	26	32	44	60
NOCHE	65	60	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	85
7	50	50	50	50	50	50	0	0	0	0	50	0	0
8	20	0	30	40	0	0	0	0	0	0	20	0	0
9	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
10	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
11	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
12	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
13	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
14	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
15	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
16	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
17	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
18	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
19	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
20	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
21	30	0	30	30	30	0	0	0	0	0	30	0	0

Tabla 4.19.- Porcentajes de regulación para cielo despejado.

JULIO	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7	ZONA 8	ZONA 9	ZONA 10	ZONA 11	ZONA 12	ZONA 13
nº luminarias	32	36	20	28	28	32	28	28	28	26	32	44	60
NOCHE	65	60	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	85
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	0	60
9	35	20	40	40	40	40	35	35	35	35	35	0	0
10	20	20	40	40	40	30	0	20	20	0	30	0	0
11	20	0	20	20	20	0	0	0	0	0	20	0	0
12	20	0	20	20	20	0	0	0	0	0	20	0	0
13	20	0	20	20	20	0	0	0	0	0	20	0	0
14	20	0	20	20	20	0	0	0	0	0	20	0	0
15	20	0	20	20	20	0	0	0	0	0	20	0	0
16	20	0	20	20	20	0	0	0	0	0	20	0	0
17	20	0	20	20	20	0	0	0	0	0	20	0	0
18	20	0	20	20	20	0	0	0	0	0	20	0	0
19	20	20	30	30	30	20	0	20	20	0	20	0	0
20	20	20	30	30	30	20	0	20	20	0	20	0	0
21	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	0	60

Tabla 4.20.- Porcentajes de regulación para cielo nublado.

• AGOSTO

AGOSTO	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7	ZONA 8	ZONA 9	ZONA 10	ZONA 11	ZONA 12	ZONA 13
nº luminarias	32	36	20	28	28	32	28	28	28	26	32	44	60
NOCHE	65	60	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	85
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	50	0	50	50	50	50	0	50	0	0	50	0	0
9	20	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0
10	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
11	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
12	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
13	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
14	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
15	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
16	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
17	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
18	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
19	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
20	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
21	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	0	0

Tabla 4.21.- Porcentajes de regulación para cielo despejado.

AGOSTO	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7	ZONA 8	ZONA 9	ZONA 10	ZONA 11	ZONA 12	ZONA 13
nº luminarias	32	36	20	28	28	32	28	28	28	26	32	44	60
NOCHE	65	60	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	85
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	0	60
9	35	35	45	45	45	40	40	40	40	40	40	0	0
10	35	35	45	45	45	30	0	20	20	0	30	0	0
11	20	0	20	20	20	0	0	0	0	0	20	0	0
12	20	0	20	20	20	0	0	0	0	0	20	0	0
13	20	0	20	20	20	0	0	0	0	0	20	0	0
14	20	0	20	20	20	0	0	0	0	0	20	0	0
15	20	0	20	20	20	0	0	0	0	0	20	0	0
16	20	0	20	20	20	0	0	0	0	0	20	0	0
17	20	0	20	20	20	0	0	0	0	0	20	0	0
18	20	0	20	20	20	0	0	0	0	0	20	0	0
19	20	20	30	30	30	20	0	20	20	0	20	0	0
20	30	30	40	40	40	30	20	30	30	20	30	0	0
21	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	0	60

Tabla 4.22.- Porcentajes de regulación para cielo nublado.

• SEPTIEMBRE

SEPTIEMBRE	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7	ZONA 8	ZONA 9	ZONA 10	ZONA 11	ZONA 12	ZONA 13
nº luminarias	32	36	20	28	28	32	28	28	28	26	32	44	60
NOCHE	65	60	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	85
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	0	0
9	20	0	20	20	20	0	0	20	0	0	20	0	0
10	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
11	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
12	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
13	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
14	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
15	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
16	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
17	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
18	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
19	20	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0
20	50	50	50	50	50	50	0	50	0	0	50	0	0
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.23.- Porcentajes de regulación para cielo despejado.



SEPTIEMBRE	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7	ZONA 8	ZONA 9	ZONA 10	ZONA 11	ZONA 12	ZONA 13
nº luminarias	32	36	20	28	28	32	28	28	28	26	32	44	60
NOCHE	65	60	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	85
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	0	60
9	40	40	50	50	50	40	40	40	40	40	40	0	0
10	40	40	50	50	50	40	40	40	40	40	40	0	0
11	20	0	20	20	20	0	0	0	0	0	20	0	0
12	0	0	20	20	20	0	0	0	0	0	20	0	0
13	20	0	20	20	20	0	0	0	0	0	20	0	0
14	20	0	20	20	20	0	0	0	0	0	20	0	0
15	20	0	20	20	20	0	0	0	0	0	20	0	0
16	20	0	20	20	20	0	0	0	0	0	20	0	0
17	20	20	30	30	30	0	0	0	0	0	20	0	0
18	20	20	30	30	30	0	0	0	0	0	20	0	0
19	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	0	0
20	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	0	60
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.24.- Porcentajes de regulación para cielo nublado.

● OCTUBRE

OCTUBRE	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7	ZONA 8	ZONA 9	ZONA 10	ZONA 11	ZONA 12	ZONA 13
nº luminarias	32	36	20	28	28	32	28	28	28	26	32	44	60
NOCHE	65	60	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	85
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	40	35	40	50	40	40	0	40	0	0	40	0	0
10	20	0	0	20	20	0	0	0	0	0	20	0	0
11	20	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0
12	20	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0
13	20	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0
14	20	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0
15	20	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0
16	20	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0
17	20	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0
18	20	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0
19	30	30	50	50	50	30	0	0	30	0	30	0	0
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.25.- Porcentajes de regulación para cielo despejado.

OCTUBRE	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7	ZONA 8	ZONA 9	ZONA 10	ZONA 11	ZONA 12	ZONA 13
nº luminarias	32	36	20	28	28	32	28	28	28	26	32	44	60
NOCHE	65	60	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	85
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	0	60
10	40	40	60	60	60	40	40	40	40	40	40	0	0
11	40	20	60	60	60	40	40	40	40	40	40	0	0
12	40	20	60	60	60	40	40	40	40	40	40	0	0
13	40	20	60	60	60	40	40	40	40	40	40	0	0
14	40	20	60	60	60	40	40	40	40	40	40	0	0
15	40	20	60	60	60	40	40	40	40	40	40	0	0
16	40	20	60	60	60	40	40	40	40	40	40	0	0
17	40	20	60	60	60	40	40	40	40	40	40	0	0
18	40	40	60	60	60	40	40	40	40	40	40	0	0
19	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	0	60
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.26.- Porcentajes de regulación para cielo nublado.

• NOVIEMBRE

NOVIEMBRE	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7	ZONA 8	ZONA 9	ZONA 10	ZONA 11	ZONA 12	ZONA 13
nº luminarias	32	36	20	28	28	32	28	28	28	26	32	44	60
NOCHE	65	60	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	85
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	40	35	40	60	40	40	0	40	40	0	40	0	0
10	20	0	0	20	20	0	0	20	0	0	20	0	0
11	20	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0
12	20	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0
13	20	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0
14	20	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0
15	20	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0
16	20	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0
17	35	0	35	35	35	0	0	0	0	0	20	0	0
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.27.- Porcentajes de regulación para cielo despejado.

NOVIEMBRE	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7	ZONA 8	ZONA 9	ZONA 10	ZONA 11	ZONA 12	ZONA 13
nº luminarias	32	36	20	28	28	32	28	28	28	26	32	44	60
NOCHE	65	60	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	85
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	60	60	70	70	70	70	70	70	70	65	70	0	60
10	40	40	60	60	60	40	40	40	40	40	40	0	35
11	40	20	60	60	60	40	40	40	40	40	40	0	35
12	40	20	60	60	60	40	40	40	40	40	40	0	0
13	40	20	60	60	60	40	40	40	40	40	40	0	0
14	40	20	60	60	60	40	40	40	40	40	40	0	0
15	40	20	60	60	60	40	40	40	40	40	40	0	0
16	40	20	60	60	60	40	40	40	40	40	40	0	0
17	50	50	60	60	60	50	50	50	50	50	50	0	30
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.28.- Porcentajes de regulación para cielo nublado.

• DICIEMBRE

DICIEMBRE	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7	ZONA 8	ZONA 9	ZONA 10	ZONA 11	ZONA 12	ZONA 13
nº luminarias	32	36	20	28	28	32	28	28	28	26	32	44	60
NOCHE	65	60	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	85
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	45	45	45	60	45	45	45	45	45	45	45	0	0
10	20	0	0	20	20	20	0	20	0	0	20	0	0
11	20	0	0	20	20	0	0	0	0	0	20	0	0
12	20	0	0	20	20	0	0	0	0	0	20	0	0
13	20	0	0	20	20	0	0	0	0	0	20	0	0
14	20	0	0	20	20	0	0	0	0	0	20	0	0
15	20	0	0	20	20	0	0	0	0	0	20	0	0
16	20	0	0	20	20	0	0	0	0	0	20	0	0
17	45	45	50	50	50	0	0	0	0	0	20	0	0
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.29.- Porcentajes de regulación para cielo despejado.



DICIEMBRE	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7	ZONA 8	ZONA 9	ZONA 10	ZONA 11	ZONA 12	ZONA 13
nº luminarias	32	36	20	28	28	32	28	28	28	26	32	44	60
NOCHE	65	60	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	85
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	60	60	70	70	70	70	70	70	70	65	70	0	60
10	40	40	60	60	60	40	40	40	40	40	40	0	35
11	40	35	60	60	60	40	40	40	40	40	40	0	35
12	40	35	60	60	60	40	40	40	40	40	40	0	0
13	40	35	60	60	60	40	40	40	40	40	40	0	0
14	40	35	60	60	60	40	40	40	40	40	40	0	0
15	40	35	60	60	60	40	40	40	40	40	40	0	0
16	40	35	60	60	60	40	40	40	40	40	40	0	0
17	50	50	60	60	60	50	50	50	50	50	50	0	30
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.30.- Porcentajes de regulación para cielo nublado.

4.2.3. Valores de eficiencia energética de la instalación

Una vez se ha dispuesto la regulación de los grupos de control propuestos, a continuación se presentan los valores de la eficiencia energética de la instalación para cada tipo de cielo estudiado (tablas 4.31 a 4.33). La fórmula para su cálculo es:

$$VEEI = \frac{100 * P}{S * E_m}$$

La superficie que se iluminara es de 13.350 m², y la potencia a instalar de 16.458 W.

Al igual que antes, en las horas en las que no hay luz natural se aplicarán las condiciones de noche.



	ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL	
	cielo despejado	cielo nublado	cielo despejado	cielo nublado	cielo despejado	cielo nublado	cielo despejado	cielo nublado
7	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	0,360	0,445	0,516	0,419
9	0,639	0,785	0,250	0,326	0,074	0,174	0,085	0,161
10	0,142	0,233	0,067	0,162	0,032	0,110	0,032	0,108
11	0,056	0,145	0,038	0,112	0,022	0,085	0,019	0,079
12	0,036	0,115	0,028	0,093	0,017	0,073	0,015	0,066
13	0,031	0,104	0,023	0,079	0,016	0,068	0,015	0,059
14	0,031	0,106	0,026	0,084	0,019	0,070	0,019	0,063
15	0,038	0,126	0,028	0,094	0,021	0,077	0,022	0,066
16	0,057	0,148	0,033	0,109	0,030	0,086	0,026	0,067
17	0,137	0,236	0,058	0,154	0,034	0,129	0,032	0,070
18	0,681	0,913	0,201	0,293	0,144	0,182	0,078	0,093
19	-	-	-	-	0,414	0,541	0,108	0,128
20	-	-	-	-	-	-	0,148	0,247
21	-	-	-	-	-	-	-	-
NOCHE	2,326		2,326		2,326		2,326	

Tabla 4.31.- Resultado de los valores de eficiencia energética de la instalación Enero-Abril.

	MAYO		JUNIO		JULIO		AGOSTO	
	cielo despejado	cielo nublado	cielo despejado	cielo nublado	cielo despejado	cielo nublado	cielo despejado	cielo nublado
7	0,372	-	0,666	-	0,371	-	-	-
8	0,166	0,252	0,119	0,217	0,161	0,251	0,353	0,443
9	0,047	0,130	0,056	0,125	0,046	0,131	0,072	0,170
10	0,029	0,089	0,025	0,088	0,026	0,089	0,030	0,105
11	0,018	0,071	0,017	0,063	0,017	0,063	0,019	0,081
12	0,014	0,059	0,014	0,059	0,013	0,059	0,015	0,066
13	0,013	0,047	0,013	0,045	0,013	0,047	0,014	0,055
14	0,014	0,053	0,013	0,055	0,013	0,053	0,015	0,057
15	0,014	0,056	0,014	0,056	0,014	0,056	0,017	0,061
16	0,015	0,059	0,016	0,059	0,015	0,059	0,019	0,063
17	0,015	0,063	0,017	0,063	0,016	0,060	0,020	0,068
18	0,020	0,082	0,018	0,078	0,017	0,063	0,021	0,079
19	0,038	0,105	0,051	0,099	0,035	0,095	0,034	0,115
20	0,070	0,169	0,063	0,145	0,066	0,143	0,084	0,171
21	0,367	-	0,192	0,311	0,200	0,301	0,541	0,717
NOCHE	2,326		2,326		2,326		2,326	

Tabla 4.32.- Resultado de los valores de eficiencia energética de la instalación Mayo-Agosto.

	SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE	
	cielo despejado	cielo nublado	cielo despejado	cielo nublado	cielo despejado	cielo nublado	cielo despejado	cielo nublado
7	-	-	-	-	-	-	-	-
8	0,345	0,434	-	-	-	-	-	-
9	0,144	0,242	0,371	0,265	0,218	0,299	0,491	0,598
10	0,050	0,144	0,081	0,179	0,067	0,188	0,125	0,226
11	0,027	0,126	0,034	0,129	0,042	0,141	0,058	0,146
12	0,018	0,074	0,023	0,090	0,028	0,101	0,038	0,121
13	0,016	0,067	0,021	0,091	0,026	0,099	0,031	0,105
14	0,017	0,072	0,024	0,100	0,031	0,106	0,031	0,107
15	0,018	0,076	0,027	0,103	0,038	0,117	0,042	0,146
16	0,019	0,077	0,031	0,105	0,079	0,128	0,093	0,194
17	0,020	0,082	0,033	0,110	0,180	0,280	0,269	0,366
18	0,035	0,132	0,066	0,164	-	-	-	-
19	0,067	0,171	0,272	0,370	-	-	-	-
20	0,336	0,455	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-
NOCHE	2,326		2,326		2,326		2,326	

Tabla 4.33.- Resultado de los valores de eficiencia energética de la instalación Septiembre-Diciembre.

4.2.4. Consumos de energía

A continuación, se muestra el cálculo de la energía consumida tanto para la situación inicial como para la situación propuesta. Para este análisis, se consideran que todas las lámparas se encuentran encendidas, ya que de esta manera se podrán comparar los diferentes escenarios bajo las mismas condiciones. Por esta razón, junto a la diferencia de potencia respecto a la tecnología LED, se apreciarán grandes diferencias en el consumo energético. La diferencia de potencia entre las dos tecnologías se muestra en la tabla 4.34.

LUMINARIA	POTENCIA (W)
CFL	2x58
LED (ATLANTICS Policarbonato Opal)	39

Tabla 4.34.- Potencias diferente tecnología de iluminación.

Seguidamente, se presentan las tablas con el consumo que supone cada tecnología:

- Situación inicial con lámparas CFL: al permanecer encendidas su consumo no dependerá del aporte de luz natural, por lo que no varía en función del tipo de cielo (tabla 4.35).

Nº total de luminarias	400
Potencia total (W)	46.400
Horas de funcionamiento	24
Energía diaria consumida (kWh)	1.113,2

Tabla 4.35.- Resumen consumo situación inicial.

- Situación propuesta con lámparas LED y control continuo: se estudia en este caso para los 2 tipos de cielo considerados (despejado y nublado) (tablas 4.36 a 4.39).

DESPEJADO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
7	-	-	-	-	7.441,2	6.201,0	4.056,0	-	-	-	-	-
8	-	-	3.907,8	2.995,2	2.402,4	2.043,6	1.170,0	3.900,0	6.201,0	-	-	-
9	6.314,1	3.954,6	1.185,6	1.185,6	936,0	717,6	499,2	717,6	1.310,4	3.720,6	4.266,6	5.744,7
10	2.059,2	717,6	717,6	717,6	499,2	499,2	499,2	499,2	499,2	936,0	1.154,4	1.404,0
11	1.591,2	717,6	717,6	717,6	499,2	499,2	499,2	499,2	499,2	717,6	717,6	936,0
12	717,6	717,6	717,6	717,6	499,2	499,2	499,2	499,2	499,2	717,6	717,6	936,0
13	717,6	717,6	717,6	717,6	499,2	499,2	499,2	499,2	499,2	717,6	717,6	936,0
14	717,6	717,6	717,6	717,6	499,2	499,2	499,2	499,2	499,2	717,6	717,6	936,0
15	717,6	717,6	717,6	717,6	499,2	499,2	499,2	499,2	499,2	717,6	717,6	936,0
16	717,6	717,6	717,6	717,6	499,2	499,2	499,2	499,2	499,2	717,6	717,6	936,0
17	2.449,2	1.981,2	717,6	717,6	499,2	499,2	499,2	499,2	499,2	717,6	1.723,8	2.925,0
18	8.470,8	2.714,4	717,6	717,6	499,2	499,2	499,2	499,2	499,2	717,6	-	-
19	-	-	4.282,2	1.185,6	499,2	499,2	499,2	499,2	717,6	3.354,0	-	-
20	-	-	-	1.341,6	499,2	499,2	499,2	499,2	4.602,0	-	-	-
21	-	-	-	-	6.201,0	1.388,4	1.638,0	4.960,8	-	-	-	-
TOTAL	24.473	13.673	15.834	13.166	22.472	15.842	12.854	15.070	17.324	13.751	11.450	15.690

Tabla 4.36.- Potencia consumida en W para cielo despejado a lo largo de un año.

A estas potencias, en las que se tiene solo en cuenta las horas con aporte de luz natural, se debe sumar el consumo nocturno. Este consumo será el mismo para todos los meses del año, siendo la potencia consumida nocturna:

Potencia por hora noche = 11.668,8 W.



DESPEJADO	Horas de noche	Energía total día (Wh)	Energía total noche (Wh)	Energía diaria consumida (kWh)
ENERO	14	163.363,20	24.472,50	187,84
FEBRERO	14	163.363,20	13.673,40	177,04
MARZO	12	140.025,60	15.834,00	155,86
ABRIL	11	128.356,80	13.166,40	141,52
MAYO	9	105.019,20	22.471,80	127,49
JUNIO	9	105.019,20	15.841,80	120,86
JULIO	9	105.019,20	12.854,40	117,87
AGOSTO	10	116.688,00	15.069,60	131,76
SEPTIEMBRE	11	128.356,80	17.323,80	145,68
OCTUBRE	13	151.694,40	13.751,40	165,45
NOVIEMBRE	15	175.032,00	11.450,40	186,48
DICEMBRE	15	175.032,00	15.689,70	190,72

Tabla 4.37.- Consumo energético diario para cielo despejado a lo largo de un año.

A continuación se muestra la información referente a la situación de cielo nublado:

NUBLADO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	9.441,9	9.441,9	8.845,2	8.845,2	8.845,2	8.845,2	8.845,2	-	-	-
9	9.718,8	9.718,8	6.134,7	5.105,1	4.621,5	4.403,1	4.340,7	4.976,4	5.257,2	8.845,2	9.769,5	9.769,5
10	6.302,4	6.134,7	6.134,7	5.105,1	3.120,0	2.901,6	2.901,6	3.447,6	5.257,2	5.553,6	6.372,6	6.372,6
11	6.302,4	6.134,7	3.010,8	2.121,6	1.684,8	1.092,0	1.092,0	1.092,0	1.092,0	5.272,8	6.091,8	6.302,4
12	5.483,4	5.253,3	3.010,8	2.121,6	1.684,8	1.092,0	1.092,0	1.092,0	1.092,0	5.272,8	5.272,8	5.483,4
13	5.483,4	5.253,3	3.010,8	2.121,6	1.684,8	1.092,0	1.092,0	1.092,0	1.092,0	5.272,8	5.272,8	5.483,4
14	5.483,4	5.253,3	3.010,8	2.121,6	1.684,8	1.092,0	1.092,0	1.092,0	1.092,0	5.272,8	5.272,8	5.483,4
15	5.483,4	5.253,3	3.010,8	2.121,6	1.684,8	1.092,0	1.092,0	1.092,0	1.092,0	5.272,8	5.272,8	5.483,4
16	5.483,4	5.253,3	3.010,8	2.121,6	1.684,8	1.092,0	1.092,0	1.092,0	1.092,0	5.272,8	5.272,8	5.483,4
17	5.483,4	5.253,3	3.010,8	2.121,6	1.684,8	1.092,0	1.092,0	1.092,0	1.669,2	5.272,8	7.199,4	7.199,4
18	8.845,2	8.845,2	6.134,7	2.121,6	1.684,8	1.092,0	1.092,0	1.092,0	1.669,2	5.553,6	-	-
19	-	-	8.845,2	3.993,6	2.652,0	2.355,6	2.355,6	2.355,6	5.580,9	8.845,2	-	-
20	-	-	-	8.845,2	8.845,2	2.355,6	2.355,6	3.806,4	8.845,2	-	-	-
21	-	-	-	-	-	8.845,2	8.845,2	8.845,2	-	-	-	-
TOTAL	64.069	62.353	57.767	49.464	41.562	38.442	38.380	41.012	43.676	65.707	55.797	57.061

Tabla 4.38.- Potencia consumida en W para cielo nublado a lo largo de un año.

Como en la situación anterior, la potencia de las horas nocturnas es igual para todos los meses (11.668,8 W).

NUBLADO	Horas de noche	Energía total día (Wh)	Energía total noche (Wh)	Energía diaria consumida (kWh)
ENERO	14	163.363,20	64.069,20	227,43
FEBRERO	14	163.363,20	62.353,20	225,72
MARZO	12	140.025,60	57.766,80	197,79
ABRIL	11	128.356,80	49.463,70	177,82
MAYO	11	128.356,80	41.562,30	169,92
JUNIO	10	116.688,00	38.442,30	155,13
JULIO	10	116.688,00	38.379,90	155,07
AGOSTO	10	116.688,00	41.012,40	157,70
SEPTIEMBRE	11	128.356,80	43.676,10	172,03
OCTUBRE	13	151.694,40	65.707,20	217,40
NOVIEMBRE	15	175.032,00	55.797,30	230,83
DICIEMBRE	15	175.032,00	57.060,90	232,09

Tabla 4.39.- Consumo energético diario para cielo nublado a lo largo de un año.

Para poder visualizar de mejor modo estos datos, seguidamente se expone en las tablas 4.40 y 4.41, y figuras 4.6 a 4.8, una comparación, para ambos tipos de cielo, de los consumos de la instalación antes y después de implantar el nuevo sistema de control, de modo que se pueda obtener el ahorro energético que se produce tras la sustitución de sistema de alumbrado.

DESPEJADO	Consumo inicial (kWh)	Consumo regulación (kWh)	Ahorro total (kWh)	Ahorro %
ENERO	1.113,6	187,8	925,8	83,13
FEBRERO	1.113,6	177,0	936,6	84,10
MARZO	1.113,6	155,9	957,7	86,00
ABRIL	1.113,6	141,5	972,1	87,29
MAYO	1.113,6	127,5	986,1	88,55
JUNIO	1.113,6	120,9	992,7	89,15
JULIO	1.113,6	117,9	995,7	89,42
AGOSTO	1.113,6	131,8	981,8	88,17
SEPTIEMBRE	1.113,6	145,7	967,9	86,92
OCTUBRE	1.113,6	165,4	948,2	85,14
NOVIEMBRE	1.113,6	186,5	927,1	83,25
DICIEMBRE	1.113,6	190,7	922,9	82,87

Tabla 4.40.- Ahorro energético diario con el cambio a LED para cielo despejado.

NUBLADO	Consumo inicial (kWh)	Consumo regulación (kWh)	Ahorro total (kWh)	Ahorro %
ENERO	1.113,6	227,4	886,2	79,58
FEBRERO	1.113,6	225,7	887,9	79,73
MARZO	1.113,6	197,8	915,8	82,24
ABRIL	1.113,6	177,8	935,8	84,03
MAYO	1.113,6	169,9	943,7	84,74
JUNIO	1.113,6	155,1	958,5	86,07
JULIO	1.113,6	155,1	958,5	86,08
AGOSTO	1.113,6	157,7	955,9	85,84
SEPTIEMBRE	1.113,6	172,0	941,6	84,55
OCTUBRE	1.113,6	217,4	896,2	80,48
NOVIEMBRE	1.113,6	230,8	882,8	79,27
DICIEMBRE	1.113,6	232,1	881,5	79,16

Tabla 4.41.- Ahorro energético diario con el cambio a LED para cielo nublado.

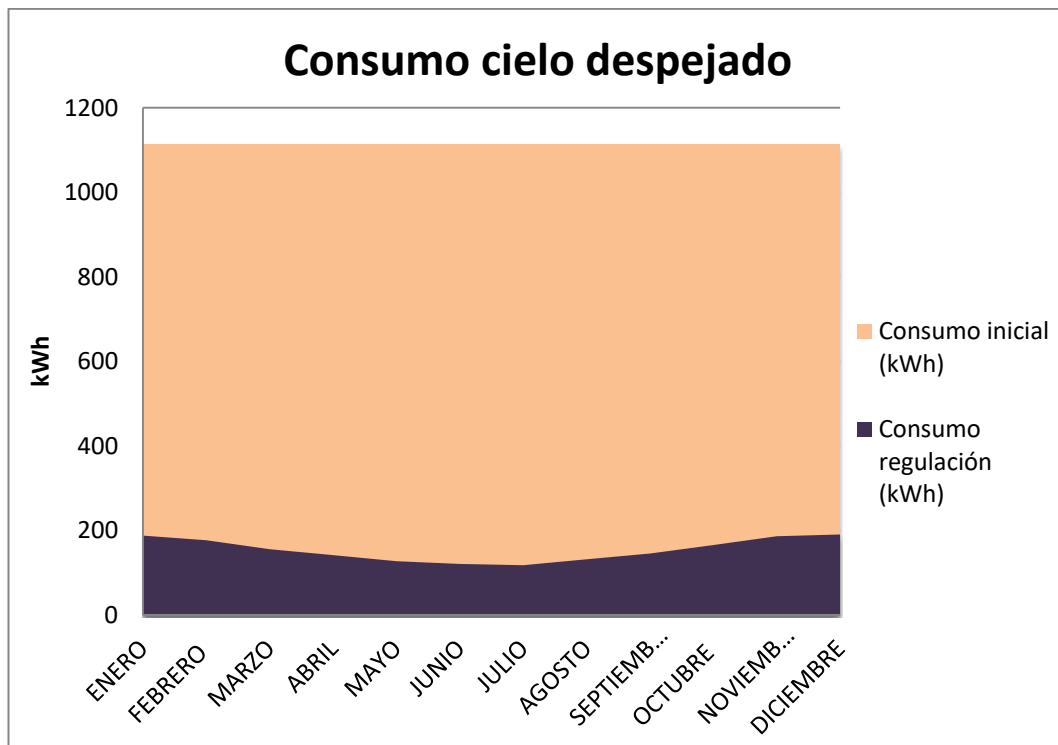


Fig. 4.6.- Comparación consumo antes y después para cielo despejado.

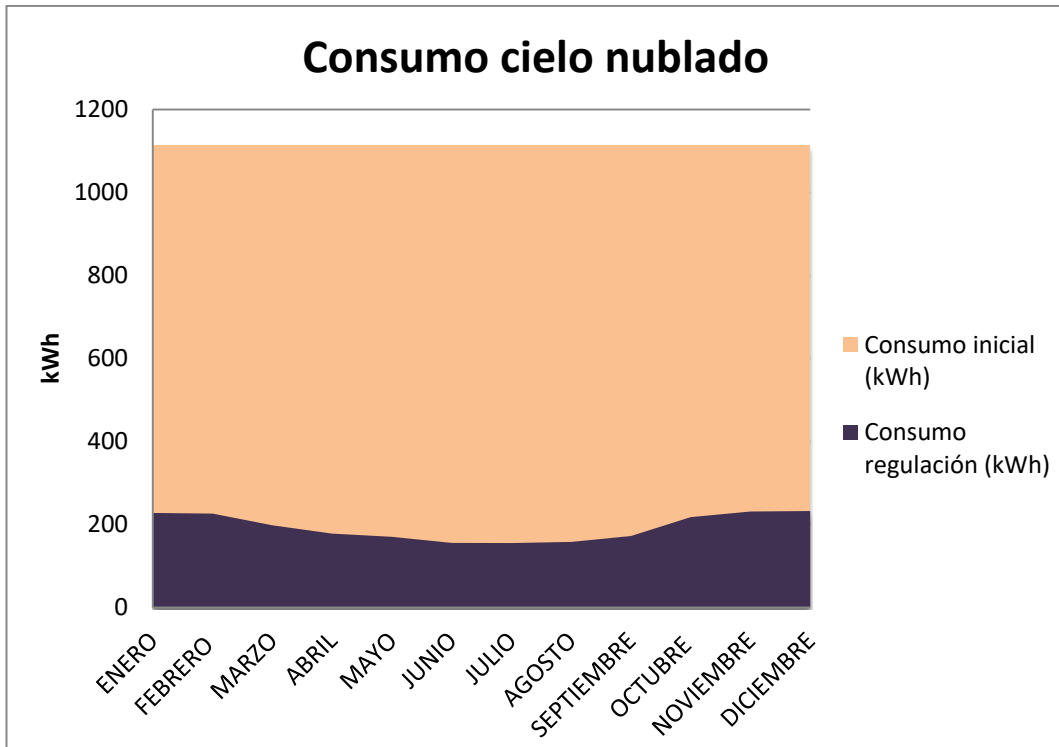


Fig. 4.7.- Comparación consumo antes y después para cielo nublado.

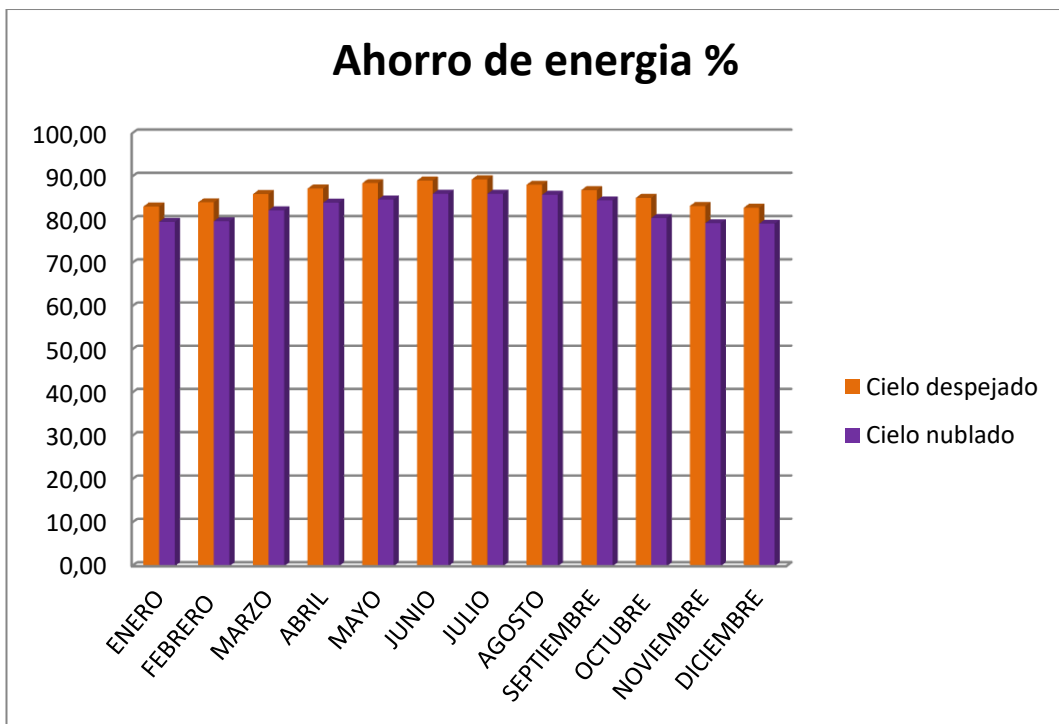


Fig. 4.8.- Ahorro energético mensual.

Si se atiende a la media de ahorros a lo largo del año, se encuentra que el ahorro producido por el cambio de tecnología y la regulación, estará comprendido entre un 79,16 % en el caso menos favorable (cielo nublado) y un 89,42 % en el caso más favorable (cielo despejado).

Finalmente, se recoge en la tabla 4.42 el consumo de energía anual que se originará en el parking.

	Ahorro diario (kWh)		Días	Ahorro mensual (kWh)	
	Cielo despejado	Cielo nublado		Cielo despejado	Cielo nublado
ENERO	925,76	886,17	31	28.698,69	27.471,20
FEBRERO	936,56	887,88	28	26.223,78	24.860,74
MARZO	957,74	915,81	31	29.689,95	28.390,04
ABRIL	972,08	935,78	30	29.162,30	28.073,39
MAYO	986,11	943,68	31	30.569,38	29.254,11
JUNIO	992,74	958,47	30	29.782,17	28.754,09
JULIO	995,73	958,53	31	30.867,52	29.714,50
AGOSTO	981,84	955,90	31	30.437,11	29.632,89
SEPTIEMBRE	967,92	941,57	30	29.037,58	28.247,01
OCTUBRE	948,15	896,20	31	29.392,78	27.782,15
NOVIEMBRE	927,12	882,77	30	27.813,53	26.483,12
DICIEMBRE	922,88	881,51	31	28.609,23	27.326,72
TOTAL ANUAL (kWh)				350.284,02	335.989,94

Tabla 4.42. Ahorro energético anual.

Capítulo 5.

ESTUDIO ECONÓMICO

5.1. Costes asociados

Para calcular la inversión necesaria para la realización de este proyecto, se deben tener en cuenta tanto los costes del material y equipos instalados, como los de mano de obra.

- Costes de material. Son los costes relacionados con todos los equipos instalados, tanto de iluminación como de control, así como la licencia de software necesaria para llevar a cabo la regulación de iluminación (tabla 5.1).

MATERIAL	COSTE UNITARIO (€)	UNIDADES	COSTE TOTAL (€)
LED (ATLANTICS Policarbonato Opal)	94	422	39.668
Controlador DALI	1.152	4	4.608
Sensores de luminosidad	111	48	5.328
Detectores de presencia	89	26	2.314
Antenas	222	46	10.212
Botonera	423	2	846
HUB QP3-1PL-100-240	4.600	1	4.600
Bus QS 4 hilos (150 m)	319	8	2.552
Fuente de alimentación	312	6	1.872
Cable 1x1,5mm para bus DALI (200m)	46	12	552
Licencia SW	950	1	950
TOTAL			73.502,00

Tabla 5.1.- Costes de material.

- Coste de mano de obra.
 - Coste de mano de obra del personal encargado de realizar la instalación. Esta actividad será realizada por el personal interno del HURH. Para los cálculos se ha considerado un equipo de 4 personas en el periodo de un mes (160 horas) a un coste de 11€/h, lo que da un total de 7040 € (tabla 5.2), si bien este punto dependerá de la organización interna del hospital. Este coste se ha considerado como coste de oportunidad, debido a la imposibilidad del personal del hospital de realizar sus tareas habituales mientras realizan la instalación.

- Coste de programación y puesta en marcha. La puesta en marcha inicial deberá ser llevada a cabo por personal externo, en este caso Lledó.
- Costes de formación del personal del HURH. Junto con la programación inicial se llevará a cabo una sesión de formación del personal interno del hospital a cargo del mismo proveedor, para asegurar la autonomía de los trabajadores en su utilización y la realización del mantenimiento en el futuro. El coste de programación y formación viene dado por la oferta del proveedor (tabla 5.2)

NOMBRE	COSTE TOTAL (€)
Costes de instalación	7.040
Costes de programación	1.350
Costes de formación software	1.920
TOTAL	10.310

Tabla 5.2.- Costes de mano de obra.

En total los costes fijos de la instalación del sistema para esta estancia ascienden a **83.812€**.

5.2. Valor actual neto (VAN)

El Valor Actualizado Neto (VAN) es un método de valoración de inversiones que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. Para ello, trae todos los flujos de caja al momento presente descontándolos a un tipo de interés determinado. El VAN va a expresar una medida de rentabilidad del proyecto en términos absolutos netos, es decir, en nº de unidades monetarias (euros).

El VAN sirve para generar dos tipos de decisiones: en primer lugar, ver si las inversiones son efectuales y en segundo lugar, ver qué inversión es mejor que otra en términos absolutos. Los criterios de decisión van a ser los siguientes:

- VAN > 0: el valor actualizado de los cobros y pagos futuros de la inversión, a la tasa de descuento elegida generará beneficios.

- VAN = 0: el proyecto de inversión no generará ni beneficios ni pérdidas, siendo su realización, en principio, indiferente.
- VAN < 0: el proyecto de inversión generará pérdidas, por lo que deberá ser rechazado.

Analíticamente el VAN se expresa como la diferencia entre la inversión inicial (que no se actualiza ya que se genera en el momento actual) y el valor actualizado, al mismo momento, de los cobros y pagos futuros, a los que se denomina flujos de caja:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=0}^n \frac{Q_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{Q_1}{(1+k)} + \frac{Q_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{Q_n}{(1+k)^n}$$

Donde:

- I_0 es la inversión inicial
- k es la tasa de actualización
- t es el número de periodos considerados
- Q_t son los flujos de caja en el periodo t

Como inversión inicial se han tenido en cuenta los costes calculados en el apartado anterior para la instalación y puesta en funcionamiento del sistema.

La tasa de actualización o coste de capital (k), se actualizará conforme al IPC (Índice de precios de consumo). Dado que este es un valor variable, se tomará la media de los últimos 15 años en Valladolid según los datos facilitados por el Instituto Nacional de Estadística, con lo que el dato resultante es 2,02%.

Los flujos de caja se obtienen a partir de los ingresos y gastos generados para cada periodo. En este caso están formados por dos partidas:

- Ahorro económico debido al cambio de iluminación a LED con control adaptativo. Se calcula a partir del ahorro económico anual estimado, y tomando como precio de la energía 0,1324 €/kWh (media del año anterior).
- Gastos de mantenimiento periódicos de las luminarias. Dado que las luminarias tienen una vida útil de aproximadamente 50.000 horas, y teniendo en cuenta las horas diarias de funcionamiento de las mismas, se estima que será necesario realizar un cambio de luminarias aproximadamente cada 9-10 años.

El VAN se ha calculado a 10 años, teniendo en cuenta que la vida útil de la instalación será muy superior a este periodo. Los cálculos se han realizado tanto para cielo nublado como para cielo despejado, pero solo se muestran los datos de cielo nublado, ya que es el caso más desfavorable y será el mejor indicador de la rentabilidad del proyecto.

AÑO	AHORRO(€)	COSTE (€)	Qi (€)	Qi/(1+k) ⁱ (€)	VAN (€)
0		83.812,00	-83.812,00	-83.812,00	-83.812,00
1	44.485,07	0,00	44.485,07	43.604,26	-40.207,74
2	44.485,07	0,00	44.485,07	42.740,90	2.533,16
3	44.485,07	0,00	44.485,07	41.894,62	44.427,78
4	44.485,07	0,00	44.485,07	41.065,11	85.492,89
5	44.485,07	0,00	44.485,07	40.252,02	125.744,91
6	44.485,07	0,00	44.485,07	39.455,03	165.199,94
7	44.485,07	0,00	44.485,07	38.673,82	203.873,76
8	44.485,07	0,00	44.485,07	37.908,07	241.781,83
9	44.485,07	39.668,00	4.817,07	4.023,60	245.805,43
10	44.485,07	0,00	44.485,07	36.421,77	282.227,20

Tabla 5.3.- VAN cielo nublado.

Como se puede ver en la tabla 5.3, el VAN es positivo aun en el caso más desfavorable, lo que indica que el proyecto es rentable. A continuación se puede ver la evolución de los flujos de caja y VAN en el tiempo (fig. 5.1).

$$VAN_{10}(k=2,02\%) = 282.277,20 \text{ €} > 0$$

Por tanto la instalación de un sistema de iluminación LED con regulación adaptativa puede suponer un ahorro mínimo de 282.277,20 € incluyendo el precio de la energía y los costes de mantenimiento asociados al sistema.

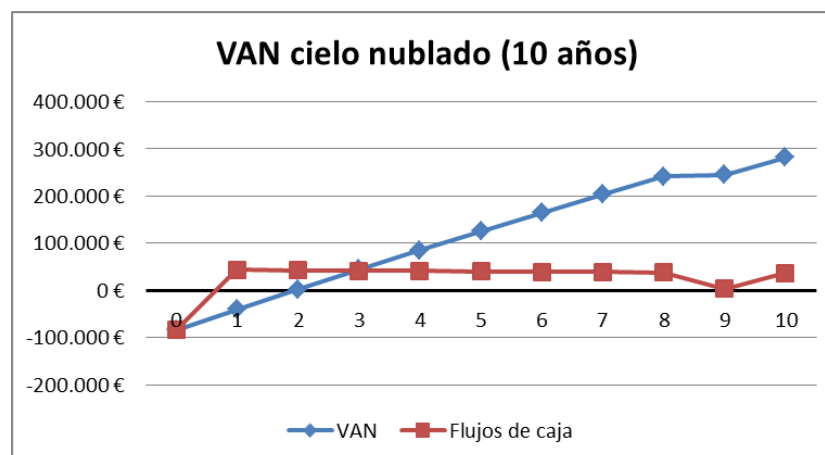


Fig. 5.1.- VAN cielo nublado.

A modo informativo también se muestran los resultados para el caso de cielo despejado (tabla 5.4 y fig. 5.2).

AÑO	AHORRO(€)	COSTE (€)	Qi (€)	Qi/(1+k) ⁱ (€)	VAN (€)
0		83.812,00	-83.812,00	-83.812,00	-83.812,00
1	46.377,60	0,00	46.377,60	45.459,33	-38.352,67
2	46.377,60	0,00	46.377,60	44.559,23	6.206,56
3	46.377,60	0,00	46.377,60	43.676,96	49.883,51
4	46.377,60	0,00	46.377,60	42.812,15	92.695,66
5	46.377,60	0,00	46.377,60	41.964,47	134.660,13
6	46.377,60	0,00	46.377,60	41.133,57	175.793,70
7	46.377,60	0,00	46.377,60	40.319,12	216.112,82
8	46.377,60	0,00	46.377,60	39.520,80	255.633,63
9	46.377,60	39.668,00	6.709,60	5.604,40	261.238,03
10	46.377,60	0,00	46.377,60	37.971,27	299.209,30

Tabla 5.4.- VAN cielo despejado.

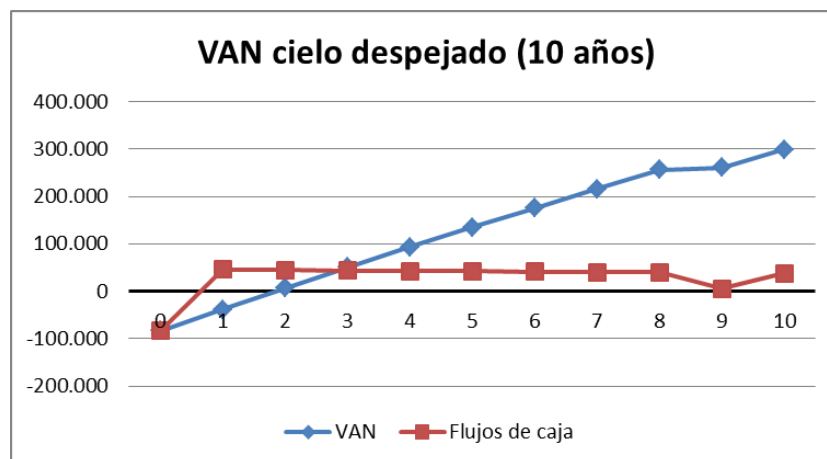


Fig. 5.2.- VAN cielo despejado.

5.3. Pay-back descontado (PB*)

El plazo de recuperación descontado o pay-back descontado es un método de evaluación de inversiones que determina el momento en que se recupera el dinero de una inversión, teniendo en cuenta los efectos del paso del tiempo en el dinero. Se trata de ir restando a la inversión inicial los flujos de caja descontados hasta que se recupera la inversión y ese año será el pay-back descontado.

Analíticamente se calcula de la siguiente manera:

$$I_0 = \sum_{t=0}^{PB^*} \frac{Q_t}{(1+k)^t}$$

Donde:

- I_0 es la inversión inicial
- k es la tasa de actualización
- t es el número de periodos considerados
- Q_t son los flujos de caja en el periodo t
- PB^* es el plazo de recuperación descontado de la inversión

El valor del pay-back también se puede obtener a través de las figuras del apartado anterior, observando el momento en el que se empiezan a producir beneficios, que, en este caso, tanto para cielo despejado como para nublado, se produce a los 2 años.

$$PB^* = 2 \text{ años}$$

5.4. Tasa interna de retorno (TIR)

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es la rentabilidad que ofrece una inversión: a mayor TIR, mayor rentabilidad. También se define como el valor de la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero, para un proyecto de inversión dado. La tasa interna de retorno (TIR) da una medida relativa de la rentabilidad, es decir, va a venir expresada en tanto por ciento.

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=0}^n \frac{Q_t}{(1+TIR)^t} = 0$$

El criterio de selección será el siguiente, donde “ k ” es la tasa de descuento de flujos elegida para el cálculo del VAN:

- Si $TIR > k$, el proyecto de inversión será aceptado. En este caso, la tasa de rendimiento interno que se obtiene es superior a la tasa mínima de rentabilidad exigida a la inversión.
- Si $TIR < k$, el proyecto debe rechazarse. No se alcanza la rentabilidad mínima que se le pide a la inversión.

A continuación, en la tabla 5.5, se muestran las iteraciones con el cálculo del VAN que se han hecho para encontrar el TIR. Como antes, se ha tomado el caso más desfavorable.

TIR	0%	5%	15%	30%	60%
AÑO	VAN (€)	VAN (€)	VAN (€)	VAN (€)	VAN (€)
0	-83.812,00	-83.812,00	-83.812,00	-83.812,00	-83.812,00
1	-39.326,93	-41.445,27	-45.129,33	-49.592,72	-56.008,83
2	5.158,14	-1.096,00	-11.492,23	-23.270,19	-38.631,85
3	49.643,21	37.331,88	17.757,43	-3.022,09	-27.771,24
4	94.128,27	73.929,85	43.191,91	12.553,36	-20.983,36
5	138.613,34	108.785,07	65.308,85	24.534,49	-16.740,93
6	183.098,41	141.980,51	84.540,97	33.750,74	-14.089,41
7	227.583,48	173.595,22	101.264,56	40.840,16	-12.432,22
8	272.068,55	203.704,46	115.806,80	46.293,56	-11.396,47
9	276.885,62	206.809,59	117.176,12	46.747,81	-11.326,37
10	321.370,68	234.119,56	128.172,14	49.974,67	-10.921,78

Tabla 5.5.- TIR cielo nublado.

A continuación, en la figura 5.3, se muestran los valores del VAN en función de k a los 2, 3, 4, 5 y 10 años. Se busca el punto de corte donde el VAN se hace cero.

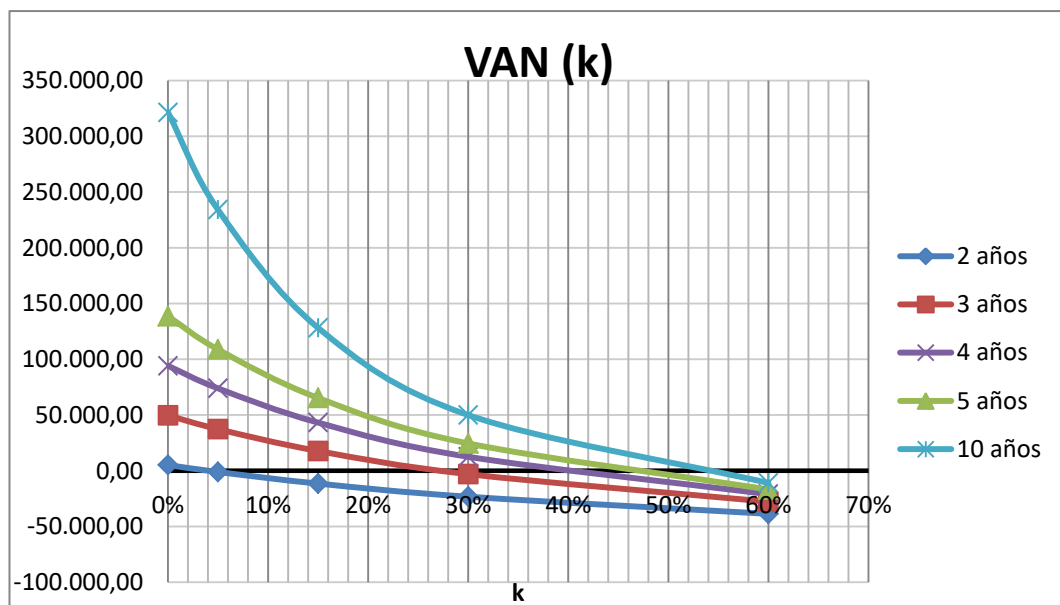


Fig. 5.3.- TIR

Para la duración mínima supuesta de la instalación (10 años), el TIR es 51,68%, un valor claramente superior al IPC, por lo que el proyecto resulta extremadamente rentable.

TIR=51,68%

Como puede observarse en la figura 5.3, a partir del segundo año el TIR es 4.08%, un valor superior al IPC, lo que demuestra, como se había visto anteriormente al calcular el pay-back, que la instalación es rentable a partir de este momento. La evolución del TIR se observa en la tabla 5.6:

2 años	3 años	4 años	5 años	10 años
4,08%	27,42%	38,76%	44,71%	51,68%

Tabla 5.6.- Evolución del TIR.

A simple vista, se observa que a partir del segundo año la rentabilidad se dispara, lo que pone de manifiesto que el ahorro energético conseguido es muy elevado.

Capítulo 6.

CONCLUSIONES

La simulación de los diferentes escenarios se ha realizado con un software de simulación libre del Instituto Alemán de Luminotecnia, Dialux utilizando los datos estadísticos proporcionados por el centro de datos científicos atmosféricos de la NASA.

La estrategia de control se ha implementado mediante el protocolo DALI (Digital Addressable Lighting Interface).

De todo el análisis realizado para el desarrollo de este trabajo, se han podido extraer una serie de conclusiones que se exponen a continuación:

Desde el punto de vista energético, se ha demostrado que el cambio a tecnología LED supone un gran ahorro en el consumo final de la instalación.

En primer lugar debido al menor gasto energético de esta tecnología, ya que la potencia instalada pasará de 46.400W a 16.458W, lo que se traduce en una reducción de un 65%.

En segundo lugar, debido a la posibilidad de realizar un control adaptativo de la iluminación LED, ya que con la tecnología CFL existente no era posible. Así, se ha conseguido aprovechar de manera notable la luz natural presente en el parking, consiguiendo un ahorro del consumo medio anual de un 84,37%, con un ahorro mínimo de 79,16% y un máximo de 89,42%, según las condiciones meteorológicas.

Esto tiene como consecuencia un ahorro anual de 343.136,98 kWh (pasando de 406.646kWh a 63.327,02 kWh), que se traduce en un ahorro económico de 45.431 € cada año de vida útil de la instalación.

Desde un punto de vista de inversión, a pesar de que el desembolso inicial es elevado (83.812 €), los grandes ahorros económicos anuales hacen que la inversión sea muy rentable, con un pay-back de únicamente 2 años, y una tasa interna de retorno (TIR) a 10 años de 51,68%. A partir del segundo año, en el que se recupera la inversión, la tasa de retorno se dispara, ofreciendo una rentabilidad cada vez mayor.

Posibles áreas de mejora y líneas futuras

En relación a los nuevos equipos que se deben instalar, el estudio se ha realizado partiendo de cero, pero es posible que el número de equipos que se deban adquirir sea menor, debido a que el HURH ya ha trabajado con este proveedor anteriormente y posee algunos de estos equipos aplicados a otras áreas, y por tanto exista la posibilidad de hacer sinergias.



Además, en el futuro existirá la posibilidad de mejorar la distribución y regulación de los grupos de control, gracias a la recogida y análisis de los datos proporcionados por el nuevo sistema de control. Tras un periodo de

BIBLIOGRAFÍA

- Bibliografía básica

- [1] Guía técnica: Aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios (2005)
< www.idae.es > [Consulta: 10 de febrero de 2018]
- [2] Guía de ahorro energético en garajes y aparcamientos (2007)
< www.fenercom.com > [Consulta: 10 de febrero de 2018]
- [3] Guía de Gestión Energética en el Alumbrado Público (2012)
< www.fenercom.com > [Consulta: 10 de febrero de 2018]
- [4] Guía sobre tecnología LED en el alumbrado (2015)
< www.fenercom.com > [Consulta: 10 de febrero de 2018]
- [5] Morato Arribas, S. Mejora de la eficiencia energética e implementación de un control adaptativo del sistema de iluminación de pasillos de consultas del HURH. Valladolid: Universidad de Valladolid; 2015.
- [6] Curso MOOC de Eficiencia energética en instalaciones de iluminación. Módulo 1.2 – Lámparas: tipos y características
<<http://ocw.uji.es/curso/825701>> [Consulta: 28 de enero de 2018]

- Normativa

- [7] Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión (REBT). Revisión vigente desde 30 de junio de 2015.
- [8] Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, que desarrolla el Código Técnico de la Edificación (CTE). Revisión vigente desde 24 Junio 2017.
- [9] 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.
- [10] Decreto 217/2001, de 30 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento de Accesibilidad y Supresión de Barreras (CyL).

- [11] UNE-EN 12464-1:2012 - Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 1: Lugares de trabajo en interiores.
- [12] UNE-EN 15193:2008 Eficiencia energética de los edificios. Requisitos energéticos para la iluminación.
- [13] UNE-EN-ISO 9001:2015 Sistema de Gestión de la Calidad
- [14] UNE-EN 60598-1:2015 Luminarias. Parte 1: Requisitos generales y ensayos.
- [15] UNE-EN 60598-2-2:2012 Luminarias. Parte 2-2: Requisitos particulares. Luminarias empotradas.
- [16] UNE-EN 60598-2-3:2003 Luminarias. Parte 2-3: Requisitos particulares. Luminarias para alumbrado público.
- Páginas web
- [17] Hospital Universitario Río Hortega, SACYL. <<http://www.saludcastillayleon.es/HRHortega/es>> [Consulta: 5 de febrero de 2018]
- [18] Surface meteorology and Solar Energy. A renewable energy resource web site, Paul W. Stackhouse, Jr., Ph.D. <<https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>> [Consulta: 18 de Marzo de 2018]
- [19] Serbausan energía y medioambiente – apartado de Eficiencia energética. <<http://www.serbausan.es/Eficiencia1.html>> [Consulta: 2 de Abril de 2018]
- [20] Lledó iluminación. Soluciones de iluminación. <<https://lledogrup.com/luminaria-industrial-led-atlantics/>> [Consulta: 10 de Abril de 2018]
- [21] Gesternova energía. <<https://gesternova.com/todo-sobre-las-tarifas-de-alta-tension-de-6-periodos-6-x/>> [Consulta: 25 de Febrero de 2018]
- [22] Lámpara Directa. <<https://www.lamparadirecta.es/osram-l-58w-865-lumilux-150cm-luz-de-dia>> [Consulta: 28 de Enero de 2018]

[23] Instituto Nacional de Estadística.
<<http://www.ine.es/jaxiT3/Tabla.htm?t=22355&L=0>> [Consulta: 15
de Junio de 2018]

- Software

[24] Software, DIALUX 4.13.

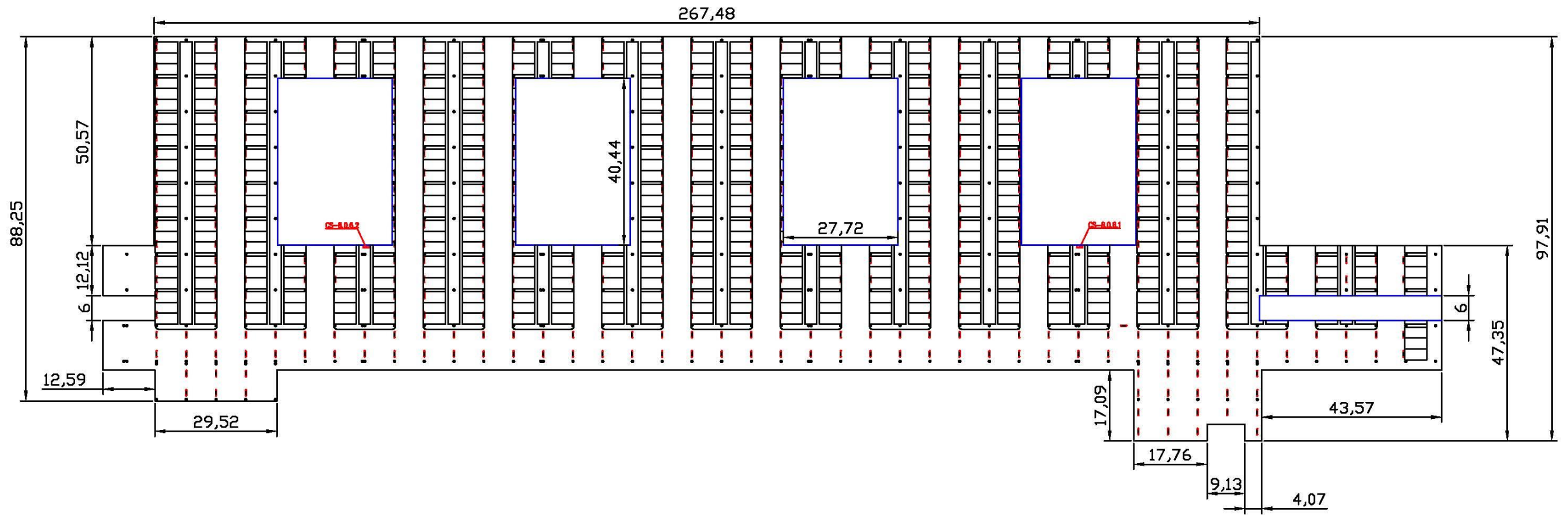
ANEXOS



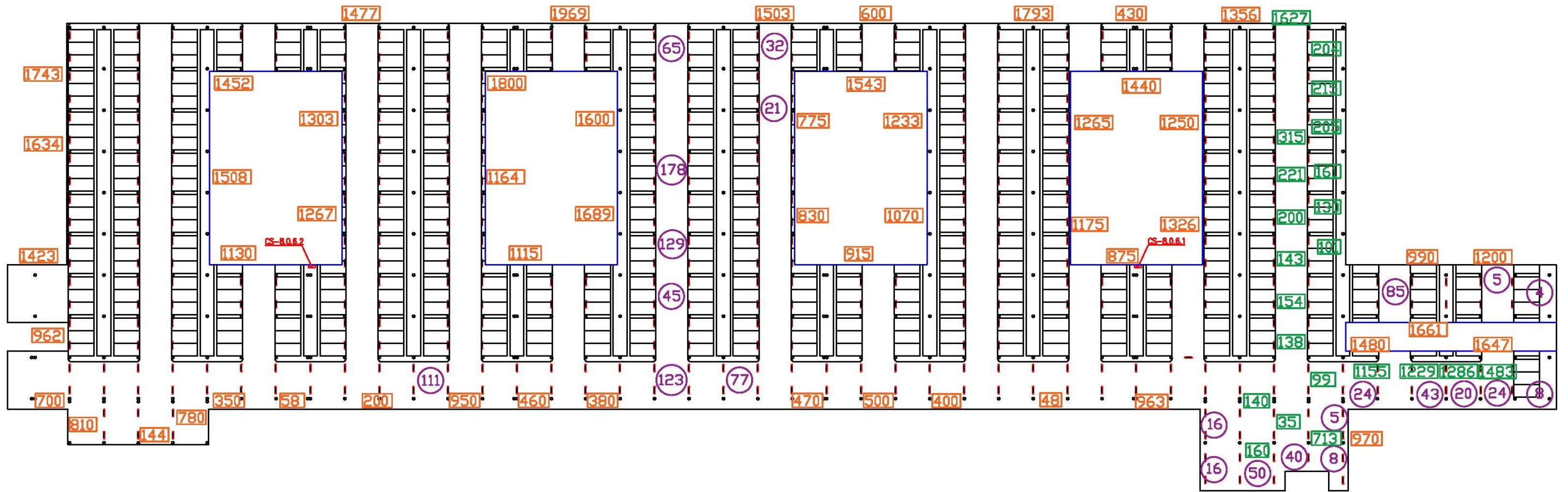
ANEXO 1 - PLANOS

Se adjuntan 4 planos del parking que corresponden a:

1. Distribución de luminarias en planta
2. Mediciones de campo
3. Grupos de control
4. Equipos de control

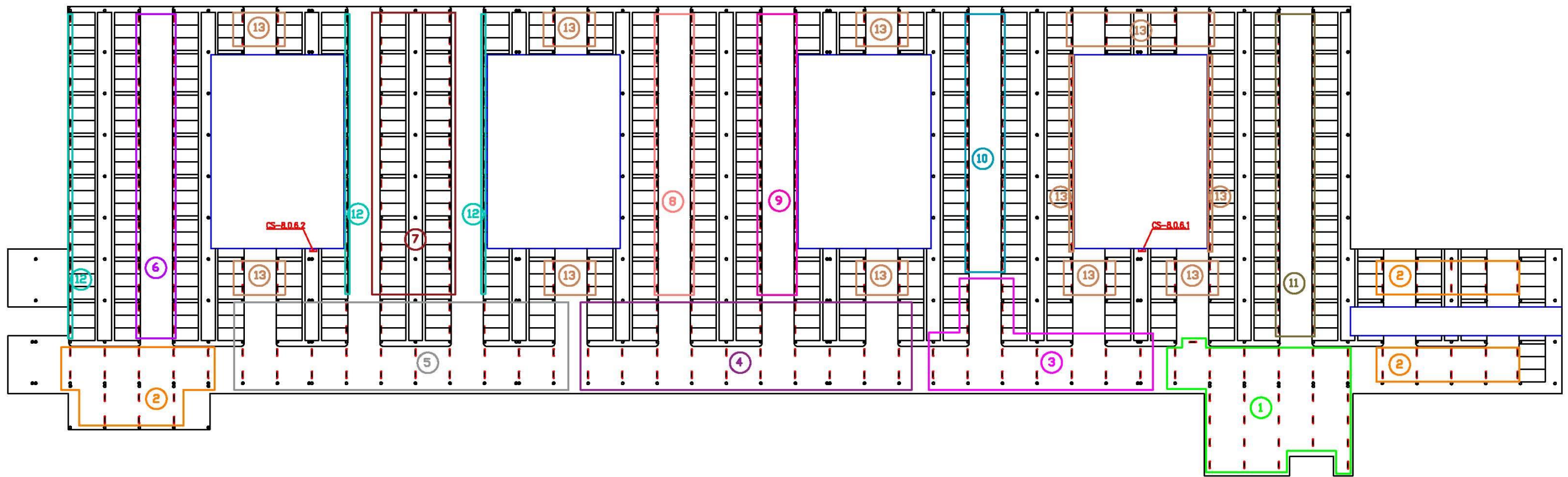


UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES		
TITULO PROYECTO ANALISIS Y MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGETICA DEL SISTEMA DE ILUMINACION DE UN APARCAMIENTO INTERIOR DE UN CENTRO SANITARIO		
DISTRIBUCION DE LUMINARIAS EN PLANTA		
TITULAR DEP. INGENIERIA ELECTRICA MANUEL MURDZ CANO	FECHA JULIO 2018	Nº DE PLANO 1
TITULAR HOSPITAL UNIVERSITARIO RIO HORTEGA	ESCALA S/E	FIRMA DEL AUTOR EDUARDO ALVAREZ MEDIAVILLA

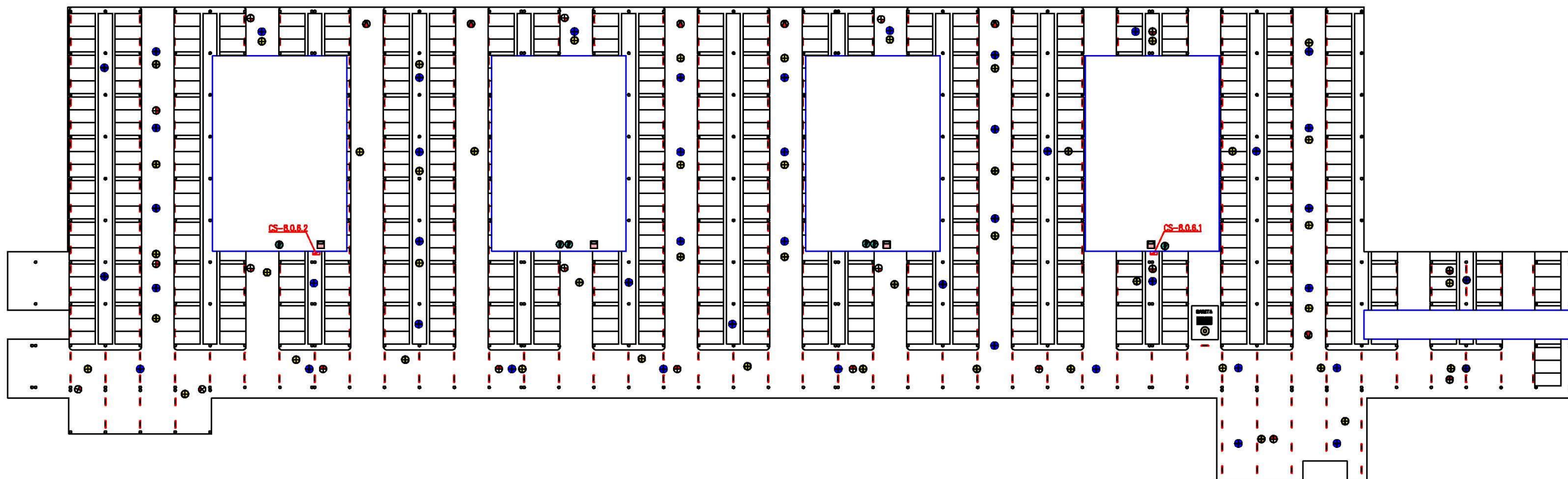


LEYENDA	
NOCTURNO	(X)
DESPEJADO	XXX
NUBLADO	XXX

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES		
TITULO PROYECTO: ANALISIS Y MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGETICA DEL SISTEMA DE ILUMINACION DE UN APARCAMIENTO INTERIOR DE UN CENTRO SANITARIO		
MEDICIONES DE CAMPO		
TITULAR DEP. INGENIERIA ELECTRICA MANUEL MUÑOZ CANDI	FECHA: JULIO 2018	Nº DE PLANO 2
TITULAR: HOSPITAL UNIVERSITARIO RIO HORTEGA	ESCALA: S/E	FIRMA DEL AUTOR EDUARDO ALVAREZ MEDIAVILLA



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES		
<small>TITULO PROYECTO</small> ANALISIS Y MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGETICA DEL SISTEMA DE ILUMINACION DE UN APARCAMIENTO INTERIOR DE UN CENTRO SANITARIO		
GRUPOS DE CONTROL		
<small>TITULAR DEP. INGENIERIA ELECTRICA</small> MANUEL MUNOZ CANDO	<small>FECHA</small> JULIO 2018	<small>NO DE PLANO</small> 3
<small>TITULAR</small> HOSPITAL UNIVERSITARIO RIO HORTEGA	<small>ESCALA</small> S/E	<small>FORMA DEL AUTOR</small> EDUARDO ALVAREZ MEDIAVILLA



LEYENDA

ANTENA RECEPTORA	
SONDA DE ILUMINACION	
SONDA DE PRESENCIA 90°	
SONDA DE PRESENCIA 180°	
SONDA DE PRESENCIA 4°	
BOTONERA	
CONTROLADOR DALI	
FUENTE DE ALIMENTACION	
PROCESADOR HUB	

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES		
<small>TITULO PROYECTO</small> ANALISIS Y MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGETICA DEL SISTEMA DE ILUMINACION DE UN APARCAMIENTO INTERIOR DE UN CENTRO SANITARIO		
<small>EQUIPOS DE CONTROL</small>		
<small>TITULAR DEP. INGENIERIA ELECTRICA</small>	<small>FECHA</small>	<small>Nº DE PLANO</small>
MANUEL MUNOZ CANO	JULIO 2018	4
<small>TITULAR</small>	<small>ESCALA</small>	<small>FIRMA DEL AUTOR</small>
HOSPITAL UNIVERSITARIO RIO HORTEGA	S/E	EDUARDO ALVAREZ MEDIAVILLA



ANEXO 2 – EJEMPLO DE SIMULACIONES

En las siguientes páginas se muestra parte de la información obtenida en algunas simulaciones con el programa informático Dialux 4.13. Se incluye un ejemplo de simulación del parking completo para horario nocturno, y otros dos de ambas partes del parking, uno para cielo despejado y otro para cielo nublado.

Proyecto 1

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

Fecha: 19.03.2018
Proyecto elaborado por: Eduardo Álvarez



Proyecto elaborado por Eduardo Álvarez

Teléfono

Fax

e-Mail

Índice

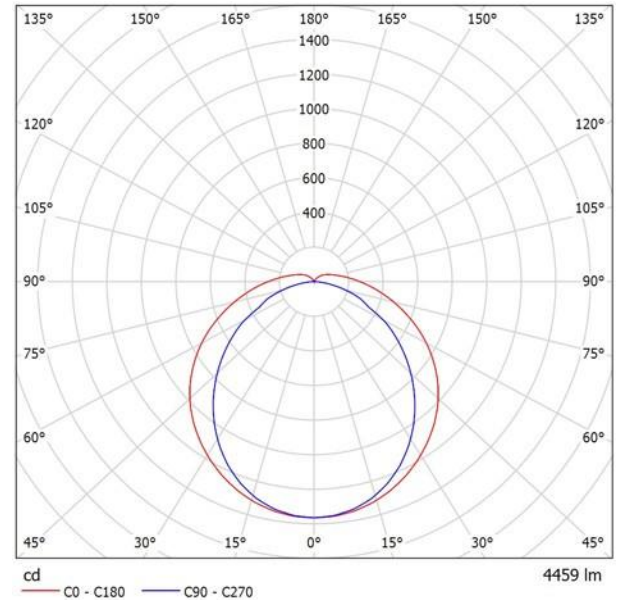
Proyecto 1

Portada del proyecto	1
Índice	2
Lista de luminarias	3
LLEDO 855A0398402LV ATLANTICS IP66 Policarbonato Opal 39W 4.000K DALI	
Hoja de datos de luminarias	4
Parking Nivel 0	
Lista de luminarias	5
Grupos de control	
Grupo de control 60	
Datos de planificación	6
Grupo de control 65	
Datos de planificación	8
Grupo de control 70	
Datos de planificación	11
Grupo de control 85	
Datos de planificación	21
Escenas de luz	
Escena de luz LED	
Datos de planificación	24
Resumen	25
Resultados luminotécnicos	26
Rendering (procesado) en 3D	27
Rendering (procesado) de colores falsos	28
Superficies del local	
Suelo	
Isolíneas (E)	29
Gama de grises (E)	30
Gráfico de valores (E)	31
Tabla (E)	32
Isolíneas (L)	115
Gráfico de valores (L)	116
Tabla (L)	117

Proyecto elaborado por Eduardo Álvarez
Teléfono
Fax
e-Mail

LLEDO 855A0398402LV ATLANTICS IP66 Policarbonato Opal 39W 4.000K DALI / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 93
Código CIE Flux: 44 74 92 93 100

Cuerpo de la luminaria.

- Cuerpo principal fabricado en policarbonato reforzado resistente a los esfuerzos mecánicos.
- Sistema de fijación del componente óptico mediante pestillos de acero inoxidable para un ajuste preciso entre el cuerpo principal y difusor.
- La conexión eléctrica se realiza accediendo a la clema interior mediante prensaestopa
- Montaje: adosado a techo mediante kit de flejes de acero inox. incluidos en suministro. Ver accesorios para otros tipos de instalación.
- Tensión de alimentación: 220-240 V/ 50-60 Hz.
- Factor de potencia corregido $\phi > 0,9$.
- Versión con KIT de emergencia 3h para refuerzo al alumbrado de emergencia general.

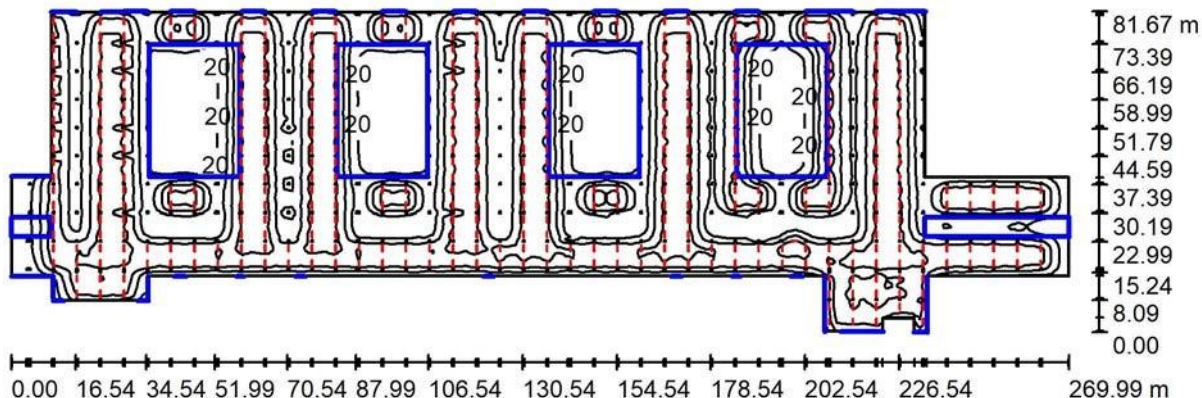
Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR												
p Techo	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	30	30
p Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	30	30
p Suelo	20	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	19.1	20.3	19.5	20.7	21.1	18.4	19.7	18.8	20.0	20.4	20.4
	3H	20.8	22.0	21.2	22.4	22.8	19.6	20.8	20.1	21.2	21.6	21.6
	4H	21.6	22.7	22.1	23.2	23.6	20.2	21.3	20.6	21.7	22.1	22.1
	6H	22.4	23.4	22.9	23.9	24.3	20.5	21.5	21.0	22.0	22.4	22.4
4H	2H	19.6	20.7	20.0	21.1	21.5	19.0	20.1	19.5	20.5	21.0	21.0
	3H	21.5	22.5	22.0	22.9	23.4	20.5	21.5	21.0	21.9	22.4	22.4
	4H	22.5	23.3	23.0	23.8	24.3	21.2	22.0	21.7	22.5	23.0	23.0
	6H	23.4	24.2	23.9	24.7	25.2	21.7	22.4	22.2	22.9	23.5	23.5
8H	2H	23.9	24.5	24.4	25.1	25.6	21.8	22.5	22.3	23.0	23.6	23.6
	3H	24.3	24.9	24.8	25.4	26.0	21.9	22.5	22.4	23.1	23.6	23.6
	4H	22.7	23.4	23.3	23.9	24.5	21.6	22.3	22.1	22.8	23.3	23.3
	6H	23.8	24.4	24.4	24.9	25.5	22.2	22.8	22.8	23.3	23.9	23.9
12H	2H	24.4	24.9	25.0	25.4	26.1	22.5	23.0	23.1	23.5	24.2	24.2
	3H	24.9	25.4	25.5	26.0	26.6	22.6	23.1	23.2	23.7	24.3	24.3
	4H	22.7	23.4	23.3	23.9	24.5	21.6	22.3	22.2	22.8	23.4	23.4
	6H	23.9	24.4	24.5	24.9	25.6	22.4	22.9	22.9	23.4	24.0	24.0
8H	2H	24.5	24.9	25.1	25.5	26.1	22.7	23.1	23.3	23.7	24.3	24.3
	3H	24.5	24.9	25.1	25.5	26.1	22.7	23.1	23.3	23.7	24.3	24.3
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 / -0.2					+0.3 / -0.4						
S = 2.0H	+0.3 / -0.4					+0.5 / -0.9						
Tabla estándar	BK08					BK05						
Sumando de corrección	8.1					5.2						
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 4459lm Flujo luminoso total												



Proyecto elaborado por Eduardo Álvarez
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

Parking Nivel 0 / Escena de luz LED / Resumen



Altura del local: 3.850 m, Altura de montaje: 3.850 m, Factor mantenimiento: 0.75

Valores en Lux, Escala 1:1931

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	53	3.78	103	0.071
Suelo	27	53	4.87	102	0.092
Techo	27	19	3.48	169	0.181
Paredes (25)	12	32	0.76	371	/

Plano útil:

Altura: 0.000 m
 Trama: 128 x 128 Puntos
 Zona marginal: 0.200 m

Lista de piezas - Luminarias

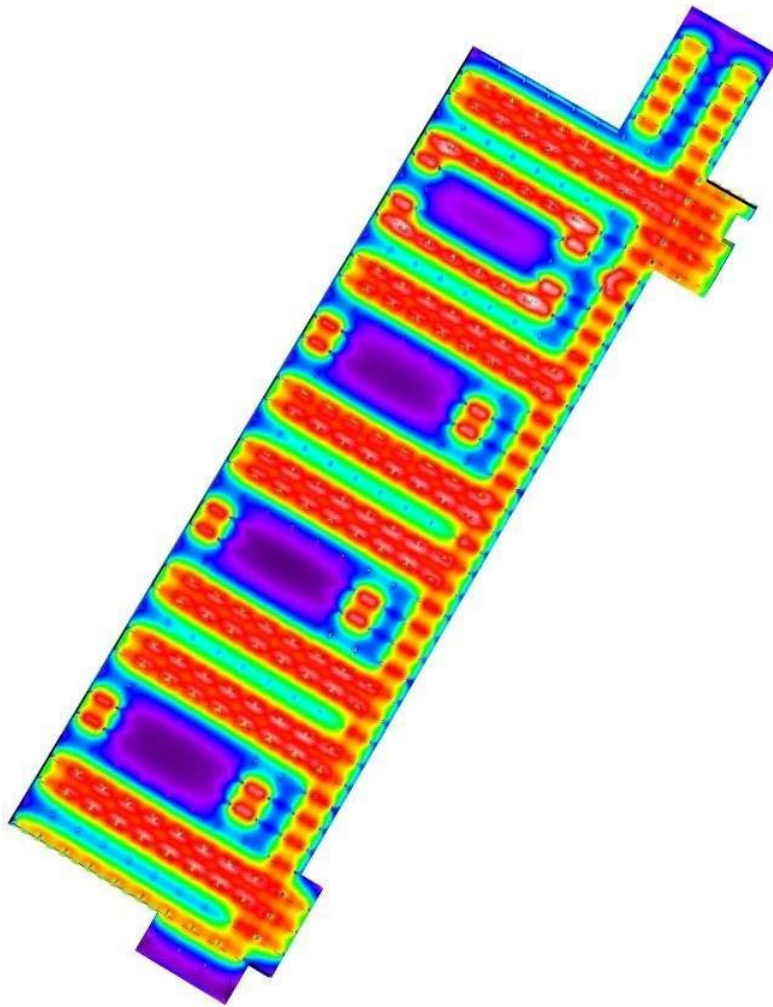
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	422	LLEDO 855A0398402LV ATLANTICS IP66 Polycarbonato Opal 39W 4.000K DALI (1.000)	4459	4459	39.0
Total:			1881698	1881698	16458.0

Valor de eficiencia energética: $0.99 \text{ W/m}^2 = 1.85 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 16706.71 m²)



Proyecto elaborado por Eduardo Álvarez
Teléfono
Fax
e-Mail

Parking Nivel 0 / Escena de luz LED / Rendering (procesado) de colores falsos



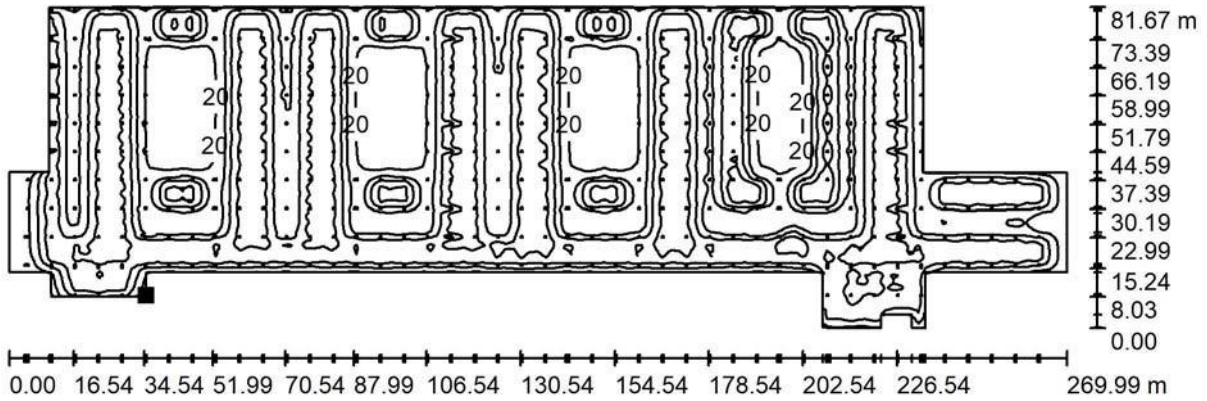
0 10 20 35 45 60 70 85 100

lx



Proyecto elaborado por Eduardo Álvarez
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

Parking Nivel 0 / Escena de luz LED / Suelo / Isolíneas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 1931

Situación de la superficie en el local:
 Punto marcado:
 (34.993 m, -6.045 m, 0.000 m)



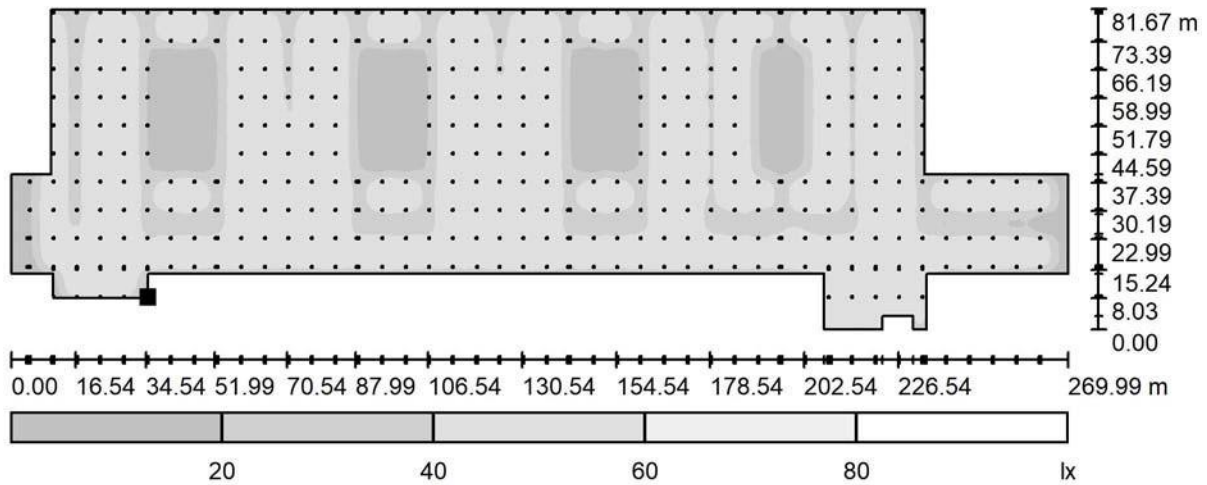
Trama: 128 x 128 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
53	4.87	102	0.092	0.048



Proyecto elaborado por Eduardo Álvarez
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

Parking Nivel 0 / Escena de luz LED / Suelo / Gama de grises (E)



Escala 1 : 1931

Situación de la superficie en el local:
 Punto marcado:
 (34.993 m, -6.045 m, 0.000 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
53	4.87	102	0.092	0.048



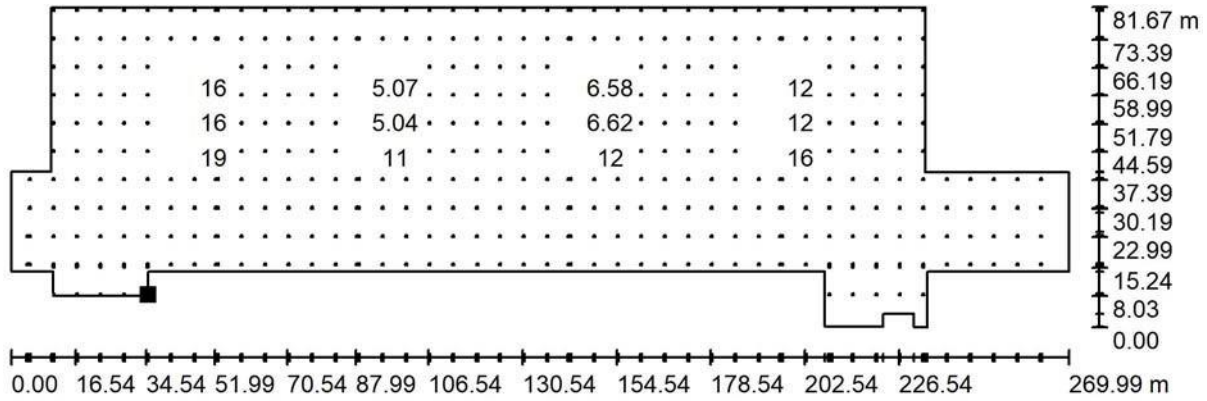
Proyecto elaborado por Eduardo Álvarez

Teléfono

Fax

E-Mail

Parking Nivel 0 / Escena de luz LED / Suelo / Gráfico de valores (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 1931

No pudieron representarse todos los valores calculados.

Situación de la superficie en el local:

Punto marcado:

(34.993 m, -6.045 m, 0.000 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
53	4.87	102	0.092	0.048

Proyecto 1



DIALux

19.03.2018

Proyecto 1

Proyecto elaborado por Eduardo Álvarez

Teléfono

Fax

e-Mail

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

Fecha: 23.06.2018

Proyecto elaborado por: Eduardo Álvarez



Proyecto elaborado por Eduardo Álvarez
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

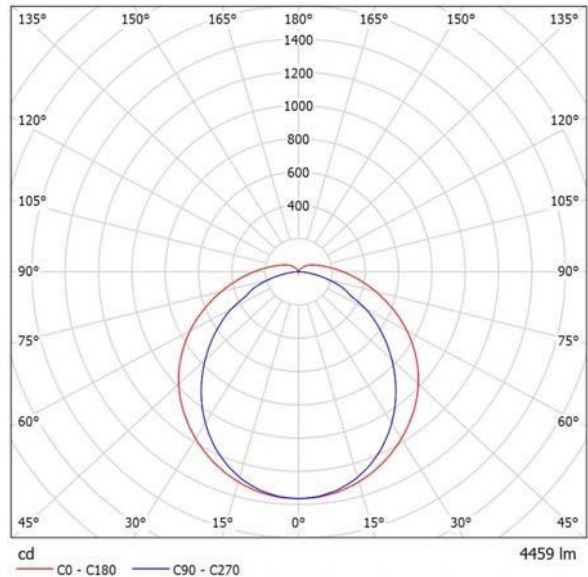
Índice

Proyecto 1	
Portada del proyecto	1
Índice	2
Lista de luminarias	3
LLEDO 855A0398402LV ATLANTICS IP66 Policarbonato Opal 39W 4.000K DALI	
Hoja de datos de luminarias	4
Parking Nivel 0	
Lista de luminarias	5
Grupos de control	
Grupo de control 50	
Datos de planificación	6
Escenas de luz	
Escena de luz LED	
Datos de planificación	10
Resumen	11
Resultados luminotécnicos	12
Rendering (procesado) en 3D	13
Rendering (procesado) de colores falsos	14
Superficies del local	
Suelo	
Isolíneas (E)	15
Gama de grises (E)	16
Gráfico de valores (E)	17
Tabla (E)	18
Isolíneas (L)	96
Gráfico de valores (L)	97
Tabla (L)	98

Proyecto elaborado por Eduardo Álvarez
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

LLEDO 855A0398402LV ATLANTICS IP66 Policarbonato Opal 39W 4.000K DALI / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz
1:



Clasificación luminarias según CIE: 93
 Código CIE Flux: 44 74 92 93 100

Cuerpo de la luminaria.

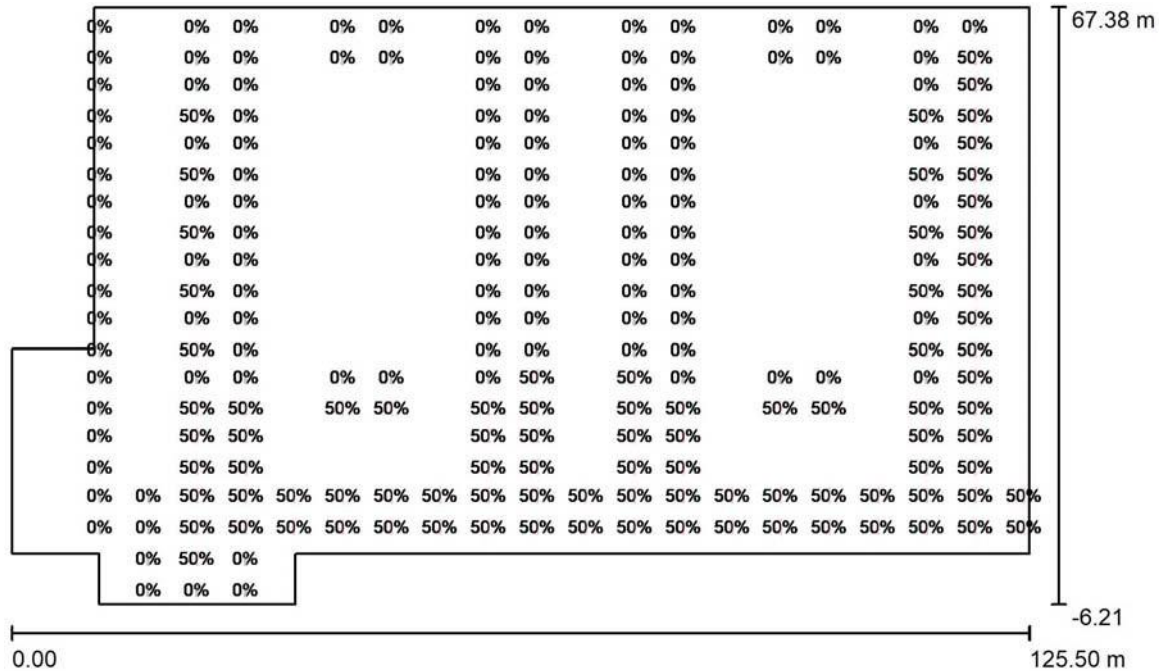
- Cuerpo principal fabricado en policarbonato reforzado resistente a los esfuerzos mecánicos.
- Sistema de fijación del componente óptico mediante pestillos de acero inoxidable para un ajuste preciso entre el cuerpo principal y difusor.
- La conexión eléctrica se realiza accediendo a la clema interior mediante prensaestopa
- Montaje: adosado a techo mediante kit de flejes de acero inox. incluidos en suministro. Ver accesorios para otros tipos de instalación.
- Tensión de alimentación: 220-240 V/ 50-60 Hz.
- Factor de potencia corregido $\phi > 0,9$.
- Versión con KIT de emergencia 3h para refuerzo al alumbrado de emergencia general.

Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR											
ρ Techo		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30
ρ Paredes		50	30	50	30	30	50	30	50	30	30
ρ 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	19.1	20.3	19.5	20.7	21.1	18.4	19.7	18.8	20.0	20.4
	3H	20.8	22.0	21.2	22.4	22.8	19.5	20.8	20.1	21.2	21.6
	4H	21.6	22.7	22.1	23.2	23.6	20.2	21.3	20.6	21.7	22.1
	6H	22.4	23.4	22.9	23.9	24.3	20.5	21.5	21.0	22.0	22.4
	8H	22.8	23.8	23.2	24.2	24.7	20.6	21.6	21.1	22.0	22.5
4H	2H	19.6	20.7	20.0	21.1	21.5	19.0	20.1	19.5	20.5	21.0
	3H	21.5	22.5	22.0	22.9	23.4	20.5	21.5	21.0	21.9	22.4
	4H	22.5	23.3	23.0	23.8	24.3	21.2	22.0	21.7	22.5	23.0
	6H	23.4	24.2	23.9	24.7	25.2	21.7	22.4	22.2	22.9	23.5
	8H	23.9	24.5	24.4	25.1	25.6	21.8	22.5	22.3	23.0	23.6
8H	2H	22.7	23.4	23.3	23.9	24.5	21.6	22.3	22.1	22.8	23.3
	3H	23.8	24.4	24.4	24.9	25.5	22.2	22.8	22.8	23.3	23.9
	4H	24.4	24.9	25.0	25.4	26.1	22.5	23.0	23.1	23.5	24.2
	6H	24.9	25.4	25.5	26.0	26.6	22.6	23.1	23.2	23.7	24.3
	8H	24.5	24.9	25.1	25.5	26.1	22.7	23.1	23.3	23.4	24.3
12H	4H	22.7	23.4	23.3	23.9	24.5	21.6	22.3	22.2	22.8	23.4
	6H	23.9	24.4	24.5	24.9	25.6	22.4	22.9	22.9	23.4	24.0
	8H	24.5	24.9	25.1	25.5	26.1	22.7	23.1	23.3	23.7	24.3
	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 / -0.2					+0.3 / -0.4					
S = 2.0H	+0.3 / -0.4					+0.5 / -0.9					
Tabla estándar	BK08					BK05					
Sumando de corrección	8.1					5.2					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 4459lm Flujo luminoso total											

Proyecto elaborado por Eduardo Álvarez
Teléfono
Fax
e-Mail

Parking Nivel 0 / Escena de luz LED / Datos de planificación



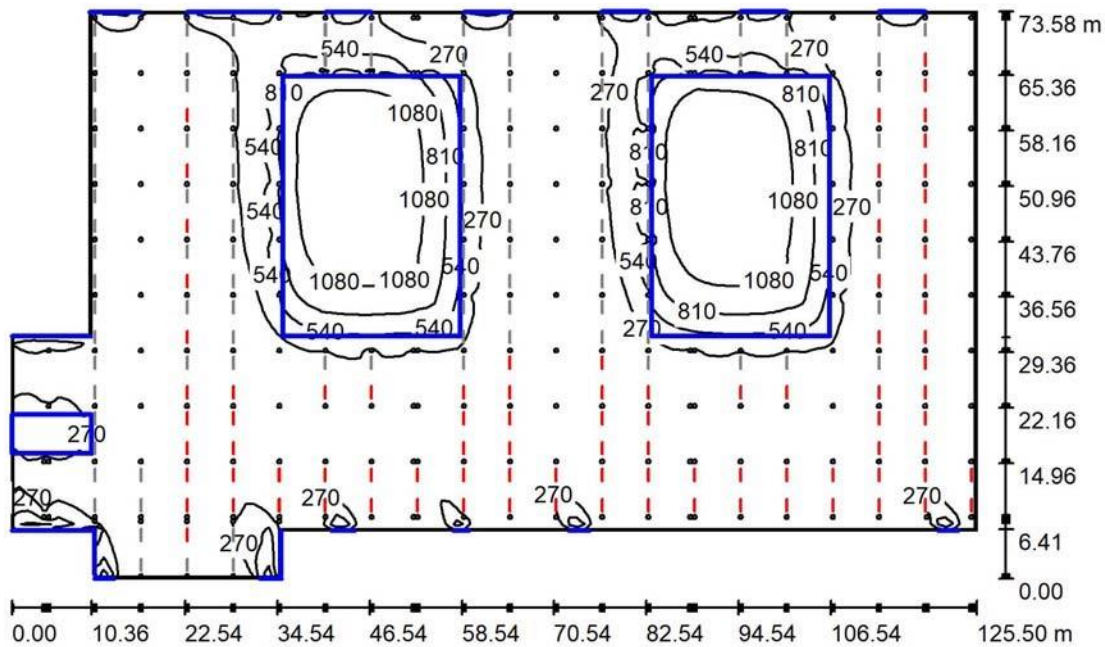
Escala 1 : 898

Parámetro de luz diurna:
Local: Valladolid, Longitud: -4.71°, Latitud: 41.63°, Orientación hacia el norte: 41.6°
Fecha: 15.10.2018, Hora:09:00:00 (+1 Desplazamiento a GMT)
Modelo de cielo: Cielo despejado

Nº	Grupo de control (Luminaria)	Valor de atenuación (Total)
1	Grupo de control 50 (LLEDO 855A0398402LV ATLANTICS IP66 Policarbonato Opal 39W 4.000K DALI)	5
	Todas las demás luminarias	0

Proyecto elaborado por Eduardo Álvarez
Teléfono
Fax
e-Mail

Parking Nivel 0 / Escena de luz LED / Resumen



Altura del local: 3.850 m, Altura de montaje: 3.850 m, Factor mantenimiento: 0.75

Valores en Lux, Escala 1:945

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	334	8.07	1315	0.024
Suelo	27	332	11	1317	0.033
Techo	27	52	8.50	219	0.165
Paredes (14)	9	173	13	2231	/

Plano útil:

Altura: 0.000 m
Trama: 128 x 128 Puntos
Zona marginal: 0.200 m

Lista de piezas - Luminarias

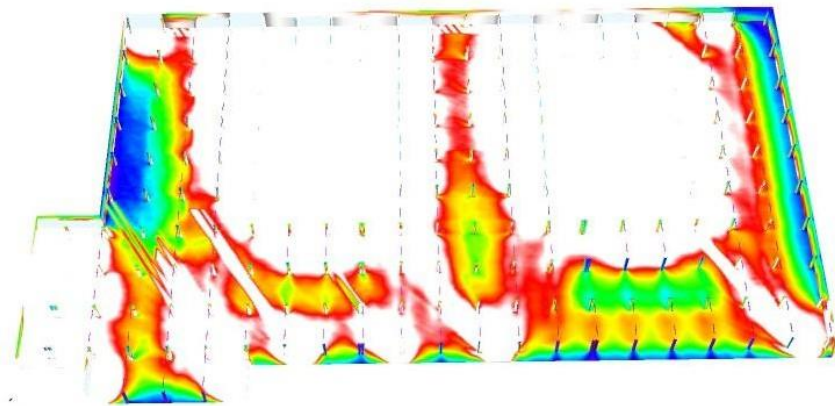
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	89	LLEDO 855A0398402LV ATLANTICS IP66 Polycarbonato Opal 39W 4.000K DALI (1.000)	4459	4459	39.0
			Total: 396851	Total: 396851	3471.0

Valor de eficiencia energética: $0.42 \text{ W/m}^2 = 0.13 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 8175.54 m²)



Proyecto elaborado por Eduardo Álvarez
Teléfono
Fax
e-Mail

Parking Nivel 0 / Escena de luz LED / Rendering (procesado) de colores falsos

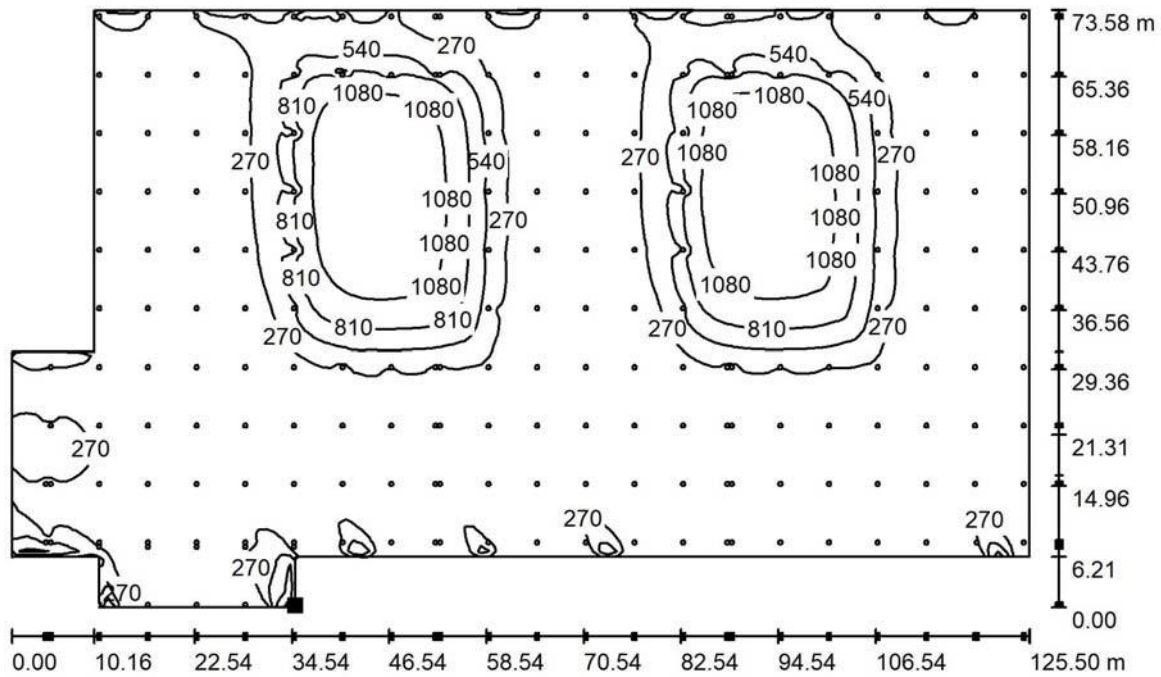


0 10 20 35 45 60 70 85 100

lx

Proyecto elaborado por Eduardo Álvarez
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

Parking Nivel 0 / Escena de luz LED / Suelo / Isolíneas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 898

Situación de la superficie en el local: Punto marcado:
 (34.993 m, -6.045 m, 0.000 m)



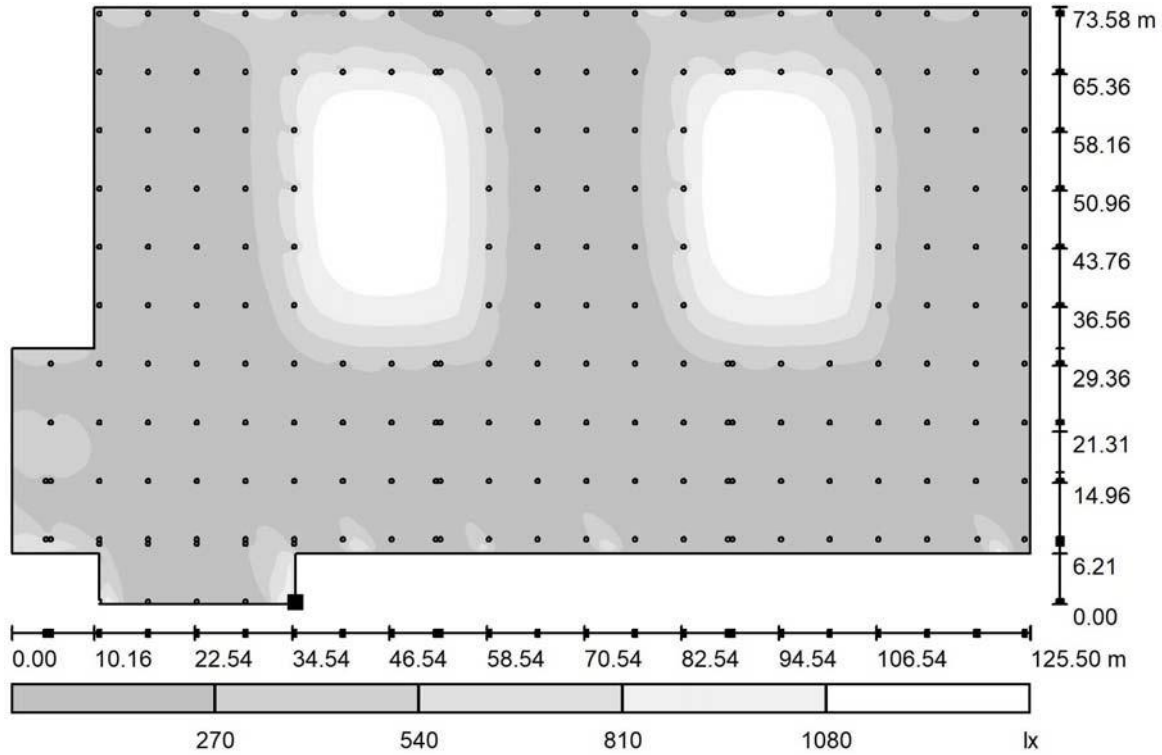
Trama: 128 x 128 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
332	11	1317	0.033	0.008



Proyecto elaborado por Eduardo Álvarez
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

Parking Nivel 0 / Escena de luz LED / Suelo / Gama de grises (E)



Escala 1 : 898

Situación de la superficie en el local: Punto marcado:
 (34.993 m, -6.045 m, 0.000 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

E_m [lx]
332

E_{min} [lx]
11

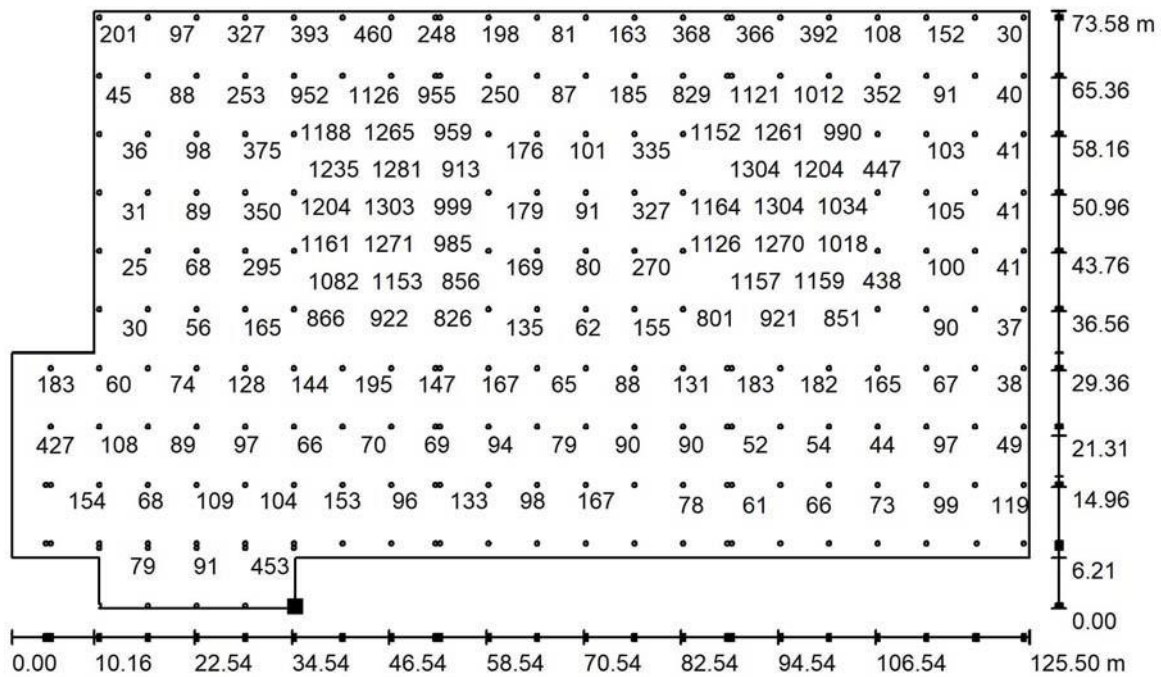
E_{max} [lx]
1317

E_{min} / E_m
0.033

E_{min} / E_{max}
0.008

Proyecto elaborado por Eduardo Álvarez
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

Parking Nivel 0 / Escena de luz LED / Suelo / Gráfico de valores (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 898

No pudieron representarse todos los valores calculados.

Situación de la superficie en el local: Punto marcado:
 (34.993 m, -6.045 m, 0.000 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

E_m [lx]
332

E_{min} [lx]
11

E_{max} [lx]
1317

E_{min} / E_m
0.033

E_{min} / E_{max}
0.008

Proyecto 1



DIALux

23.06.2018

Proyecto 1

Proyecto elaborado por Eduardo Álvarez

Teléfono

Fax

e-Mail

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

Fecha: 16.05.2018
Proyecto elaborado por: Eduardo Álvarez



Proyecto elaborado por Eduardo Álvarez

Teléfono

Fax

e-Mail

Índice

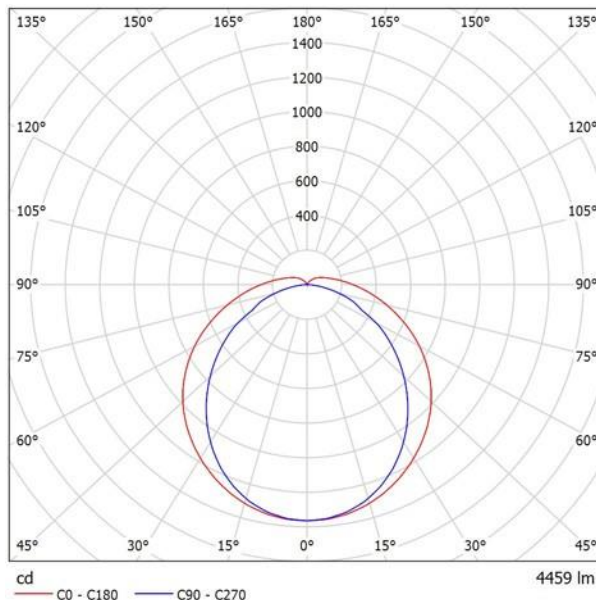
Proyecto 1

Portada del proyecto	1
Índice	2
Lista de luminarias	3
LLEDO 855A0398402LV ATLANTICS IP66 Policarbonato Opal 39W 4.000K DALI	
Hoja de datos de luminarias	4
Parking Nivel 0	
Lista de luminarias	5
Grupos de control	
Grupo de control 35	
Datos de planificación	6
Grupo de control 40	
Datos de planificación	8
Grupo de control 60	
Datos de planificación	10
Escenas de luz	
Escena de luz LED	
Datos de planificación	12
Resumen	13
Resultados luminotécnicos	14
Rendering (procesado) en 3D	15
Rendering (procesado) de colores falsos	16
Superficies del local	
Suelo	
Isolíneas (E)	17
Gama de grises (E)	18
Gráfico de valores (E)	19
Tabla (E)	20
Isolíneas (L)	89
Gráfico de valores (L)	90
Tabla (L)	91

Proyecto elaborado por Eduardo Álvarez
Teléfono
Fax
e-Mail

LLEDO 855A0398402LV ATLANTICS IP66 Policarbonato Opal 39W 4.000K DALI / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 93
Código CIE Flux: 44 74 92 93 100

Cuerpo de la luminaria.

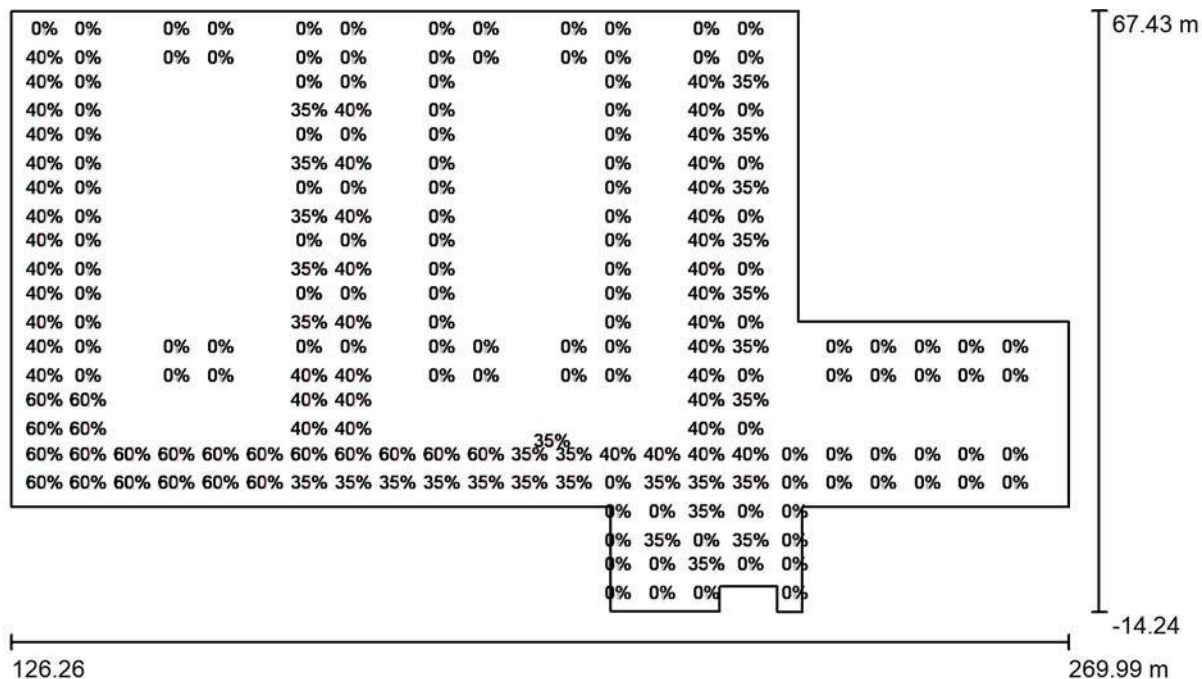
- Cuerpo principal fabricado en policarbonato reforzado resistente a los esfuerzos mecánicos.
- Sistema de fijación del componente óptico mediante pestillos de acero inoxidable para un ajuste preciso entre el cuerpo principal y difusor.
- La conexión eléctrica se realiza accediendo a la clema interior mediante prensaestopa
- Montaje: adosado a techo mediante kit de flejes de acero inox. incluidos en suministro. Ver accesorios para otros tipos de instalación.
- Tensión de alimentación: 220-240 V/ 50-60 Hz.
- Factor de potencia corregido $\phi > 0,9$.
- Versión con KIT de emergencia 3h para refuerzo al alumbrado de emergencia general.

Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR												
p Techo		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
p Paredes		50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
p Suelo		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	19.1	20.3	19.5	20.7	21.1	18.4	19.7	18.8	20.0	20.4	
	3H	20.8	22.0	21.2	22.4	22.8	19.6	20.8	20.1	21.2	21.6	
	4H	21.6	22.7	22.1	23.2	23.6	20.2	21.3	20.6	21.7	22.1	
	6H	22.4	23.4	22.9	23.9	24.3	20.5	21.5	21.0	22.0	22.4	
	8H	22.8	23.8	23.2	24.2	24.7	20.6	21.6	21.1	22.0	22.5	
12H	23.1	24.0	23.6	24.5	25.0	20.6	21.6	21.1	22.0	22.5		
4H	2H	19.6	20.7	20.0	21.1	21.5	19.0	20.1	19.5	20.5	21.0	
	3H	21.5	22.5	22.0	22.9	23.4	20.5	21.5	21.0	21.9	22.4	
	4H	22.5	23.3	23.0	23.8	24.3	21.2	22.0	21.7	22.5	23.0	
	6H	23.4	24.2	23.9	24.7	25.2	21.7	22.4	22.2	22.9	23.5	
	8H	23.9	24.5	24.4	25.1	25.6	21.8	22.5	22.3	23.0	23.6	
12H	24.3	24.9	24.8	25.4	26.0	21.9	22.5	22.4	23.1	23.6		
8H	4H	22.7	23.4	23.3	23.9	24.5	21.6	22.3	22.1	22.8	23.3	
	6H	23.8	24.4	24.4	24.9	25.5	22.2	22.8	22.8	23.3	23.9	
	8H	24.4	24.9	25.0	25.4	26.1	22.5	23.0	23.1	23.5	24.2	
	12H	24.9	25.4	25.5	26.0	26.6	22.6	23.1	23.2	23.7	24.3	
	12H	4H	22.7	23.4	23.3	23.9	24.5	21.6	22.3	22.2	22.8	23.4
6H	23.9	24.4	24.5	24.9	25.6	22.4	22.9	22.9	23.4	24.0		
8H	24.5	24.9	25.1	25.5	26.1	22.7	23.1	23.3	23.7	24.3		
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 / -0.2					+0.3 / -0.4					
S = 2.0H		+0.3 / -0.4					+0.5 / -0.9					
Tabla estándar		BK08					BK05					
Sumando de corrección		8.1					5.2					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 4459lm Flujo luminoso total												

Proyecto elaborado por Eduardo Álvarez
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

Parking Nivel 0 / Escena de luz LED / Datos de planificación



Escala 1 : 1028

Parámetro de luz diurna:

Local: Valladolid, Longitud: -4.71°, Latitud: 41.63°, Orientación hacia el norte: 41.6°

Fecha: 15.04.2018, Hora:09:00:00 (+1 Desplazamiento a GMT)

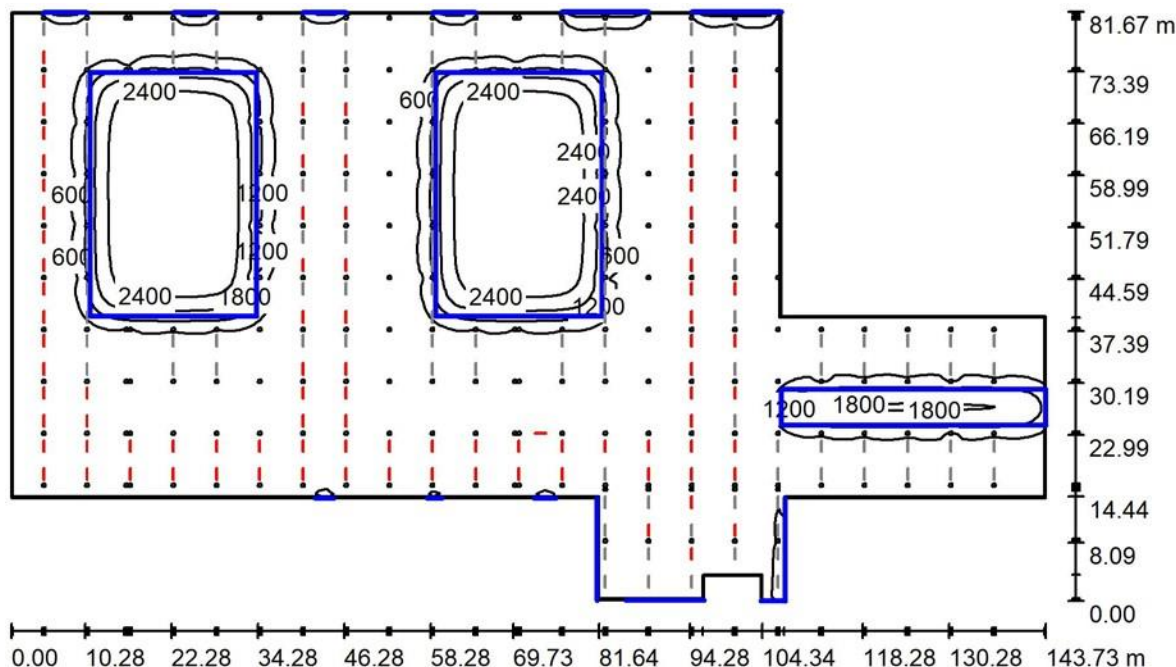
Modelo de cielo: Cielo cubierto

Nº	Grupo de control (Luminaria)	Valor de atenuación (Total) [%]
1	Grupo de control 35 (LLEDO 855A0398402LV ATLANTICS IP66 Polycarbonato Opal 39W 4.000K DALI)	35
2	Grupo de control 40 (LLEDO 855A0398402LV ATLANTICS IP66 Polycarbonato Opal 39W 4.000K DALI)	40
3	Grupo de control 60 (LLEDO 855A0398402LV ATLANTICS IP66 Polycarbonato Opal 39W 4.000K DALI)	60
	Todas las demás luminarias	0



Proyecto elaborado por Eduardo Álvarez
Teléfono
Fax
e-Mail

Parking Nivel 0 / Escena de luz LED / Resumen



Altura del local: 3.850 m, Altura de montaje: 3.850 m, Factor mantenimiento: 0.75

Valores en Lux, Escala 1:1049

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min}/E_m
Plano útil	/	672	10	2924	0.015
Suelo	27	668	12	2926	0.018
Techo	27	79	7.67	353	0.097
Paredes (15)	14	90	14	1274	/

Plano útil:

Altura: 0.000 m
Trama: 128 x 128 Puntos
Zona marginal: 0.200 m

Lista de piezas - Luminarias

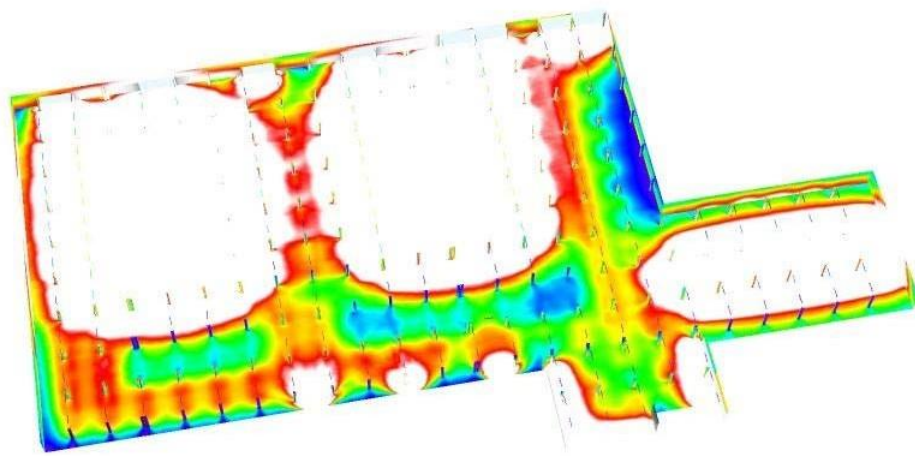
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	92	LLEDO 855A0398402LV ATLANTICS IP66 Polycarbonato Opal 39W 4.000K DALI (1.000)	4459	4459	39.0
Total:			410228	410228	3588.0

Valor de eficiencia energética: 0.42 W/m² = 0.06 W/m²/100 lx (Base: 8476.74 m²)



Proyecto elaborado por Eduardo Álvarez
Teléfono
Fax
e-Mail

Parking Nivel 0 / Escena de luz LED / Rendering (procesado) de colores falsos



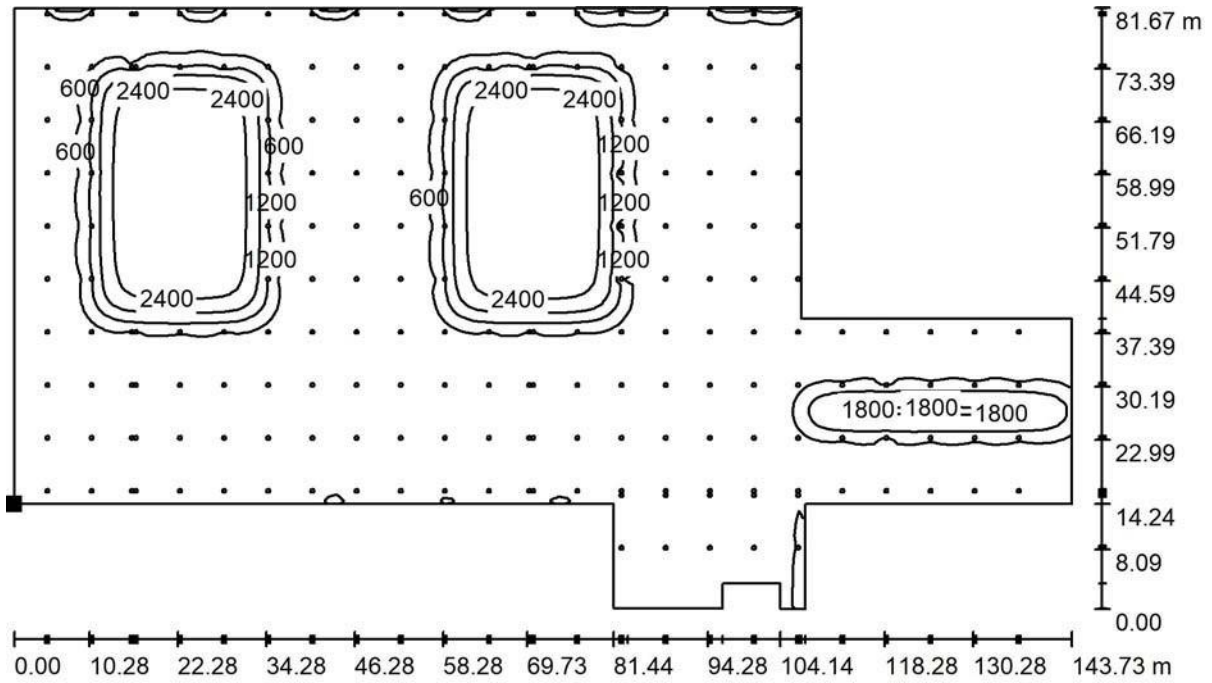
0 10 20 35 45 60 70 85 100

lx



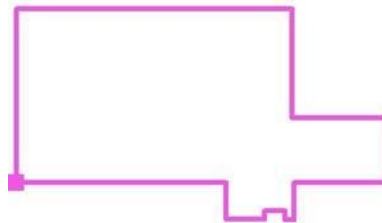
Proyecto elaborado por Eduardo Álvarez
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

Parking Nivel 0 / Escena de luz LED / Suelo / Isolíneas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 1028

Situación de la superficie en el local:
 Punto marcado:
 (126.264 m, 0.000 m, 0.000 m)



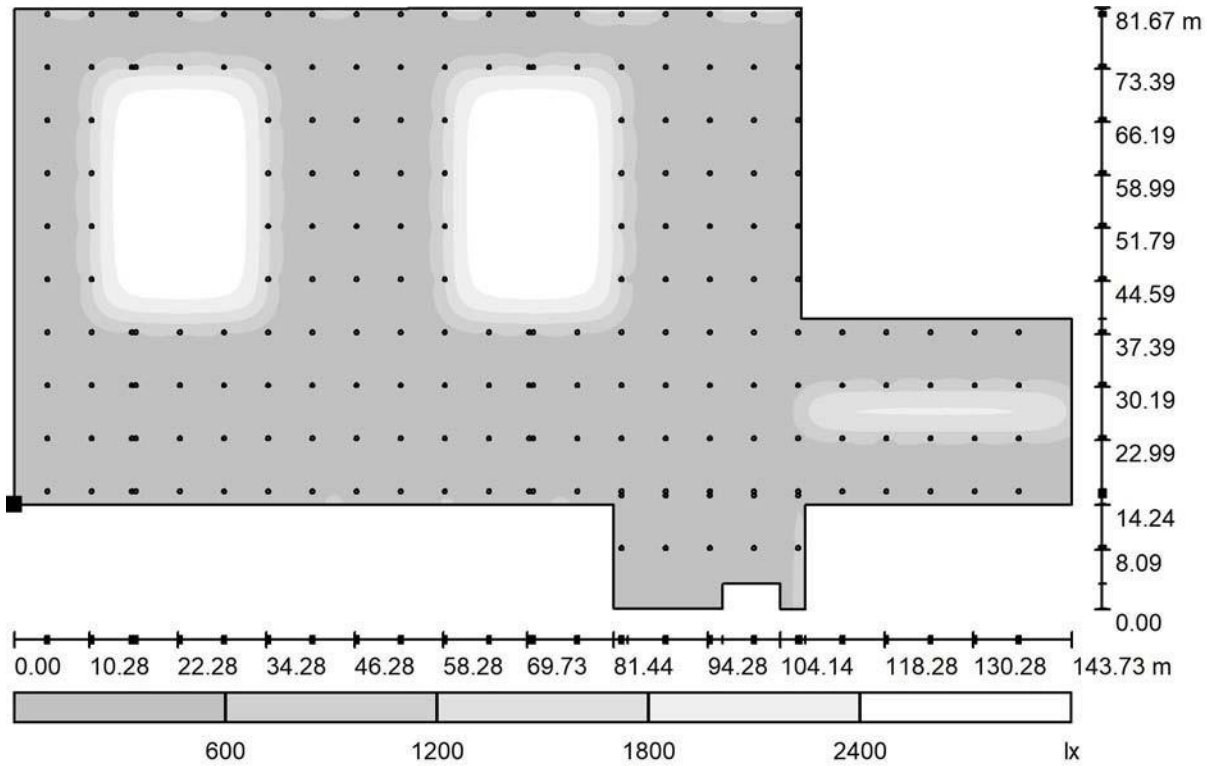
Trama: 128 x 128 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
668	12	2926	0.018	0.004



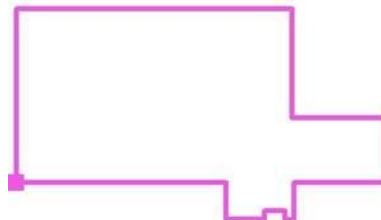
Proyecto elaborado por Eduardo Álvarez
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

Parking Nivel 0 / Escena de luz LED / Suelo / Gama de grises (E)



Escala 1 : 1028

Situación de la superficie en el local:
 Punto marcado:
 (126.264 m, 0.000 m, 0.000 m)



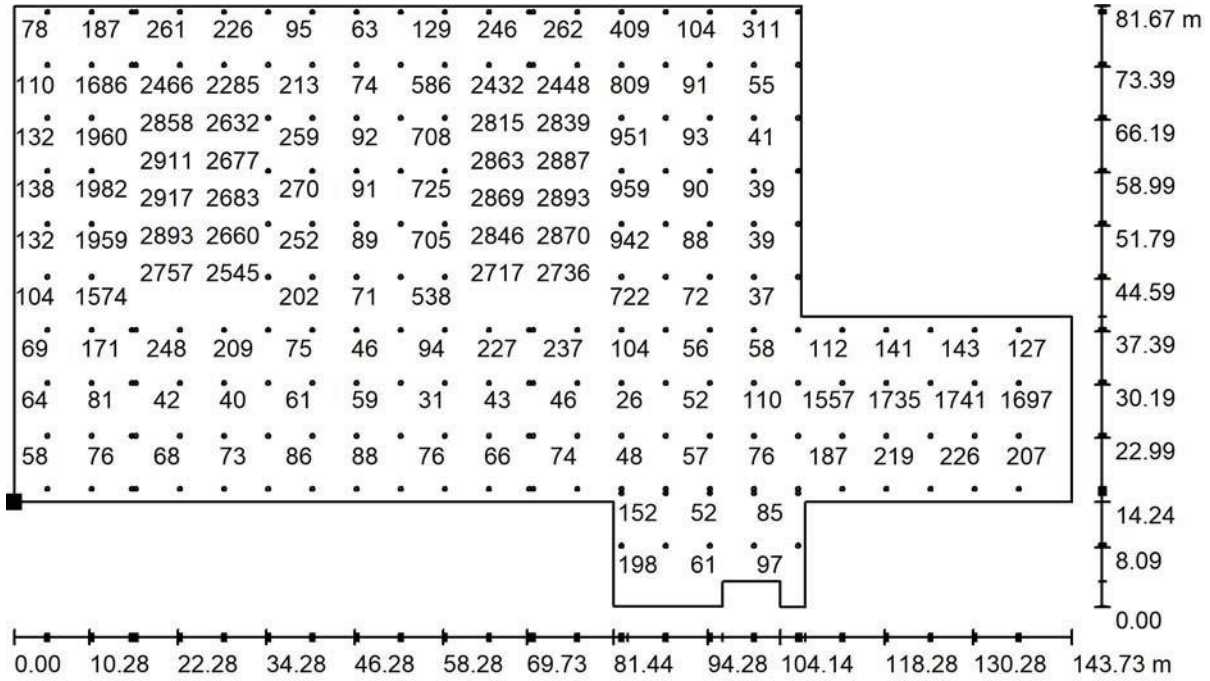
Trama: 128 x 128 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
668	12	2926	0.018	0.004



Proyecto elaborado por Eduardo Álvarez
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

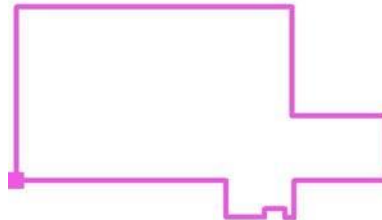
Parking Nivel 0 / Escena de luz LED / Suelo / Gráfico de valores (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 1028

No pudieron representarse todos los valores calculados.

Situación de la superficie en el local:
 Punto marcado:
 (126.264 m, 0.000 m, 0.000 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
668	12	2926	0.018	0.004