

## EL LED COMO FACTOR DE ÉXITO EN EL DISEÑO SOSTENIBLE DE EDIFICIOS

José Enrique Álvarez Menéndez

Comité Técnico Asociación Nacional de la Industria del LED (ANILED)

### Resumen

*Desde hace unos años, la iluminación LED se está convirtiendo en la tecnología más versátil y de menor consumo para la iluminación general, y además de nuevas opciones arquitectónicas y de diseño para un mayor confort y bienestar, ofrece luz de alta calidad y de gran rendimiento visual. La iluminación es un factor clave en el diseño de edificios sostenibles pudiendo suponer, en función del tipo de edificio, hasta un 50% del consumo de energía eléctrica global del mismo. Los grandes ahorros que se consiguen con la iluminación LED, así como otros aspectos claves como: larga vida útil, ausencia mercurio, menor costo de mantenimiento, etc., han hecho de la tecnología LED una garantía de éxito en la implantación de medidas de ahorro y eficiencia energética en edificación así como en el diseño y construcción de nuevos edificios sostenibles. La tecnología LED hoy en día es ya una realidad en todos los ámbitos de la iluminación, llamada en el futuro a revolucionar la forma de iluminar nuestros edificios y ciudades.*

**Palabras clave:** LED; Ahorro energético; Iluminación Eficiente; Edificios Sostenibles; VEEI;

**Área temática:** Actuaciones Sostenibles en la Edificación

### Abstract

*In recent years, LED lighting technology has become more versatile and less energy-consuming for general lighting; and, in addition to new architectural and design options for comfort and well being, it offers high quality light and high visual performance. Lighting is a key factor in the design of sustainable buildings and, depending on the building type, it can be responsible for up to 50% of building's overall electric power consumption. Large savings achieved with LED lighting and other key aspects such as: long life, no mercury, etc., have made LED technology a guaranteed way to implement energy-saving and efficiency measures in buildings and in the design and construction of new sustainable buildings. LED technology is now a reality in all areas of lighting, and is destined to revolutionize the way we light our buildings and cities.*

**Keywords:** LED; Energy Saving; Low Energy Lighting; Sustainable Buildings; VEE

### 1. Introducción

La construcción de edificios consume el 42% de la energía mundial, más que cualquier otro activo, y solo los costes energéticos representan alrededor del 30% de los costes operativos totales del edificio. En 2025 los edificios serán los principales emisores de gases de efecto invernadero del planeta. Los propietarios, los operadores y los directores de instalaciones están sometidos a una gran presión para encontrar formas novedosas de mejorar la eficiencia de los edificios.

Una de las formas de conseguir edificios sostenibles y de alta eficiencia energética es intervenir en las instalaciones de iluminación de los mismos. La proporción que representa la iluminación dentro del consumo total de electricidad varía considerablemente en función del tipo de edificio: pudiendo llegar a más del 50% en el caso de edificios de oficinas. Es por ello que la iluminación se constituye como un factor clave en el diseño de edificios sostenibles y de bajo consumo energético.

La tecnología LED ha constituido una revolución en el mercado de la iluminación, consiguiendo instalaciones de muy alta eficiencia energética y permitiendo nuevas formas de diseño y de integración de la iluminación en los edificios. Si bien la introducción de una nueva tecnología revolucionaria, acarrea problemas, el LED se ha constituido ya en una tecnología madura y con amplio desarrollo en los próximos años. Siendo una tecnología superior a las existentes en el mercado, aporta una serie de cualidades que la diferencian del resto y que creemos van inherentemente relacionadas con una temática concreta como la de los edificios sostenibles e inteligentes:

- Reducción de consumo frente al resto de tecnologías tradicionales.
- Posibilidad de customización total debido a su gestión electrónica: Programación de encendidos/apagados, programación de subidas y bajadas de potencia en función del uso, posibilidad de elección de la temperatura de color.
- Funcionamiento con corriente continua por lo que es idóneo para ser alimentada mediante energía obtenida de renovables
- Equipos telegestionables. Se pueden modificar los parámetros del equipo remoto.
- Máxima duración frente a las tecnologías existentes.
- Fácil integración en domótica.
- Reducidas dimensiones y baja radiación de calor, por lo que se puede utilizar en cualquier lugar y aplicación.

## 2. Ventajas tecnológicas del LED

Un LED, cuyas siglas en inglés provienen de Light-Emitting Diode (diodo emisor de luz), es un dispositivo semiconductor (diodo) que emite luz policromática (diferentes longitudes de onda) cuando se polariza en directa y circula corriente eléctrica.

El diodo LED emite luz en corriente continua (cc) al superarse la tensión del umbral que lo polariza en directo. Todos los diodos emiten cierta cantidad de radiación cuando los pares electrón-hueco se recombinan; es decir, cuando los electrones caen desde la banda de conducción (de mayor energía) a la banda de valencia (de menor energía) emitiendo fotones en el proceso. El color dependerá de la altura de valencia de la banda prohibida (diferencias de energía entre las bandas de conducción y valencia).

El LED funciona con corriente constante ( $I_{cc}$ ). El flujo luminoso es acorde a la curva de funcionamiento específica para cada LED. Se puede observar la respuesta del LED OSRAM OSLON SQUARE en el gráfico inferior.

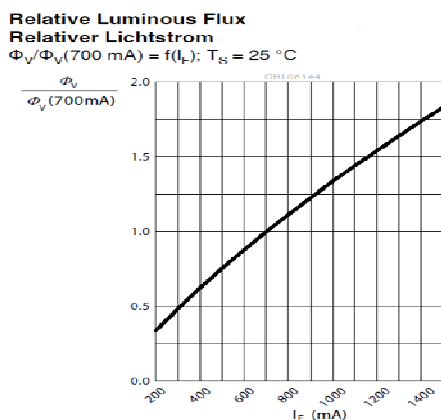


Figura 1: Relación de la intensidad con respecto al flujo luminoso del LED OSRAM OSLON SQUARE

## 2.1 Evolución

Hace menos de 10 años hablar de la tecnología en iluminación era impensable y hoy es una realidad. Esta rápida integración, en un mercado muy definido e inmovilista durante años, se debe a la revolución que esta tecnología ha supuesto en el ámbito de la iluminación.

Como cualquier nueva tecnología que irrumpe en un sector, los comienzos fueron difíciles, generándose recelos y dudas, que ralentizan la incorporación comercial aun cuando existe una base tecnológica y unos argumentos sólidos en pro de la aplicación de la misma. De igual manera, la incorporación de una tecnología innovadora conlleva la aparición de productos de baja calidad, que aprovechándose de la falta de criterios de calidad y normativas, por mor de la rápida aparición y expansión de nuevos productos, acrecientan las dudas y propagan, en muchos casos, experiencias negativas sobre la tecnología surgida.

En la actualidad, estas dudas han sido disipadas, la evolución de la tecnología con productos consolidados, las experiencias de instalaciones exitosas, normativas y criterios de calidad existentes junto con otros indicadores positivos, hacen que los productos de iluminación de tecnología LED, sean hoy ya un producto de referencia en el mercado.

Claros ejemplos de la consolidación de estos productos son, por un lado, la apuesta firme de los grandes fabricantes de equipos de iluminación por esta. Y por otro lado, la postura firme de las Empresas de Servicios Energéticos (ESE), ámbito de expansión cada vez mayor en España, que permite grandes inversiones en proyectos basados en el ahorro generado mediante eficiencia energética y que en el ámbito de la iluminación, van ligadas a la instalación unívoca de tecnología LED.

## 2.2 Beneficios del LED

La tecnología LED aplicada a la iluminación nos dirige automáticamente al concepto de eficiencia energética, es decir, la disminución significativa de la energía utilizada manteniendo los mismos niveles de confort y calidad de la iluminación existente.

Junto con la eficiencia energética de los productos, lo más llamativo de los productos de iluminación basados en tecnología LED es su durabilidad. Más de 50.000 horas de funcionamiento frente a las 10.000-18.000 horas de media de las otras tecnologías del mercado son un gran argumento de peso a favor del LED. Íntimamente ligado a la durabilidad está la depreciación del flujo luminoso emitido. Todos los equipos de iluminación, especialmente los basados en tecnología de descarga, sufren una disminución del flujo luminoso emitido a lo largo de su vida útil, pero mientras los equipos de tecnología LED consiguen mantener a las 50.000 horas de uso flujos en torno al 75-80% del inicial, las tecnologías de iluminación habituales están en torno a las 5.000 horas para alcanzar ya esa depreciación.

Los criterios técnicos de iluminación han estado siempre basados en el concepto de cantidad de luz, pero desde hace tiempo, este criterio se ha ampliado introduciendo un factor importante como es el de la calidad de luz. La calidad de luz puede ser baremada, con parámetros que en la actualidad ya vienen reflejados en las normativas y legislaciones vigentes, así como han formado parte del análisis del consumidor o usuario de la iluminación. El IRC (índice de Reproducción Cromática) que podríamos definir como la capacidad que una fuente luminosa tiene para reproducir fielmente los colores es un factor a tener en cuenta, pues a mayor IRC la capacidad de visión del ser humano aumenta, como en confort para nuestros ojos. Este índice, en las iluminaciones habituales tanto de interior como exterior, está en valores comprendidos entre 20-50, cuando la tecnología LED alcanza valores superiores a 80, siendo el máximo 100.

Es característico de la iluminación con tecnología LED asociarla al color blanco que emite, frente a los colores cálidos, naranjas y amarillos, habituales hasta entonces en iluminación. Estos colores que las fuentes de luz emiten vienen definidos por su temperatura de color. Lo que aporta a este aspecto el LED no es el color blanco de la fuente de luz, ya que es sólo una de las posibilidades de los productos, si no la flexibilidad en la elección de la temperatura de color. Mientras que las tecnologías habituales tienen una temperatura de color definida, la tecnología LED ofrece productos que pueden variar su temperatura de color en función de la necesidad del consumidor, convirtiéndose así en un producto con un abanico de posibilidades muy amplio.

Otra de las principales innovaciones de los equipos de iluminación con tecnología LED radica en su naturaleza, la electrónica. Tradicionalmente los equipos de iluminación son inminentemente eléctricos, pero los equipos LED necesitan de una gestión electrónica a través de un equipo auxiliar denominado “driver”. La componente electrónica del equipo de iluminación permite una gestión de los parámetros de la fuente de luz, que hasta ahora no era posible consiguiendo entre otras posibilidades, absorber picos de sobretensiones de la red eléctrica, modificaciones de la potencia, programación personalizada, monitorización de los parámetros de funcionamiento, etc. Esta naturaleza electrónica permite la programación punto a punto, pudiéndose modificar la potencia para adecuarse a las necesidades de iluminación en cada momento y es posible gestionarlo sin actuar directamente en el equipo, si no a través de tele-gestión, con un software que posibilita el manejo del equipo

Respecto al ahorro energético conseguido por un equipo de iluminación de tecnología LED frente al de otra tecnología existente es de entre un 50 a un 60% de la potencia instalada. Aunque no es extraño encontrarnos con ahorro de entre el 70 al 80%. Un correcto dimensionamiento de los escenarios a iluminar, la utilización de una tecnología de alta eficiencia y su gestión optimizada, nos permite unos ahorros muy significativos, tanto energéticos como económicos, así como una mayor preservación del medio ambiente, aspecto ligado a la producción de energía.

En resumen, podemos concluir, que la tecnología LED aplicada a la iluminación ha llegado para quedarse. Sus parámetros técnicos superan a las de las tecnologías existentes, su durabilidad y prestaciones consiguen ahorros energéticos hasta ahora no posibles sin reducir los niveles de iluminación y confort necesarios. Es una tecnología consolidada y con aún mucho margen de mejora, por lo que abre un mercado actual y un campo de investigación futuro que establece un nuevo escenario en iluminación.

### **2.3 Futuros desarrollos.**

Los futuros desarrollos en la tecnología LED van a suponer una revolución en cuanto al diseño, concepción y parámetros técnicos de las instalaciones de iluminación en edificación, permitiendo nuevos conceptos que en la actualidad son impensables o de muy difícil realización. Estos futuros desarrollos pasan, entre otros, por los siguientes aspectos:

- Incremento eficacia Lm/W: consiguiendo instalaciones aun más eficientes y rentables
- Aumento instalaciones LED alimentadas con energías renovables. El LED se alimenta en continua, por lo que se pueden diseñar luminarias LEDs para alimentarse directamente de baterías. El menor consumo de los LED hace que se reduzcan las baterías y placas fotovoltaicas necesarias para alimentarlas. Este tipo de soluciones son especialmente interesantes para aquellas instalaciones donde es imposible la conexión a red o su conexión es muy costosa, mejoran la

calidad de vida de las zonas aisladas e incrementando la autosuficiencia energética

- Desarrollo tecnología OLED. El OLED es un Diodo orgánico de emisión de luz (principalmente moléculas de carbono), basado en una capa electroluminiscente formada por una película de componentes orgánicos que reaccionan, a una determinada estimulación eléctrica, generando y emitiendo luz por sí mismos. El desarrollo de esta tecnología en los próximos años va a permitir el cambio de paradigma del diseño de las instalaciones de iluminación, permitiendo nuevos diseños de luminarias y fuentes luminosas que hasta ahora eran impensables y limitadas únicamente por la imaginación de sus diseñadores: Pantallas flexibles OLED, OLED transparentes, etc.

**Tabla 1: Comparación entre el LED y OLED**

LED	OLED
Fuente puntal. Direccional	Superficie brillante
Factor de forma dimensional (disipación del calor, dimensión luminaria)	Lámina plana y delgada
Generalmente necesita apantallamiento. Deslumbrante	Emisión difusa. Permite visualización directa
Mejor eficacia en altas temperaturas de color (luz fría)	Mejor eficacia en bajas temperaturas de color (luz cálida)
Mayor eficacia	Menor eficacia
Genera Calor. Necesita controlarlo	Baja generación de calor
Larga vida (+50.000 h)	Vida moderada (+15.000 h)
Consistencia del color (Binning)	Consistencia de color en un mismo panel

### 3. Valor de la eficiencia energética en la instalación eléctrica de iluminación en Edificación

El ahorro de consumo energético en las instalaciones eléctricas destinadas a la iluminación es un punto fundamental a tener en cuenta en la construcción de edificios sostenibles. Por ello, el Código Técnico de la Edificación, en su Documento Básico HE3, establece unos valores máximos de consumos energéticos en relación a los niveles de iluminación requeridos por la normativa EN12464.

El valor que relaciona términos de potencia, superficie e iluminación se conoce como VEEI, Valor de Eficiencia Energética de la Instalación, e indica la cantidad de potencia total empleada, consumo de lámparas y equipos auxiliares, para la iluminación de una superficie dada por cada 100 lux.

La utilización de sistemas de iluminación con tecnología LED permiten no solo cumplir con los valores de VEEI marcados por el CTE, sino reducirlos en algunos casos de forma considerable. En las tablas siguientes se pueden observar varios casos de sustitución por lámparas de tecnología LED en distintas zonas de edificios residenciales y las mejoras de su Valor de Eficiencia Energética:

**Tabla 2: Cambio de iluminación en zonas comunes de edificios residenciales**

	Fluorescencia	LED
Lámparas	2xPCL 26W	25W
Nª luminarias	3	3
P total x luminaria (W)	65,6	25
P total instalada (W)	196,8	75
Em (lux)	103	150
VEEI (W/m <sup>2</sup> .100lux)	7,28	1,94
Ahorro		62%

**Tabla 3: Cambio de iluminación en portales, accesos y pasillos**

	Halógenos	LED
Lámparas	1xGU10 50W	7W
Nª luminarias	9	11
P total x luminaria (W)	49	7
P total instalada (W)	441	81,6
Em (lux)	109	111
VEEI (W/m <sup>2</sup> .100lux)	17,44	3,16
Ahorro		81%

**Tabla 4: Cambio de iluminación de ascensores y montacargas**

	Fluorescencia	LED
Lámparas	2xT8 120 36W	2X10W
Nª luminarias	1	1
P total x luminaria (W)	90,8	20
P total instalada (W)	90,8	20
Em (lux)	302	644
VEEI (W/m <sup>2</sup> .100lux)	7,28	1,94
Ahorro		78%

#### 4. Criterios de selección de un buen producto

Dando por supuesto que sólo es admisible aquel producto LED con marcado CE que cumpla con la normativas vigentes, es muy importante tener en cuenta los siguientes parámetros para comparar distintos productos LED y su equivalencia con las tecnología de iluminación convencionales:

1. Flujo luminoso nominal. Corresponde a la luz emitida por el dispositivo LED, y se define en lúmenes. Dos productos sería equivalentes si emiten e mismo número de lúmenes. Las equivalencias en vatios pueden ser ambiguas y no reflejar la realidad del producto.
2. Potencia nominal (en W): cantidad de energía consumida de la lámpara o luminaria, incluyendo el consumo de todos los equipos auxiliares.
3. Eficacia del producto (lum/W): este valor es fundamental para la selección de la lámpara o luminaria a instalar, ya que nos permite diferenciar que productos son más eficientes.
4. Distribución de la intensidad luminosa. La distribución del flujo luminoso en el espacio es otro de los factores a tener en cuenta en la selección de productos

LED. Se ha de garantizar que los nuevos productos instalados dirijan el flujo luminoso según las necesidades por las que se ha diseñado la instalación.

5. Calidad de color y apariencia. El color es una de los aspectos fundamentales ya que tiene un enorme impacto en la manera que las personas perciben la iluminación de objetos y espacios. Los dos indicadores que se utilizan para evaluar las características de color son: la Temperatura de Color Correlativa (TCC) y el Índice de Reproducción Cromática (IRC).

Podemos definir la temperatura de color, expresada en Kelvin (K), como la comparación del color de una fuente de luz, dentro del espectro luminoso, con de la luz que emitiría un cuerpo negro calentado a una determinada temperatura. Temperaturas de color altas (5.000 – 7.000 K) implican fuentes de luz “frías”, mientras que temperaturas de color bajas (2.000-3.000 K) implican fuentes de luz “cálidas”. La temperatura de color es un parámetro primordial en la selección del tipo de fuente de luminosa para garantizar los requisitos para los que se diseño la instalación de iluminación

El IRC de una fuente luminosa refleja la calidad de reproducción de los colores de esos mismo objetos iluminados por esa fuente luminosa. Dos fuentes luminosas que puedan aparentar tener la misma temperatura de color, pueden que no reflejen del mismo modo los colores de los objetos que iluminan. Índices de reproducción cromática de 88-100, significan que reproducen los colores reales de los objetos, sin embargo índices bajos (<66), indican un tipo de reproducción cromática pobre.

6. Vida útil en horas. La vida útil de la luminaria o producto LED debería establecerse como una combinación de vida útil con mantenimiento del flujo luminoso y porcentaje de fallo. Normalmente se expresa según el parámetro “L<sub>70</sub> horas”, que indica las horas de funcionamiento hasta que el LED emite el 70% de su flujo luminoso inicial. El porcentaje de fallos vendría indicado por el parámetro “F<sub>10</sub> horas”, que indica el tiempo hasta que el 10% de las unidades probadas alcanzan el final de su vida.
7. Temperatura ambiente. La temperatura es un parámetro fundamental, ya que determina la vida útil y el flujo luminoso de los productos LED. La gestión térmica de los dispositivos LED es fundamental para poder garantizar la vida útil y la depreciación del flujo luminoso del producto. Cuanto mejor sea la disipación de calor más larga será la vida del LED y mayor el flujo luminoso emitido. Es por ello, que se debe indicar cual es el rango de temperaturas en las que el productos puede funcionar para garantizar los parámetros de vida útil y depreciación de flujo luminoso marcados por el fabricante.
8. Índice de Deslumbramiento: el deslumbramiento se produce debido al exceso de luminancia incidente procedente de luz directa o procedente de luz indirecta, fuera del campo visual pero que el ojo la recibe reflejada por superficies que poseen un alto grado de reflexión. El índice de deslumbramiento unificado (UGR) es el índice de deslumbramiento molesto procedente directamente de las luminarias de una instalación interior. Los valores de referencia del UGR están comprendidos entre 10 y 30, siendo mayor el deslumbramiento cuanto más alto es el valor. La norma UNE-EN 12464-1 establece los valores de UGR máximo para cada tarea visual y aplicación.

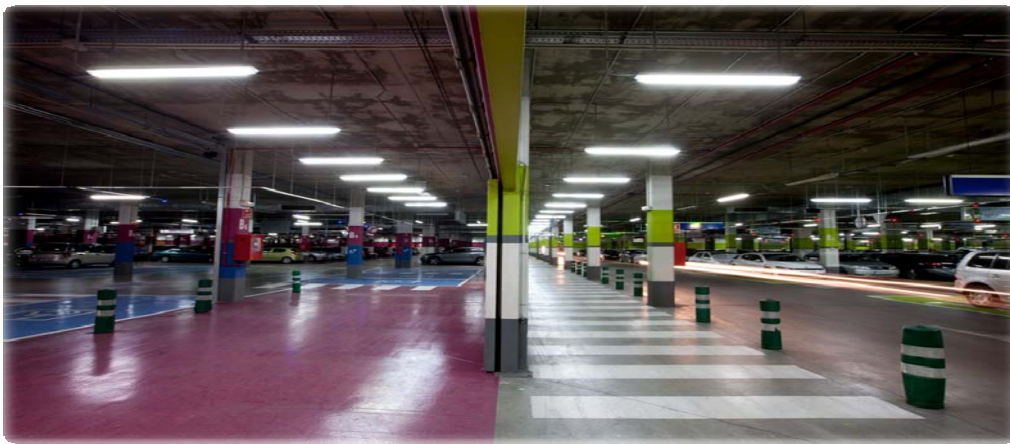
Dependiendo del tipo de aplicación, se deben considerar parámetros adicionales a los mencionados anteriormente (capacidad de regulación, factor de forma, compatibilidad, etc.) para conseguir seleccionar la fuente luminosa adecuada a los requerimientos de la instalación.

## 5. Casos de Estudio

A continuación, se van a desarrollar varios casos de estudios en diferentes tipos de edificaciones, donde se pueden evaluar las ventajas económicas y tecnológicas de la implantación de la tecnología LED en sus instalaciones de iluminación.

### 5.1 Iluminación LED en aparcamientos subterráneos

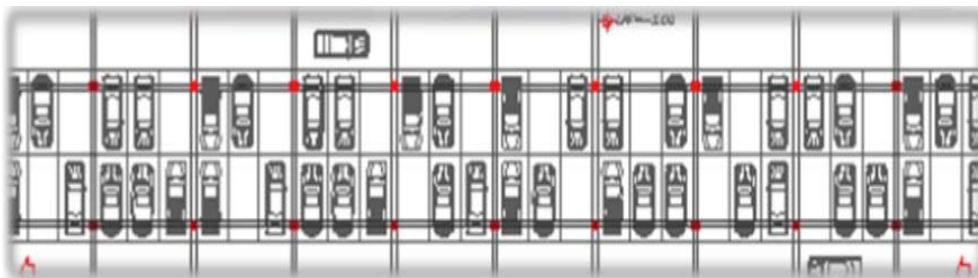
La iluminación en aparcamientos subterráneos constituye uno de los consumos energéticos más importantes de los mismos y por tanto de mayor gasto económico. El gran número de horas de uso de la instalación de iluminación y los requerimientos lumínicos que este tipo de instalaciones necesitan hacen que la tecnología LED sea la solución más ventajosa y con mayor garantía éxito a tener en cuenta en la sustitución de las mismas. La actuación ha consistido en la renovación de la instalación de iluminación de un aparcamiento subterráneo por una nueva dotada con tecnología LED.



**Figura 2: Vista del aparcamiento subterráneo objeto de estudio**

La antigua instalación estaba compuesta por luminarias fluorescentes con reactancias electromagnéticas. Los datos generales del punto de partida inicial son los siguientes:

- Luminarias fluorescentes:: 2x58 TLD HFP con reactancias electromagnéticas
- Flujo luminoso: 5.200 lm por tubo
- Temperatura de color: 4.000 K
- Posición en techo: Una línea central en el eje del pasillo; dos líneas laterales sobre el inicio de la zona de plazas de aparcamiento (inclinación luminaria 0º)
- Altura aparcamiento: 2,8 metros.
- Altura punto de luz: 2,72 metros.



**Figura 3: Distribución en planta del aparcamiento**



Se procede por tanto la sustitución de las 518 lámparas instaladas por nuevas lámparas LED. En la siguiente tabla se refleja los datos de ambos tipos de lámparas.

**Tabla 5: Datos de la instalación sustituida y la nueva instalación LED**

Zona	Lámpara Convencional	Tecnología LED	UD
Acceso peatones	Downlight 8" (2x26 w) AB	LED Downlight 8" 25W	34
Alumbrado circuito 1	Luminaria 2x150 cm (116W)	LED 2XTUBOS 150 (23,5W)	164
Alumbrado circuito 2	Luminaria 2x150 cm (116W)	LED 2XTUBOS 150 (23,5W)	158
Alumbrado circuito 3	Luminaria 2x150 cm (116W)	LED 2XTUBOS 150 (23,5W)	158
Cajeros Automáticos	Downlight 8" (1x26 w) ES	LED Downlight 8" 10W	4
Totales:			518

La actuación cumple con todas las exigencias establecidas por la normativa EN-12464, que se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Mantenimiento de la intensidad lumínica
- Evaluación del deslumbramiento directo (UGR)
- Calidad de la luz- color apropiado y reproducción cromática
- Evitar el centelleo de la luz y los efectos electroboscópicos.

En la siguiente tabla se reflejan los requerimientos técnicos que establece la norma UNE EN12464: Iluminación de los lugares de trabajo, para las características de la instalación estudiada:

**Tabla 6: Requerimientos técnicos zonas de aparcamiento según UNE 12464**

	Em lux	UGR	IRC (RA)
Rampa de acceso (de día)	300 suelo	25	40
Rampas de acceso (de noche)	75 suelo	25	40
Calles de circulación	75 suelo	25	40
Áreas aparcamiento	75 suelo	-	40
Caja	300	25	40

Los resultados obtenidos con la actuación es una mejora de varios parámetros de la instalación como la iluminancia media, la uniformidad, la vida útil y la degradación de la luz en el tiempo y sobre todo una considerable mejora en el Valor de Eficiencia Energética de la Instalación (VEEI). En este ultimo aspecto hay que reseñar que se pasa de un valor estimado de la instalación convencional con un VEEI de 3,23 W/m<sup>2</sup> a un valor de 1,21 W/m<sup>2</sup> con la instalación LED. En la siguiente figura se reflejan los valores obtenidos con la nueva instalación.

Altura del local: 2.800 m, Altura de montaje: 2.755 m, Factor mantenimiento: 0.80		Valores en Lux, Escala 1:202			
Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	94	11	295	0.122
Suelo	20	94	11	293	0.123
Techo	70	18	6.15	58	0.341
Paredes (8)	50	29	7.45	432	/

**Plano útil:**  
 Altura: 0.010 m  
 Trama: 128 x 128 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	10	AIRIS L2X15A 2xT8 23,5W LED LED 47W (1.000)	4323	4323	46.1
Total:			43235	43228	461.0

Valor de eficiencia energética:  $1.21 \text{ W/m}^2 = 1.29 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base: 381.51 m<sup>2</sup>)

Figura 4: Cálculos luminotécnicos de la instalación con tecnología LED.

Aparte de estas mejoras técnicas y de cumplimiento normativo de la instalación, se han conseguido un ahorro energético de aproximadamente un 66%, (220.045 kWh anuales) lo que supone un ahorro económico de 34.769 euros anuales.

Tabla 7: Ahorros económicos y porcentajes de ahorro desglosados por zonas

Zona	Euros (€)	% de ahorro
Acceso peatones	1.863	65%
Alumbrado circuito 1	17.488	66%
Alumbrado circuito 2	10.051	66%
Alumbrado circuito 3	5.229	66%
Cajeros Automáticos	139	75%
Totales	34.769	66%

## 5.2 Cambio de iluminación en un supermercado

En el siguiente caso de estudio se renueva la instalación de iluminación de un supermercado formado por lámparas convencionales por otra nueva instalación a base de lámparas con tecnología LED.



**Figura 5: Vista general de la instalación de iluminación en el supermercado objeto de estudio.**

En la siguiente tabla se reflejan los datos de las lámparas antiguas y las sustituidas:

**Tabla 8: Datos de la instalación sustituida y la nueva instalación LED**

Zona	Lámpara Convencional	UD	Tecnología LED	UD
Iluminación sala de ventas	Tubo T8 150 Electrónica 58W	400	LED TUBO 150 cm 23,5W sin fuente	300
Iluminación congelados	Tubo T8 120 Electrónica 36W	18	LED TUBO 120 cm 18 W sin fuente	18
Iluminación murales de frío	Tubo T8 120 Electrónica 36W	104	LED TUBO 120 cm 10 W sin fuente)	104
Iluminación cajas y trascajas	Tubo 60 cm 18W	462	LED PANEL SLIM 40 W	100
Iluminación de acentuación	Downlight halogenuro 120W	74	LED Downlight 40 W	87
Iluminación Islas	Campana 120 W	20	LED CAMPANA 100W	31
<b>Total</b>		<b>1.078</b>		<b>640</b>

La actuación cumple con todas las exigencias establecidas por la normativa EN-12464. En la siguiente tabla se reflejan los requerimientos técnicos que establece la norma UNE EN12464: Iluminación de los lugares de trabajo, para las características de la instalación estudiada:

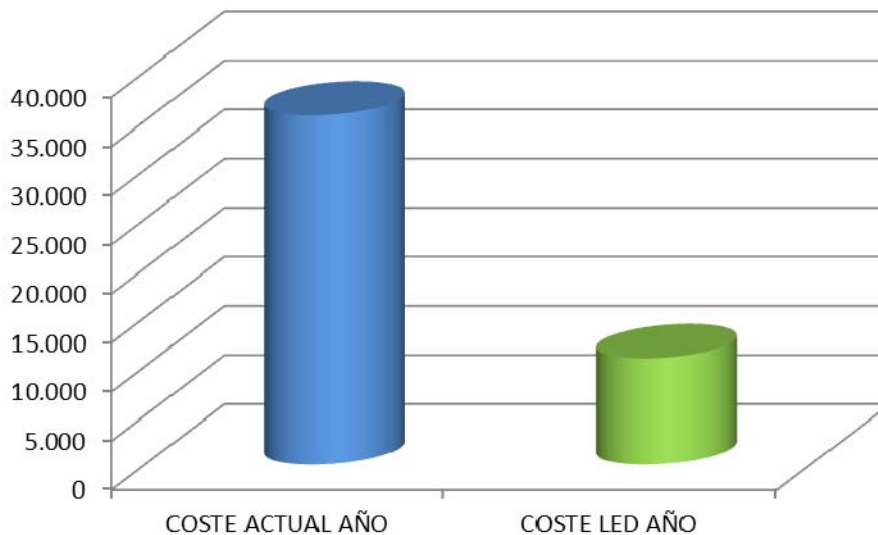
**Tabla 9: Requerimientos según norma UNE 12464**

	Em lux	UGR	IRC (RA)
Pasillos	300 suelo	22	80
Cajas	500	19	80

La inversión inicial es de 50.454 euros, consiguiendo ahorro energético de aproximadamente del 70% (130.628 kWh anuales), lo que supone un ahorro anual de 24.761 euros al año. El retorno de la inversión se produce en 1,9 años, con un TIR del 43,6% y una vida útil esperada de 13,4 años. En la siguiente tabla se reflejan los datos de ahorro desglosados por zonas:

**Tabla 10: Ahorros económicos y porcentajes de ahorro desglosados por zonas**

Zona	Euros (€)	% de ahorro
Iluminación sala de ventas	13.578	76%
Iluminación congelados	353	64%
Iluminación murales de frío	2.537	80%
Iluminación cajas y trascajas	5.741	76%
Iluminación de acentuación	2.415	53%
Iluminación islas	93	5
<b>Totales</b>	<b>24.761</b>	<b>70</b>



**Figura 6: Comparativa de costes económicos anuales de ambas instalaciones**

## 6. Conclusiones

Como conclusiones en el uso de tecnología LED en sustitución de otros sistemas cabe destacar:

- La tecnología LED hoy está lo suficiente madura para pensar en ella como la mejor alternativa en la iluminación de espacios.
- Los ahorros generados en torno al 60%, se consiguen tan solo con la sustitución de los elementos tradicionales por tecnología LED, de forma sencilla y sin tener que cambiar la instalación original.
- Estos ahorros pueden llegar a ser hasta del 90% si tenemos en cuenta ahorros indirectos y sistemas automáticos de regulación
- Los retornos de la inversión con un uso medio de 3.500 horas no superan los 3 años.
- La vida útil de los equipos reducen los costes de mantenimiento y la generación de residuos contaminantes.

- Ahorros indirectos en climatización por generar menos calor.
- Mejora la calidad lumínica y satisfacción en trabajadores y clientes.
- Quien apuesta por la tecnología LED contribuye socialmente en la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmosfera.

### Referencias

Annex 45: Guidebook on Energy Efficient Electric Lighting for Buildings (2010).  
International Energy Agency (IEA)

Documento Básico DB-HE "Ahorro de Energía", del Código Técnico de la Edificación  
aprobado por el Real decreto 314/2006, de 17 de marzo.

Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010,  
relativa a la eficiencia energética de los edificios.

IDAE (Instituto para la diversificación y ahorro de Energía): Proyecto SECH-  
SPACEHOUSEC "Análisis del consumo energético en el sector residencial en España"

OSRAM OS. Datos técnicos del LED OSRAM OS

UNE-EN 12464 Iluminación de lugares de trabajo

### Correspondencia (Para más información contacte con):

Nombre y Apellido: José Enrique Álvarez Menéndez

Phone: +34 917 818 798

Fax: +34 917 817 020

E-mail: jealvarez@aniled.es