

# EFICIENCIA ENERGETICA EN LOS SISTEMAS DE ILUMINACION



**Consejo Profesional de Arquitectura  
e Ingeniería de Misiones**

Ing. Alejandro Cuevas

# INTRODUCCION

Comencemos por aceptar que la luz es una manifestación de energía en forma de radiación electromagnética, capaz de afectar nuestro sistema visual, o expresado de otra manera, la luz es la sensación obtenida por el órgano de la visión debido a la excitación del mismo por determinadas radiaciones. Se denomina radiación a la transmisión de energía a través del espacio con carácter ondulatorio, sin necesidad de medio material alguno, y su velocidad es de 300.000km/seg en el vacío, siendo una relación fundamental el producto de la longitud de onda de la radiación por la frecuencia de la misma lo que da igual a “C”, velocidad de la luz en el vacío que constituye una constante fundamental en la física óptica. La velocidad de propagación disminuye cuando aumenta la densidad del medio.

Habitualmente tenemos la idea de que la luz del día es blanca, y que la percibimos en forma sencilla y única, pero la realidad es que esta compuesta por un conjunto de radiaciones electromagnéticas. En la física óptica se estudia experimentalmente la dispersión de un rayo de luz blanca diurna, que al atravesar un prisma triangular de vidrio transparente, e interceptando el haz emergente del prisma sobre una pantalla se puede apreciar una banda continua luminosa de lo que conocemos como colores contenidos en el arcoíris: rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul, añil y violeta, donde cada uno de esos colores se corresponde con una determinada zona de radiación del espectro electromagnético. El ojo es el órgano fisiológico mediante el cual se realizan las sensaciones de luz y color, recibiendo la energía luminosa y transformándola en energía nerviosa, que es conducida por el nervio óptico hasta el cerebro.

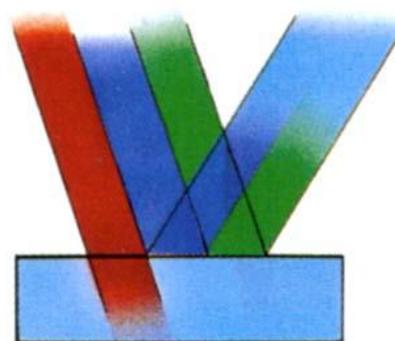
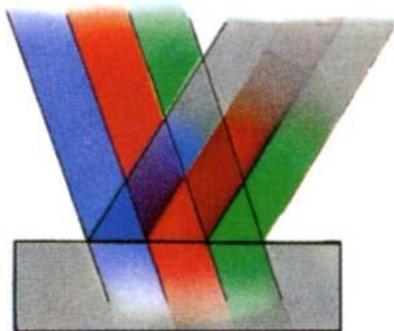
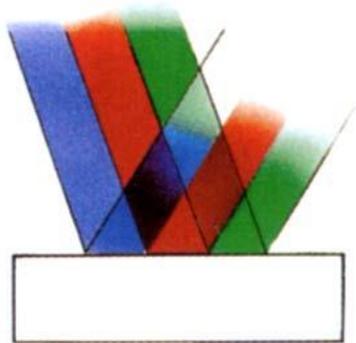
El color es por lo tanto una interpretación psicofisiológica del espectro electromagnético visible, también podemos afirmar que las sensaciones cromáticas dependen de la clase o composición espectral de la fuente de luz y de las propiedades de reflexión y de transmisión de los cuerpos iluminados. El conjunto de radiaciones electromagnéticas que configuran la luz blanca se extiende desde 380 a 780 nanómetros, siendo los límites de la luz blanca visible, y donde a cada color componente señalados como los del arco iris le corresponde una longitud de onda, pero sucede que nuestro cerebro no puede distinguir por sí solo cada una de las radiaciones componentes de la luz blanca, y procede a realizar un proceso aditivo, que da lugar a la luz blanca. No sucede lo mismo con el proceso auditivo donde es capaz de distinguir y diferenciar tonos e intensidades de las ondas sonoras.

# Longitudes de Onda de la Luz



# PRINCIPIOS GENERALES DE ILUMINACION

- La impresión del color de un cuerpo depende de la composición espectral de la luz con que se la ilumina y de las propiedades que posea de reflejarla, transmitirla o absorberla. Un cuerpo será blanco y posee la propiedad de reflejar todos los colores del espectro visible y es iluminado con una fuente que emita luz blanca, o simplemente la luz del día. Si El cuerpo posee la propiedad de absorber todas las radiaciones del espectro visible, el mismo cuerpo aparecerá color negro, tanto si lo iluminamos con una fuente monocromática, como la de la luz blanca.



El color de los cuerpos depende de la parte del espectro que absorban y la parte que reflejen. De arriba abajo y de izquierda a derecha: el objeto blanco refleja todo el espectro; el negro lo absorbe todo; el gris absorbe parcialmente todos los colores; el amarillo sólo absorbe el azul intenso; el objeto rojo sólo absorbe el verde; el objeto azul refleja el azul intenso y el verde.

# FOTOMETRIA: FORMAS DE MEDIR LA LUZ

- **FLUJO LUMINOSO:** Es la cantidad de luz que emite una lámpara por segundo que percibe el ojo humano. Su unidad de medida es el lumen (lm) , y cada fabricante de lámparas proporciona ese dato en sus catálogos y paquete que contiene la lámpara. Su símbolo es la letra Phi
- **INTENSIDAD LUMINOSA:** es el flujo luminoso emitido en una dirección determinada; esta magnitud se entiende únicamente referida a una determinada dirección, y contenida en un Angulo solido (estereorradianes) por lo cual se define también como la densidad angular del flujo luminoso, y su letra característica la “I”, siendo su unidad la candela: I (cd),

- **RENDIMIENTO LUMINOSO:** indica el flujo luminoso que emite una lámpara por cada unidad de potencia eléctrica consumidos para su obtención. Su unidad de medida es la relación Lúmenes/watio ( $\text{lm/W}$ )
- **ILUMINANCIA o NIVEL DE ILUMINACION:** Es la relación entre el flujo luminoso y la superficie que recibe ese flujo. Es la densidad superficial del flujo. Se lo designa con la letra “E” y su unidad es el LUX y  $1\text{Lux} = 1\text{lum}/1\text{m}^2$ . Para cada tipo de tarea existe un nivel de iluminación fijado por IRAM-AADL
- **TEMP. DE COLOR:** de una fuente luminosa se corresponde por comparación a aquella con la que el cuerpo negro presenta el mismo color que la fuente analizada. Por ejemplo:
  - Entre  $2700^\circ\text{K}$  -  $3200^\circ\text{K}$  “blanco cálido”
  - Entre  $4000^\circ\text{K}$  -  $5000^\circ\text{K}$  “blanco neutro”
  - Entre  $5000^\circ\text{K}$  -  $6500^\circ\text{K}$  “blanco frío”

- **LUMINANCIA:** la luminancia de una superficie en una dirección determinada, es la relación entre la intensidad luminosa en dicha dirección y la superficie aparente , que vendría ser la superficie vista por un observador situado en la misma dirección. Es la que produce en el órgano visual la sensación de claridad, pues la luz no se hace visible hasta que es reflejada por los cuerpos. La mayor o menor claridad con que vemos los objetos igualmente iluminados, depende de su “luminancia”. Ella puede ser directa cuando se la aprecia de la fuente luminosa en forma de intenso brillo, o indirecta cuando es reflejo proveniente de cuerpos iluminados, por ej. vidrios o espejos. En un escritorio de madera oscura, vemos el mismo de una forma, y un papel blanco sobre el, de otra forma, pues hay diferencia de luminancias a pesar de tener todo el escritorio un mismo nivel de iluminación. Se la simboliza con la letra “L” siendo su unidad,  $(\text{Cd}/\text{m}^2)$  o “NIT” ; el submúltiplo  $(\text{Cd}/\text{cm}^2)$ .

- **RENDIMIENTO CROMÁTICO:** también llamado índice de reproducción cromática, y es un parámetro de importancia en la selección de lámparas porque evalúa la fidelidad con que se muestran los colores de los productos exhibidos. Para determinar el IRC o CRI del inglés, se realiza un procedimiento aprobado por la CIE que consiste en iluminar un color de muestra establecido con la luz de referencia y con la luz que se analiza. La evaluación cuantitativa del desvío del color que se produzca, representa el “índice de reproducción cromática”, cuyo valor máximo puede alcanzar 100, tomado para la luz de referencia.

# PARAMETROS DE IMPORTANCIA PARA SELECCIÓN DE LAMPARAS

- Vida útil en horas.
- Rendimiento luminoso (lúmenes /Wattios).
- Rendimiento cromático (porcentaje de reproducción de colores).
- Tono de luz (temperatura de color °K).
- Luminancia (brillo )
- Costo anual: lámpara + energía consumida + mantenimiento

# **PORQUE TRATAMOS LA EFICIENCIA ENERGETICA EN LOS SISTEMAS DE ILUMINACION**

- Porque con ella logramos varios beneficios, aun en los casos en que el costo inicial de un sistema particular de alumbrado tenga mayor costo que uno convencional.
- En la República Argentina, el consumo en general de los sistemas de iluminación alcanza entre un 25 y un 30% de la totalidad de la generación de Electricidad y la eficiencia energética también constituye un índice alto. Tomando por ejemplo la potencia eléctrica empleada para producir una iluminancia horizontal de 100 lux se necesitan entre 6,5 y 7 Watts, comparada por ejemplo en Europa, donde es necesario solamente entre 3 y 3,5 Watts; si relacionamos esas potencias con el estado actual de la ciencia y arte de iluminación, solo hace falta 1 Wat para obtener la misma iluminación de 100 lux en el plano horizontal, a la misma distancia.

- Además, de considerarse la economía a que conducen la eficiencia energética en los sistemas de alumbrado, debe tenerse muy presente que la generación de origen térmico de la energía eléctrica es responsable en proporción de su consumo de una gran contaminación atmosférica, con efectos perjudiciales sobre el medio ambiente, a lo que además debe sumarse que en los sistemas más antiguos y actuales de alumbrado en uso, sus desechos al fin de su vida útil también generan una diversidad de elementos contaminantes y hasta tóxicos. Por lo tanto hay sobradas razones por lo cual se debe lograr en el corto plazo la implementación y uso de los sistemas de alumbrado con elevada eficiencia energética.

Ejemplo: Ahorrando 1,3 kWh de energía, se dejarían de emitir

812 gramos de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)

0,84 gramos de Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)

2,5 gramos de Nitroxidos (NO<sub>x</sub>)

- El objetivo de las instalaciones de alumbrado es en general conseguir para un determinado ambiente las condiciones de una óptima visión, funcionalidad, seguridad, uniformidad aceptable, confort visual, y también crear por medio de efectos, destacados puntuales, barridos de luces y colores, sombras en lugares, un determinado ambiente cromático, fijo o variable, el control del deslumbramiento directo y reflejado, una atmósfera definida previamente según de que tipo de evento se trate, es decir ajustable según necesidad, acentuaciones, orientación visual, señalizaciones, iluminación arquitectónica, caracterizaciones de un estilo comercial, de una marca o símbolo que identifica algo. Cada caso tendrá sus requisitos y normas definidas que cumplimentar según de que se trate. Ya es un hecho que se da más importancia a la influencia emocional como factor creador de atmósferas que afectan al estado de ánimo, el bienestar y la salud de las personas. Una correcta iluminación es a la vez ciencia y arte que combina tecnológicamente la física óptica, ingeniería, diseño, fisiología y psicología.

- El concepto de eficiencia en el sistema de alumbrado debe lograrse por medio de un buen diseño acorde a todos los objetivos mencionados en general, con el menor costo posible, optimizando la relación costo-beneficio, aclarando que ellos no son solo costos de energía, sino incluyen amortización de las instalaciones, el mantenimiento, limpieza y reposición de lámparas y equipos, y que por lejos, pagar la energía es lo más caro de sostener razón por lo cual se justifica ampliamente la implementación de todas las medidas que conduzcan a una mayor eficiencia energética.

- No debe confundirse con el subdimensionado de la instalación de alumbrado, (o sea hacerla con menor nivel de iluminación que lo recomendado por las normas), ni con el submantenimiento (menos mantenimiento que el recomendable), que con frecuencia se realiza atendiendo a razones económicas creyendo que se hace economía en los gastos. La experiencia demuestra que con esos recursos el ahorro logrado es muy inferior a los perjuicios que ello ocasiona por baja performance visual, pérdida del confort en los ambientes, baja productividad, multas y cuestiones legales con relación a accidentes y falta de cumplimiento de leyes de uso obligatorio como la establecida por la ley 19587, y su decreto reglamentario: HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO.

- Solo cuando las condiciones visuales y de diseño del sistema de alumbrado destinado a un fin específico están satisfechas conforme a las normativas y requerimientos del lugar que se trate, puede considerarse la eficiencia del sistema de alumbrado, procediendo a evaluar la cantidad de energía eléctrica que se está consumiendo, y el mismo será más eficiente cuando menos energía consuma.
- La energía se calcula a partir de la potencia conectada al sistema de iluminación, **P (KW)**. Dado que esa potencia está definida por una cierta cantidad de luces y cómo funcionan en el tiempo, es decir la forma de sus usos, que en general no permanecen constante, es necesario proceder a su integración en un cierto intervalo de tiempo, que denominamos **T**, tal cual lo haría un medidor de energía como el que disponemos en nuestras casas.
- Si llamamos **Pp** a la energía disipada por el sistema de alumbrado en un periodo de tiempo **T**, o sea su valor medio en KW determinado por el diagrama de cargas, medido y o registrado se tendrá la siguiente expresión:

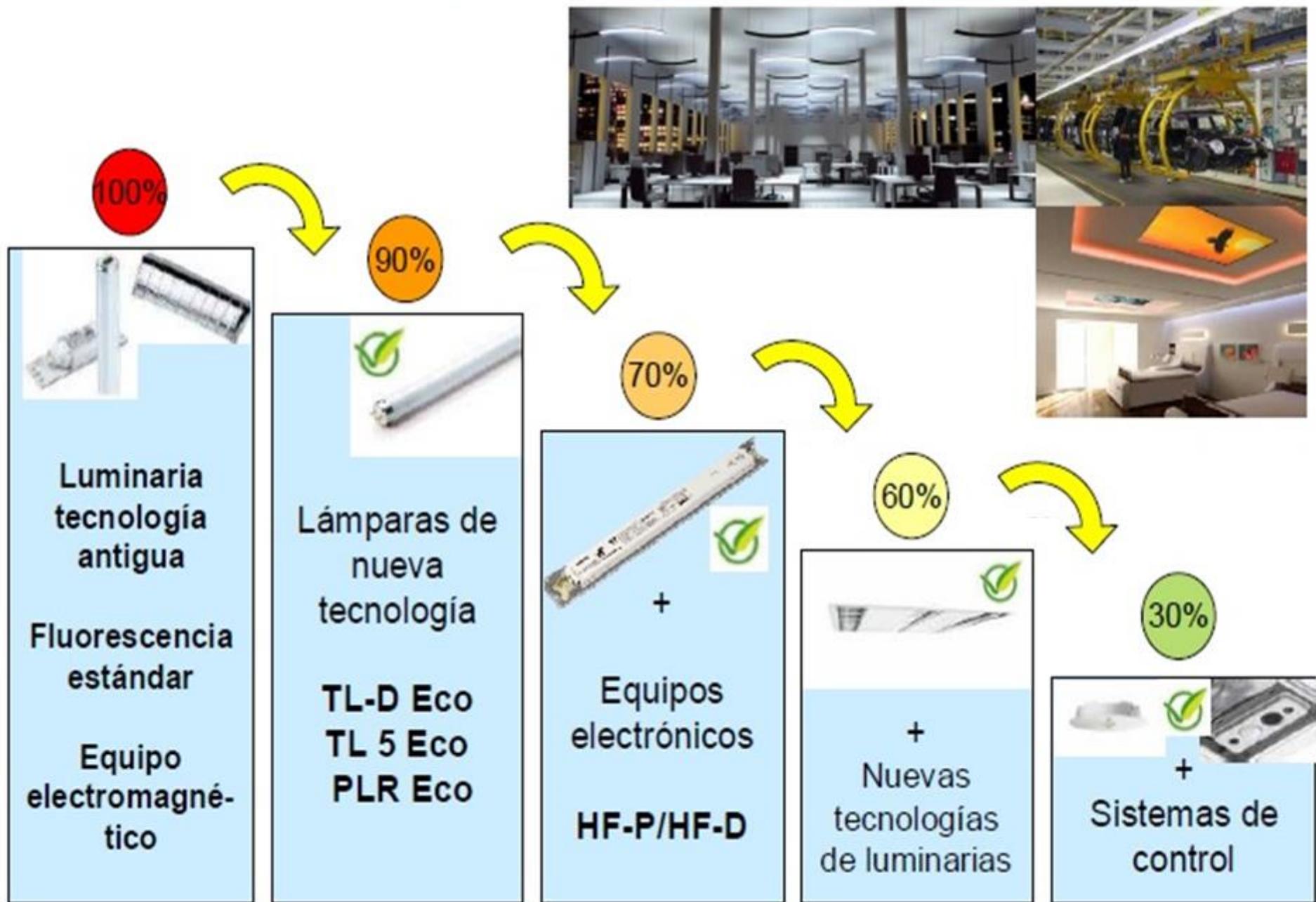
$$E = Pp.T$$

- Que nos permite visualizar los dos aspectos fundamentales para considerar la eficiencia energética : por una lado la potencia eléctrica, que es algo intrínseco a la instalación, y por el otro lado el tiempo de encendido del sistema de alumbrado, o la forma del uso que se haga de ella, que se denomina “eficiencia de uso, que se puede manejar en forma automática mediante el uso de sensores por ejemplo de movimientos, temporizadores del control, sensores de iluminación natural y artificial, que habilitan el sistema a un nivel prefijado previamente, programas de control diseñados específicamente conforme a las necesidades, por horas, zonas y turnos de trabajo. En resumen:

**EF. DEL SISTEMA = EF. DE LA INSTALACION + EF. DE USO**

- Entendiéndose por eficiencia de la instalación el mínimo requerimiento de potencia eléctrica de la instalación para lograr las condiciones de iluminación necesarias, y por eficiencia de uso el mínimo uso que puede hacerse de la instalación sin la disminución de la performance optima que requieren las condiciones de iluminación.
- Cuando se trata de una instalación existente la evaluación de su eficiencia energética se hace por mediciones, cálculos o ambas cosas. Cuando se trata de un diseño-proyecto se efectúan varias alternativas y por medio de cálculos el diseñador optara por la que reuniendo las condiciones resulte mas eficiente.

# Resumen: Ahorros energéticos por aplicación de nuevas tecnologías



# Comparativa en alumbrado industrial

## Tecnología antigua:

- Vapor de mercurio 250 y 400 W
- Ópticas de bajo rendimiento
- IP sin definir (mayor mantenimiento)
- Consumo por 400 W  $\rightarrow$  424 W

## Tecnología nueva:

- Halogenuros metálicos 150 y 250 W
- Ópticas de alto rendimiento
- IP = 65
- Consumo por 250 W  $\rightarrow$  274 W
- Rend. superior de la luminaria = 20%



¡+50%  
AHORRO!



Ahorros por cada 1000 Luminarias usadas 4000 horas al año  $\rightarrow$   
800.000 KW y 336.000 Tm CO<sub>2</sub> apróx.

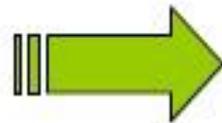
# Comparativa en alumbrado de oficinas

## Tecnología antigua:

- Balastos electromagnéticos
- Tubos de bajo rend. lumínico y bajo rend. de color
- Luminarias deslumbrantes de bajo rendimiento
- Consumo lum. 4x18 = 112 W



¡+50%  
AHORRO!



## Tecnología nueva:

- Balastos electrónicos (25% ahorro)
- Tubos TL5 gama 80 (+10% rend. lum.)
- Reproducción cromática > 80
- Pantallas antideslumbramiento y alto rendimiento
- Consumo lum. 4x14 + eficiencias = 55 W



Ahorro por cada 1000 luminarias usadas 4000 horas al año →  
238.000 KW y 99.960 Tm CO<sub>2</sub> apróx.

# COMPARATIVO

## LÁMPARAS



	<b>INCANDESCENTE</b>	<b>BAJO CONSUMO</b>	<b>LED</b>
<b>POTENCIA</b>	100W	27W	7W
<b>VIDA ÚTIL</b>	1.000 HORAS	10.000 HORAS	50.000 HORAS
<b>RECAMBIOS</b>	50 UNID.	5 UNID.	1 UNID.
<b>AHORRO DE ENERGÍA</b>	0%	60%	80%
<b>CANTIDAD DE ENERGÍA CONVERTIDA EN LUZ</b>	5%	60%	95%
<b>CANTIDAD DE ENERGÍA CONVERTIDA EN CALOR</b>	95%	40%	5%
<b>TIPO DE RADIACIÓN DE LUZ</b>	POLICROMÁTICA	POLICROMÁTICA	MONOCROMÁTICA
<b>RADIACIÓN PERJUDICIAL</b>	UVA - UVB - IR - EMF	UVA - UVB - IR - EMF alto	NINGUNA
<b>ELEMENTOS PERJUDICIALES</b>	Pb (Plomo) - Vidrio	Hg (Mercurio) - Pb (Plomo) - Vidrio	NINGUNO

# VENTAJAS DE LA TECNOLOGIA LED

1. Se aprovecha un 90% de la luz emitida, emitiéndose el 10% restante en calor.
2. Ahorro del consumo eléctrico hasta el 80%.
3. Ahorro ecológico: no contiene mercurio, plomo y no genera emisiones de CO2.
4. No hay emisión de radiaciones ultravioletas ni infrarrojos, ni atraen mosquitos.
5. Se pueden controlar los colores en una extensa gama.
6. Su vida útil llega a las 50000hs. No hay mantenimiento ni recambio en ese termino.
7. Encendido instantáneo.
8. Resistencia a golpes y vibraciones.
9. No tiene degradación en su intensidad lumínica.

# SISTEMAS DE CONTROL

Con relación a los sistemas de control, los sensores de movimientos o presencias son de mucha aplicación en los edificios públicos y comercios, generalmente con una iluminación mínima, y al detectar la presencia se alcanza un nivel superior, y que al irse el usuario, desconecta las fuentes encendidas. También hay sensores que trabajan con la luz natural, y vienen programados de tal manera que mantienen un nivel constante de iluminación a medida que desciende la luz natural, aumentando hasta llegar al nivel deseado, por ejemplo 1000 lx, todo el tiempo que se halla programado su ciclo de trabajo. Al día siguiente, mientras haya suficiente luz natural, no enciende, y luego a medida que se va oscureciendo, entran las luces necesarias para alcanzar el nivel preestablecido.

# Sistemas de control básicos (oficinas)

## AHORROS

Control de Presencia:



**50%-30%**

Regulación por Luz Natural:



**50%-30%**

# Sistemas de control básicos (naves)

PRESENCIA



AHORROS

50%-30%

LUZ NATURAL



Controlador y Fococélula para altura 7m



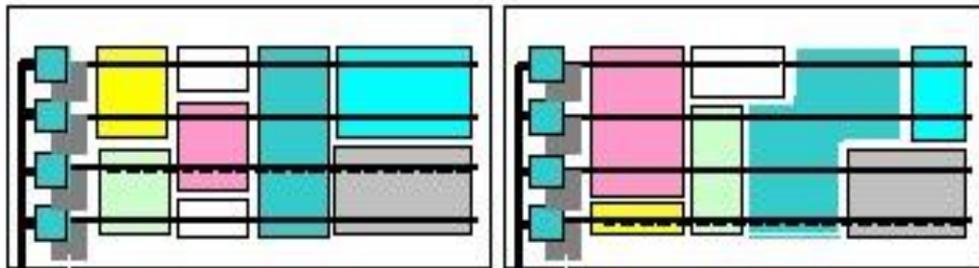
50%-30%

# Controles para sistemas de fluorescencia

- Regulación del nivel de iluminación:

- Adaptándolo a la tarea
- Aprovechando el nivel de luz natural
- Por control de presencia
- Programado a voluntad

- Flexibilidad: agrupaciones de alumbrado



- Monitorización del sistema de Iluminación:

- Cálculo de consumos por grupo de alumbrado/luminaria
- Información de fallos por punto de luz

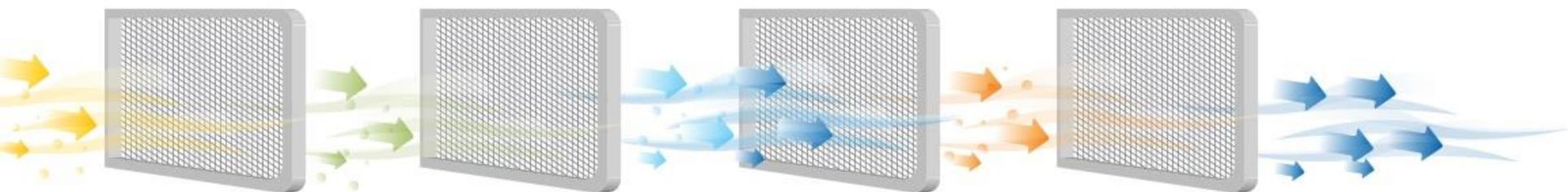
## LON-DALI



# EQUIPAMIENTO DE CONFORT

El significado de la palabra confort es muy amplio, y en general puede ser ofrecido por objetos, equipamientos, circunstancias ambientales, otras y podemos hablar de confort higrotermico, acústico, visual, de zonas de confort y mucho mas. Aquí solo mencionaremos algunos equipos que hacen al confort desde el punto de vista de eficiencia energética en el acondicionamiento de aire y que son de aplicación residencial y comercial. En este tema lo mas aconsejable son los equipos “**inverter**”, con los cuales se logra un ahorro de energía entre 30% y 35%, los cuales poseen las siguientes características:

# ¿CÓMO FUNCIONA XPOWER INVERTER?



## FILTRO CARBÓN ACTIVO

Destruye las bacterias e impide su actividad en muy baja densidad mediante la destrucción de su configuración interna y la absorción de sus elementos en las células.

## FILTRO SILVER ION

Elimina ciertos tipos de olores y gases mientras que las fibras electrostáticas atrapan pequeñas partículas de polvo, humo y pelo de los animales, para evitar reacciones alérgicas.

## FILTRO VITAMINA C

Libera al aire Vitamina C, la cual es efectiva para suavizar la piel y reducir el estrés. La vida útil del filtro es de 2 años aproximadamente.

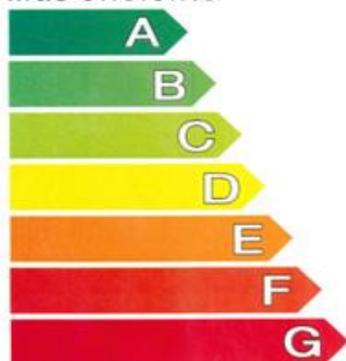
## FILTRO COLD CATALYTIC

El filtro de Catalizador frío atrapa y destruye Formaldehído y otros compuestos orgánicos volátiles (COV), así como gases y olores nocivos.

# Energía

Fabricante  
Unidad exterior  
Unidad interior

Más eficiente



Menos eficiente

Consumo de energía anual, kWh en modo refrigeración  
(El consumo efectivo dependerá del clima y del uso del aparato)

Potencia de refrigeración kW

Índice de eficiencia energética  
Carga completa (Cuanto mayor, mejor)

Tipo	Solo refrigeración	—
	Refrigeración/ calefacción	—
	Refrigerado por aire	—
	Refrigerado por agua	—

Potencia térmica kW

Clase de eficiencia energética en modo calefacción:  
A: más eficiente G: menos eficiente

Ruido  
[dB(A) re 1 pW]

Ficha de información detallada en los folletos del producto

Norma EN 14511  
Acondicionador de aire  
Directiva 2002/31/CE sobre etiquetado energético

Acondicionador de aire



Fabricante

Equipo

Clase energética



Logo del sistema de etiquetado ecológico si el equipo está acogido a el.

Consumo anual

Potencia de Refrigeración

Coefficiente de eficiencia energética

1558

10.00

3,21



Si el equipo es de "solo refrigeración" o "refrigeración / calefacción"

Potencia modo calor. Para equipos bomba de calor.

Clase energética modo calor

10.40

A B C D E F G

Nivel de ruido. Obligatorio solo para equipos portátiles

50



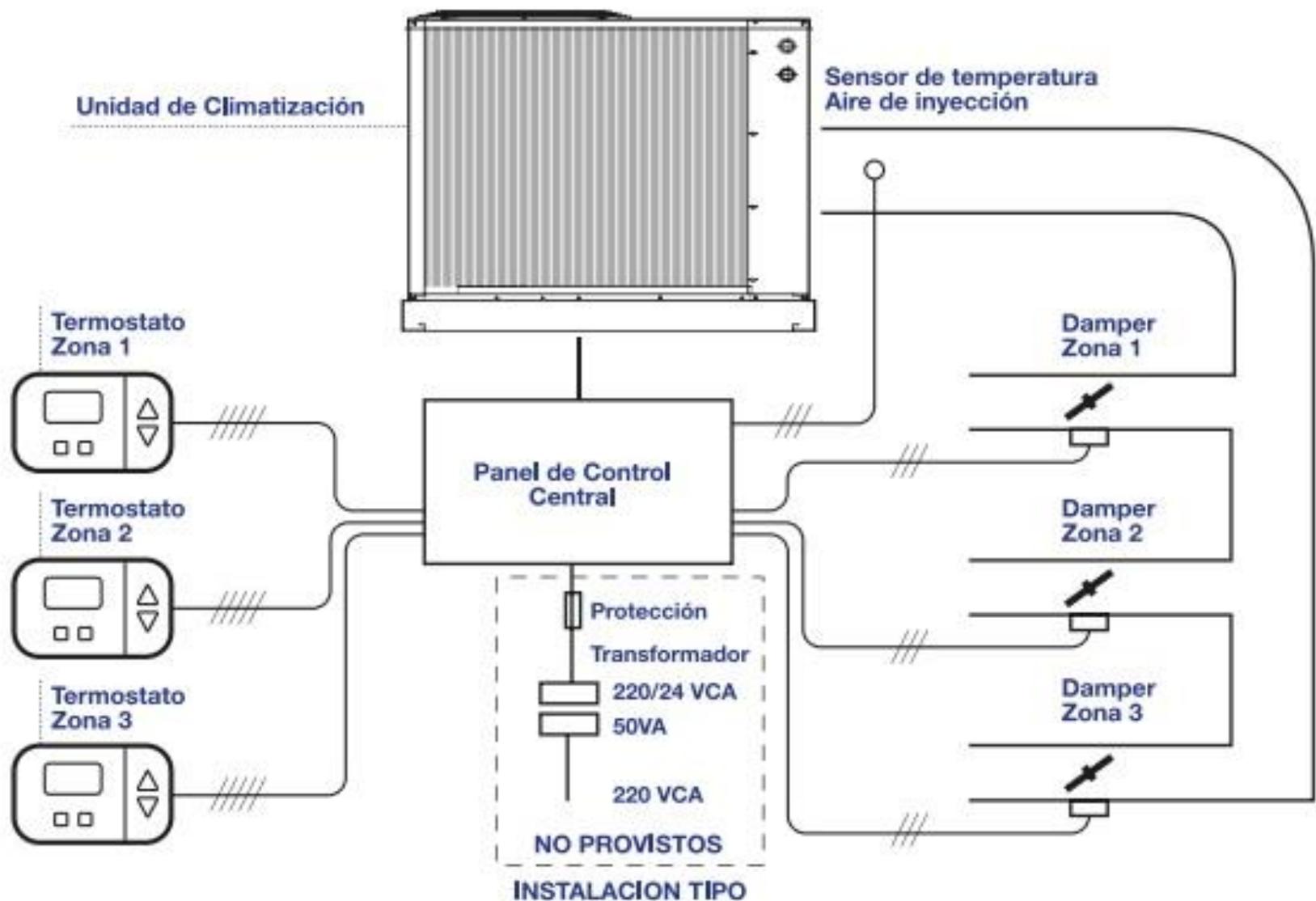
60014 BERLANT 0702 2008

# EQUIPAMIENTO DE AIRE ACONDICIONADO PARA COMERCIOS:

En este tema, lo aconsejable es dejar de lado los equipos antiguos 10-15 años que aun funcionan en supermercados, bancos y comercios en general. Reemplazándolos por los de nueva tecnología, cuyo aspectos importantes son:

1. Compresores scroll de alta eficiencia
2. Refrigerante ecológico R410A
3. Sistemas de control, multifunción, electrónicos digitales programables y no programables con extensa gama de funciones.

Hay modelos para cada aplicación o necesidad, siendo aconsejable el estudio de varias alternativas, evaluando costo inicial y de funcionamiento de los equipos.



**LA ENERGIA MAS BARATA Y LA  
QUE MENOS CONTAMINA ES  
LA QUE NUNCA SE USA**

**Muchas Gracias**