

# IMPLICACIONES DEL ALUMBRADO PÚBLICO EN LA CIUDAD SOSTENIBLE. ESTUDIO EN LA ISLA DE MALLORCA

Dr. Ramón San Martín Páramo - Profesor Titular <sup>1p</sup>

Sr. Álvaro Jiménez Sánchez - Ingeniero Industrial <sup>2p</sup>

## RESUMEN

El **alumbrado** público ha experimentado un desarrollo y extensión notable en las sociedades del mundo desarrollado, evidenciando repercusiones medioambientales centradas principalmente en:

- consumo energético
- generación de residuos
- contaminación lumínica

La comunicación plantea y describe esta problemática relación con el desarrollo urbano y sostenible, y expone la metodología de análisis y cuantificación desarrollada por nuestro equipo en diferentes estudios de casos reales. Como ejemplo de la problemática y metodología, se presenta el estudio realizado del alumbrado público de los municipios de la Isla de Mallorca.

## ABSTRACT

Public lighting has experienced a remarkable development and expansion around the communities of the developed world, provoking environmental effects, which are mainly concerned with:

- energetic spending
- waste production
- light pollution

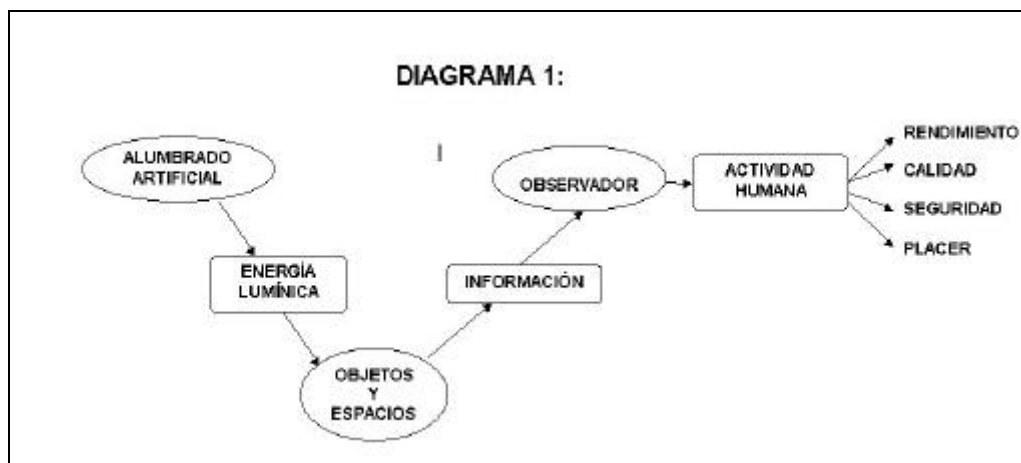
This paper gives the outline and describes this problematic relationship with the urban tenable development as well as explains the methodology of analysis and quantification developed by our team in different studies of real cases. As an example of both these problem and methodology, it is shown the study on the public lighting of the municipalities from the Mallorca Island.

## 1. ALUMBRADO Y CIUDAD

El Alumbrado de calles, plazas, jardines, edificios representativos, monumentos etc... es una muestra mas en un ámbito concreto de las aplicaciones del Alumbrado Artificial en nuestra sociedad actual. El siglo XX ha vivido el desarrollo del Alumbrado Artificial en la forma en que hoy en día lo concebimos. Por brevedad, no entraremos en descripciones históricas. Apuntaremos tan solo que, si bien el ser humano ha utilizado Alumbrado Artificial desde los albores de la Prehistoria, el siglo XIX marcó un punto de inflexión en su evolución, cuyas consecuencias plenas se alcanzan en la segunda mitad del siglo XX. Podríamos definir la diferencia con la siguiente consideración:

- En épocas anteriores, el ser humano debía conformar la satisfacción de sus necesidades a las posibilidades limitadas del Alumbrado Artificial.
- Hoy en día, las prestaciones de este superan en nivel y cualidad las exigencias de la necesidad humana.

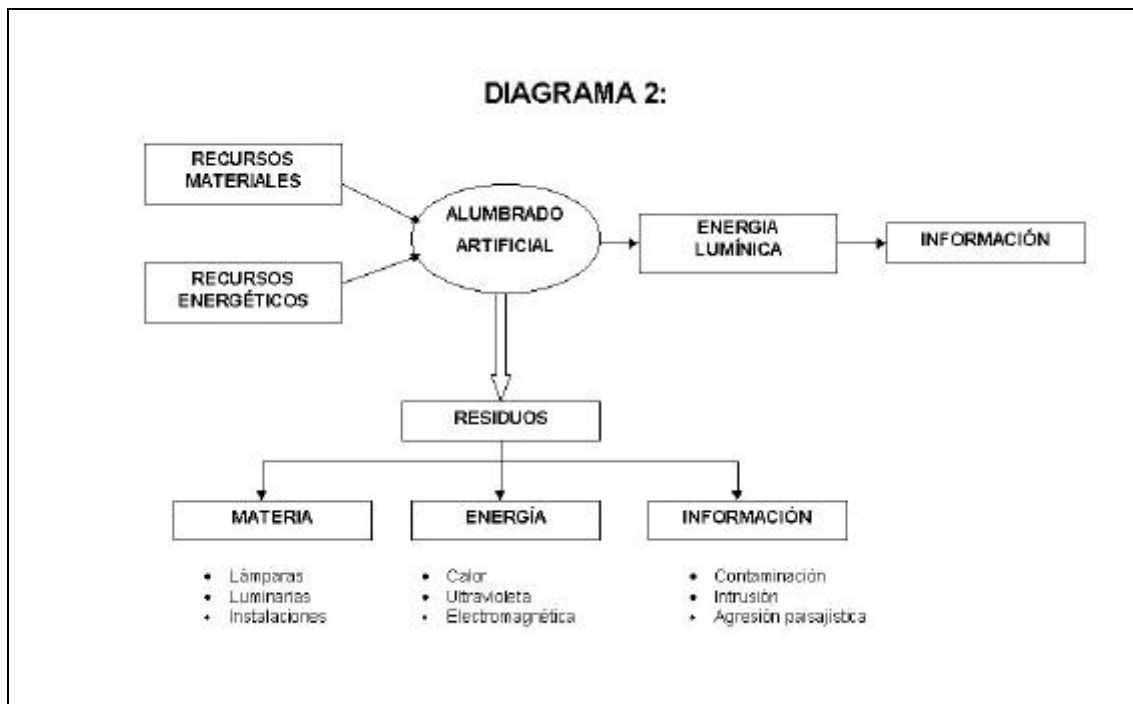
Anteayer la limitación estaba en la potencia, características, limitaciones...de los Sistemas de Alumbrado. Hoy en día la limitación esta en manos del Proyectista de iluminación y en los planteamientos del Programa de Diseño que asume. Esta afirmación es valida también en el campo específico del Alumbrado Urbano.



*Figura 1. Diagrama 1*

El **diagrama 1** esquematiza medios y finalidades del uso del Alumbrado Artificial:

- El Sistema de Iluminación actúa como “convertidor de energía”. Otro tipo de energía —en nuestros días la eléctrica—, es transformada en radiación electromagnética en la banda de luz visible. Esta energía lumínica es la que activa el proceso de información visual que permite aprehender el mundo exterior.



*Figura 2. Diagrama 2*

Pero, si el anterior diagrama muestra “intencionalidad “, el siguiente (DIAGRAMA 2) muestra la realidad que lo acompaña y los residuos, involuntarios pero inevitables, que genera su funcionamiento.

- El funcionamiento del Sistema de Iluminación presupone un consumo de recursos materiales y energéticos. Inevitablemente genera la producción de residuos:
  - Materiales: productos obsoletos, especialmente lámparas....
  - Energéticos: radiación infrarroja, ultravioleta, electromagnética....
  - Informativos: contaminación lumínica, luz intrusa, agresión paisajística.

En el Alumbrado Urbano nos enfrentamos a un aspecto concreto de esa problemática general, con rasgos comunes, aunque a la vez con características específicas. Su **problemática respecto a la sostenibilidad** se estima **hoy en día** centrada en tres aspectos: **consumo energético, contaminación lumínica y residuos peligrosos**

Hemos subrayado la expresión **hoy en día** porque antes de la primera crisis del petróleo —años setenta— ninguno de estos aspectos era considerado relevante. La energía fue el primero en revelarse, por causa de su encarecimiento. Los restantes fueron esperando a que se agudizasen sus consecuencias para, en etapas sucesivas, ir “convirtiéndose” en problemas. Con estos antecedentes, es prudente pensar que tal vez la lista no este completa y asistamos en el futuro a una ampliación de sus términos. La influencia de la luz sobre la biología y salud es quizás un candidato bien colocado

## **2. METODOLOGÍA DE ESTUDIO**

El estudio del **alumbrado urbano** bajo el prisma de la **sostenibilidad** ha requerido —especialmente en el ámbito de la **contaminación lumínica**— el desarrollo de nuevas metodologías de análisis y estudio. Básicamente, el proceso incluye las fases siguientes:

### **1. INVENTARIO DEL ALUMBRADO EXISTENTE**

En la gran mayoría de los casos, este inventario no existe, por lo que debe efectuarse una inspección total o, si el ámbito es demasiado extenso, una estimación muestral o estadística.

### **2. ANÁLISIS DEL CONSUMO ENERGÉTICO**

Mediante datos de medición y facturación, o estimaciones a partir del inventario.

### **3. ESTUDIO DE CAMPO**

Observación concreta de los sistemas: medición lumínica y eléctrica.

### **4. TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

Bases de datos, simulaciones informáticas....

### **5. DIAGNÓSTICO**

a. Ratios energéticos: eficacia, potencia, consumo, reactiva, facturación.

- b. Contaminación lumínica: EFS (Emisión de Flujo Superior, GRE (Grado Relativo de Emisión)
- c. Producción de residuos: análisis de materiales y programas de mantenimiento.

#### 6 .PROPUESTAS DE ACTUACIÓN:

Planteamiento de medidas correctoras. Simulación de aplicación para evaluar: costes, beneficios y prestaciones.

Se describen a continuación los resultados de aplicación en los 52 municipios de la Isla de Mallorca, exceptuando su capital.

### 3. ALUMBRADO URBANO EN LA ISLA DE MALLORCA

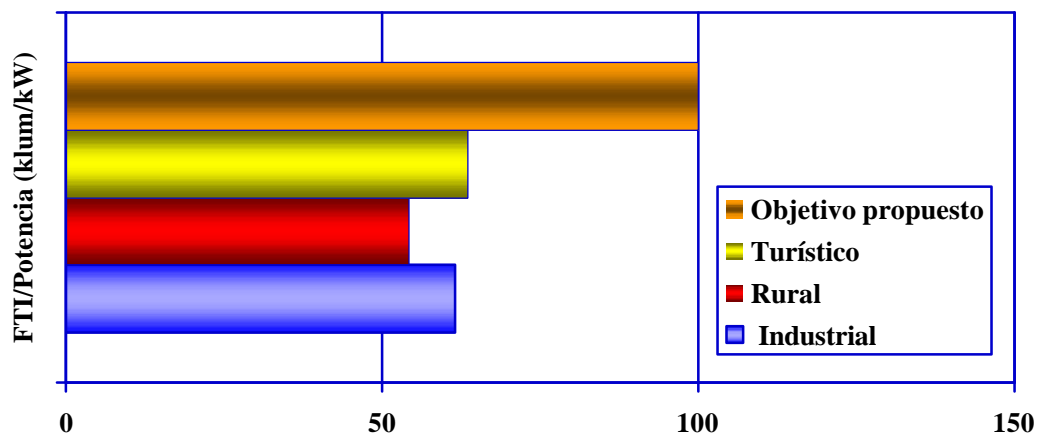
Ante todo, es preciso señalar las condiciones específicas peculiares de este caso :

- La insularidad del territorio determina un aislamiento en el suministro energético que acentúa la importancia de las mejoras en eficiencia
- La actividad turística de la zona determina una curva de demanda muy variable en tiempo y espacio. La demanda turística alcanza un orden del 40% del total.
- La carencia de información, junto con la diversidad de tipologías de municipio, ha obligado a realizar un análisis complejo relacionando: tipologías de iluminación, tipologías de municipios, características de población.

### 4. PROBLEMÁTICA

Si bien es cierto que la elevada actividad turística provoca la existencia de un número muy elevado de instalaciones, la principal problemática no está relacionada tan sólo con la **cantidad** sino que depende en gran medida de la **calidad** de las instalaciones. La metodología ha permitido detectar una serie de deficiencias, de entre las cuales destacan la escasa implantación de sistemas de reducción de flujo, la ejecución de la maniobra de encendido mediante sistemas poco fiables y, sobre todo, la **abundante utilización de lámparas y luminarias poco eficientes**. Dejando al margen las implicaciones en materia de calidad de servicio y de contaminación lumínica —aspecto que se tratará a continuación—, la consecuencia

inmediata de todo ello radica en el hecho de que el sistema de alumbrado, en su conjunto, resulta de una **eficiencia energética muy pobre**.



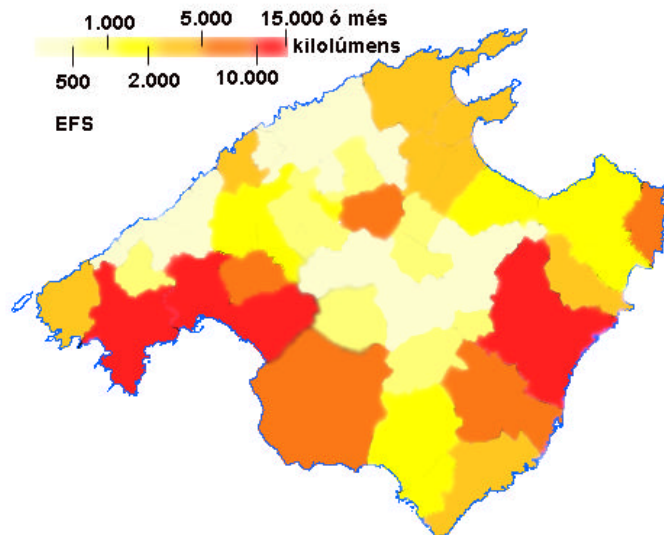
*Figura 3-Comparativa entre la eficiencia media de las lámparas utilizadas en cada tipología y la eficiencia potencial alcanzable mediante las medidas propuestas*

Otra consecuencia inmediata del tipo de instalación existente reside en los elevados niveles de **contaminación lumínica (CL)**. De manera simple, se puede definir la CL como el resplandor producido en el cielo nocturno por la difusión de luz artificial. Los parámetros utilizados para cuantificarla han sido dos:

1-La **emisión de flujo superior (EFS)**, que hace referencia a la cantidad de flujo que escapa de la ciudad hacia la bóveda celeste.

2-El **grado relativo de emisión (GRE)**, que hace referencia al resplandor producido por dicho flujo. La fórmula para hallar el GRE, desarrollada por Díaz Castro (IAC), se basa en el hecho de que la dispersión de la luz en la atmósfera es mayor o menor en función de su longitud de onda.

EL **GRE total detectado asciende a 85.000**, mientras que el **EFS alcanza los 95.000** kilolúmenes, distribuidos según muestra la *figura 4*



*Figura 4- Emisión de flujo superior en Mallorca*

Al **perjuicio paisajístico** debido al resplandor producido, hay que añadir las **alteraciones en la fauna y la flora**, así como **las molestias provocadas a los propios seres humanos** (luz intrusa). Además de todas estas implicaciones, no debe pasarse por alto que el flujo emitido hacia el cielo no deja de ser **energía desperdiciada**.

## 5. MEDIDAS CORRECTORAS

La reconducción de la situación ha pasado por modificar gran parte de las instalaciones existentes, estableciendo una distinción entre **actuaciones a corto y largo plazo**, según su periodo de amortización sea inferior o superior a cuatro años, respectivamente.

De entre las medidas a corto plazo, la más destacable es **la sustitución de lámparas de vapor de mercurio** —relativamente poco eficientes y de espectro de emisión contaminante— por lámparas de vapor de sodio de alta presión —energéticamente más eficientes y de espectro menos contaminante—. Se reserva un porcentaje de lámparas de vapor de mercurio para su uso en aquellas zonas donde son importantes las prestaciones de color. Entre las medidas a largo plazo, destacan el cambio de dispositivos de encendido, la aplicación de reducción de flujo, la instalación de condensadores y, sobre todo, el **cambio de luminarias de alto FHS** por otras potencialmente menos contaminantes.

Desde el punto de vista estrictamente energético, la reducción que se obtiene alcanza el 12,6% a corto plazo y supera el 50% si se combinan las medidas a corto y largo plazo

	LUMINARIAS				
	ENCENDIDO				
	REDUCCIÓN FLUJO				
	CAMBIO LÁMPARAS				
consumo [MW-h/año]	35.847	31.313	30.562	29.033	17.420
ahorro [MW-h/año]	0	4.534	5.285	6.814	18.427
% ahorro	0	12,6%	14,7%	19,0%	51,4%

fase	estado actual	corto plazo	largo plazo	
------	---------------	-------------	-------------	--

Tabla 2- Evolución del consumo energético según las medidas aplicadas.

El ahorro energético conseguido se traduce en un **notable ahorro económico** y una menor dependencia en las centrales de producción de energía. Este hecho cobra especial relevancia en el ámbito de Mallorca puesto que, como se ha mencionado, toda la electricidad consumida es producida en la propia isla. Además, las centrales allí existentes no se encuentran precisamente entre las menos contaminantes. Todas responden al perfil de central térmica clásica de carbón —de calidad variable— En este marco, el ahorro energético producido se traduce en una **disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub> de 7,4 kilotoneladas/año**, 81 toneladas/año de SO<sub>2</sub>, 22,7 ton /año de óxidos de nitrógeno y una reducción en la emisión de partículas de 3,22 ton/año.

	CAMBIO LUMINARIAS		
	CAMBIO LÁMPARAS		
EFS total (klum)	95.000	95.000	45.000
GRE total	86.738	78.850	37.350
Reducción GRE total	0	16.150 (18,6%)	49.388 (56,9%)

fase	estado actual	corto plazo	largo plazo
------	---------------	-------------	-------------

Tabla 3- Evolución de la Contaminación Lumínica según medidas aplicadas.



Gracias a las actuaciones, se obtiene, a su vez, una notable **reducción de la contaminación lumínica**.

Los valores de **EFS** y, sobre todo, **GRE** —indicador del resplandor producido— **disminuyen notablemente  $\frac{3}{4}$  hasta un 56% en el caso del GRE $\frac{3}{4}$  recuperando en gran medida la calidad del cielo nocturno** sin olvidar, por supuesto, el resto beneficios ambientales que ello conlleva.

## CONCLUSIONES

Este estudio demuestra —al igual que otros realizados o en curso— la existencia y magnitud de la **problemática de la sostenibilidad en el Alumbrado Urbano**.

También puede apreciarse la posibilidad de emprender **acciones correctoras**. El ahorro en el consumo energético deriva en un beneficio económico que puede rentabilizar las inversiones necesarias.

En una satisfacción constatar que, a partir del estudio realizado, ya está en marcha en la Comunidad Balear un conjunto de actuaciones que comprenden:

- Reformas de instalaciones
- Subvenciones económicas
- Experiencias piloto demostración
- Cursos de formación técnica

## CORRESPONDENCIA:

Dr Ramon San Martín Páramo. Profesor Titular <sup>1p</sup>

ramon.san.martin@upc.es<sup>2p</sup>

Álvaro Jiménez Sánchez . Ingeniero Industrial

alvaro.jimenez@upc.es

-----  
*Estudis Luminotècnics UPC*

Avd. Diagonal 647- ETSEIB- Edificio H planta 10

08028 Barcelona

Tel +34 93 401 71 68/ Fax +34 93 334 02 55