

# **MEJORA DE LA EFICIENCIA LUMÍNICA EN EL INSTITUTO EDUCACIÓN SECUNDARIA “LA SENDA”.**



**IES “LA SENDA” QUART DE POBLET, VALENCIA  
MARZO 2016**

## Resumen

El proyecto se realiza para mejorar la eficiencia de nuestro instituto, se puede conseguir desde varios campos, (la calefacción, el aislamiento, la luz...), nosotros hemos visto la facilidad con la que se puede conseguir mediante el ahorro energético, y concretamente en la eficiencia lumínica. Pretendemos ahorrar en el gasto de la factura eléctrica y mejorar las condiciones de iluminación del instituto. Hemos realizado en el taller unas pruebas con tubos fluorescentes y tubos LED, y encontramos resultados muy llamativos con ahorro del 28% en la potencia. Además hemos estudiado el ahorro de CO<sub>2</sub> en 16531 kg si cambiamos todos los tubos por los del tipo LED, manteniendo la misma iluminancia. Si somos capaces de lograr esto en todos los centros de la Comunidad Valenciana hay que multiplicar por 3599 y para España por 27790 cifras para tener en cuenta y apreciar el tesoro que es la eficiencia.

## Abstract.

The project is done to improve the efficiency of our institute, you can get from various fields (heating, insulation, light ...), and we have seen the ease with which it can be achieved through energy savings, specifically in the luminous efficiency. We intend to save on the expense of electricity bills and improve the lighting conditions of the institute. We have made some tests in the workshop with fluorescent tubes and LED tubes, and found very striking results with savings of 28% in power. We have also studied the CO<sub>2</sub> savings 16531 kg if we change all tubes by LED type, maintaining the same luminance. If we are able to accomplish this in all centres of Valencia multiply by 3599 and to Spain by 27790 numbers to take into account and appreciate the treasure that is efficiency.

	Página
Índice.	2
1.- Objetivo	3
2.- Generación de ideas	3
3.- Elección de la solución	4
4.- Diseño y construcción	4
4.1.- Datos necesarios	4
4.2.- Montaje, cálculos y medidas	5
4.2.1.- Circuito con fluorescente normal	5
4.2.2.- Circuito con tubo LED	6
5.- Verificaciones	11
6.- Conclusiones finales	12
7.- Autores	13

## 1. Objetivo.

Buscar soluciones de ahorro energético en nuestro instituto IES LA SENDA de Quart de Poblet (Valencia).

Nuestro instituto tiene 25 años de antigüedad por lo que su estado esta anticuado en lo que respecta a un posible ahorro energético.

## 2.- Generación de ideas.

Vamos a estudiar las posibles mejoras de la eficiencia energética.

- 1.- Mejoras en la instalación de calefacción que va a gasoil.
- 2.- Mejoras en la eficacia lumínica
- 3.- Mejoras en el control de las aulas de informática
- 4.- Mejoras en el control de máquinas de fotocopias
- 5.- Control de las máquinas-herramientas del aula de taller de tecnología
- 6.- Control del consumo del ascensor
- 7.- Control de los proyectores de las aulas

Vamos a analizar cada uno de ellos

1.- El **sistema de calefacción** hemos visto que cuando hace calor abrimos las ventanas y sigue la calefacción encendida, hemos encontrado unas "válvulas termostáticas" que controla la temperatura y por tanto la desconexión de la calefacción, por lo que sería más eficiente. Por lo que tendría una mayor capacidad de ahorro de gasoil.

2.- Para mejorar el **sistema de iluminación**, hemos observado rápidamente que todo el instituto tiene tubos fluorescentes de gran consumo si lo comparamos con la nueva tecnología tipo LED. Hemos leído en Internet que puede haber un ahorro de hasta el 70%. Hemos visto que en la página web del instituto, el gasto mensual de luz es aproximadamente una media de 950€. Es por tanto aquí donde podemos ser más eficientes.

3.-Las demás instalaciones para el **control de ordenadores**, proyectores de aula, se pueden hacer mediante un programa de software para su apagado automático.

4.- La **fotocopiadora** de conserjería consume 860W,(foto 1) como indica su tabla de características (tabla 1).



Foto1

Power Consumption	d-Copia 3500MF: max. 740 W (Basic), 890 W (Fully configured)
	d-Copia 4500MF: max 860 W (Basic), 990 W (Fully configured)
	d-Copia 5500MF: max 970 W (Basic), 1,100 W (Fully configured)
	Sleep mode: 16 W (d-Copia 3500MF/4500MF) 19 W (d-Copia 5500MF)
	....

Tabla 1.

Las fotocopiadoras aunque su consumo es elevado, solo tenemos que ser conscientes de utilizar cada día más la documentación por correo electrónico, de este modo ahorramos también en papel.

5.- Las **máquinas del taller** son pocas y su consumo también.

6.- El consumo del **ascensor** es poco ya que solo lo utilizan las personas minusválidas.

### **3.- Elección de la solución.**

De lo anterior deducimos que vamos a realizar un proyecto de mejora lumínica de todo el instituto para obtener la mayor eficiencia.

El proyecto lo vamos a llamar:

“Mejora de la eficiencia lumínica en el instituto educación secundaria “LA SENDA””

### **4.- Diseño y construcción.**

Necesitamos antes de nada una serie de datos para realizar un prototipo de luminaria para recoger los datos y realizar cálculos.

#### **4.1.- Datos necesarios.**

En el instituto todos los tubos son de treinta seis vatios de potencia y con las siguientes características:

36 W

6500 °K

3.000 Lumen

1,200 de longitud

1 diámetro de 26 mm

Los centros docentes tienen unos requisitos específicos de iluminación, entre otras cosas por el tipo de actividades que en ellos se realizan. Una deficiente iluminación de las instalaciones de un centro docente, y en especial de las aulas y espacios destinados a impartir clases, aprendizaje y estudio, puede ocasionar fatiga visual, lesiones en la vista e incluso podría ser causa del incremento del índice de fracaso escolar por bajo rendimiento de los alumnos.

- **Alumbrado General en aulas:** de 350 a 1000 lux.
- **Alumbrado General en aulas de plástica y técnicas:** de 500 a 1000 lux
- **Gimnasios:** de 250 a 500 lux
- **Laboratorios:** de 250 a 1000 lux.
- **Pizarras:** de 300 a 700 lux.
- **Salas de conferencias:** entre 200 y 1000 lux.
- **Zonas de paso:** entre 150 y 700 lux.
- **Vestuarios, lavabos:** entre 50 y 300 lux.
- **Bibliotecas y salas de estudio:** entre 300 y 750 lux.

## 4.2.-Montaje, cálculos y medidas:

### 4.2.1.- Circuito con fluorescente normal.



Dibujo 1

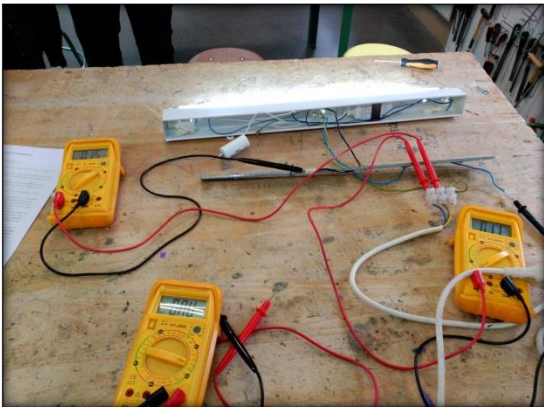


Foto 2

Con los amperímetros medimos las intensidades y sacaremos los consumos de la reactancia y del tubo fluorescente.

Amperímetro 1 (Reactancia)	Amperímetro 2 (Tubo)
0,1 A	0,14 A
<b>0,15 A</b>	<b>0,11 A</b>
La tensión es 340 V	La tensión es 280 V
En negrita el valor estabilizado para el cálculo.	

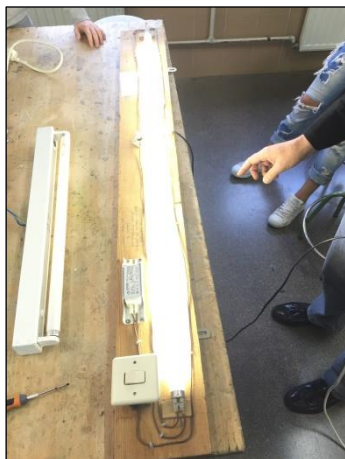


Foto 3

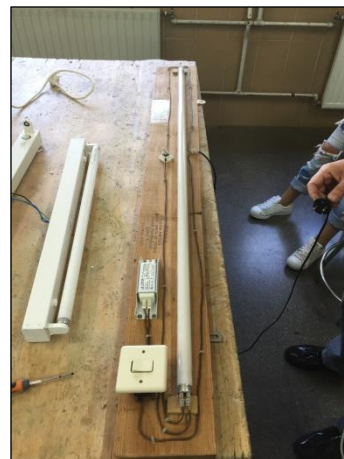


Foto 4

#### 4.2.2.- Circuito con tubo LED.

Ahora quitaremos la reactancia y el cebador como en el dibujo 2.



El circuito se nos queda del siguiente modo ver dibujo 3:

A



Medimos la intensidad del tubo LED.

Amperímetro	
0,034 A	

Cálculos.

$$I = 0,11 \text{ A}$$

$$V = 280 \text{ V}$$

$$P = V \times I = 0,11 \times 280 = 30,8 \text{ W}$$

18 W la potencia del tubo normal.

12,8 consumo de la reactancia.

Ahora conectamos el tubo LED.

$$I = 0,34 \text{ A}$$

$$V = 280 \text{ V}$$

$$P = V \times I = 0,39 \times 280 = 95,2 \text{ W}$$

9 W la potencia del tubo led.

84,2 W Reactancia y condensador.

Al quitar el condensador.

$$I = 0,03 \text{ A}$$

$$V = 288 \text{ V}$$

$$P = V \times I = 0,03 \times 288 = 8,69 \text{ W, lo que nos indica que la reactancia no gasta nada con el tubo LED.}$$

Al quitar la reactancia:

$$I = 0,03 \text{ A}$$

$$V = 280 \text{ V}$$

$$P = V \times I = 0,03 \times 280 = 8,4 \text{ W}$$

Nota: Estos montajes se han realizado con tubo fluorescente pequeño de 18 W de 60 cm y un tubo LED de 9W.

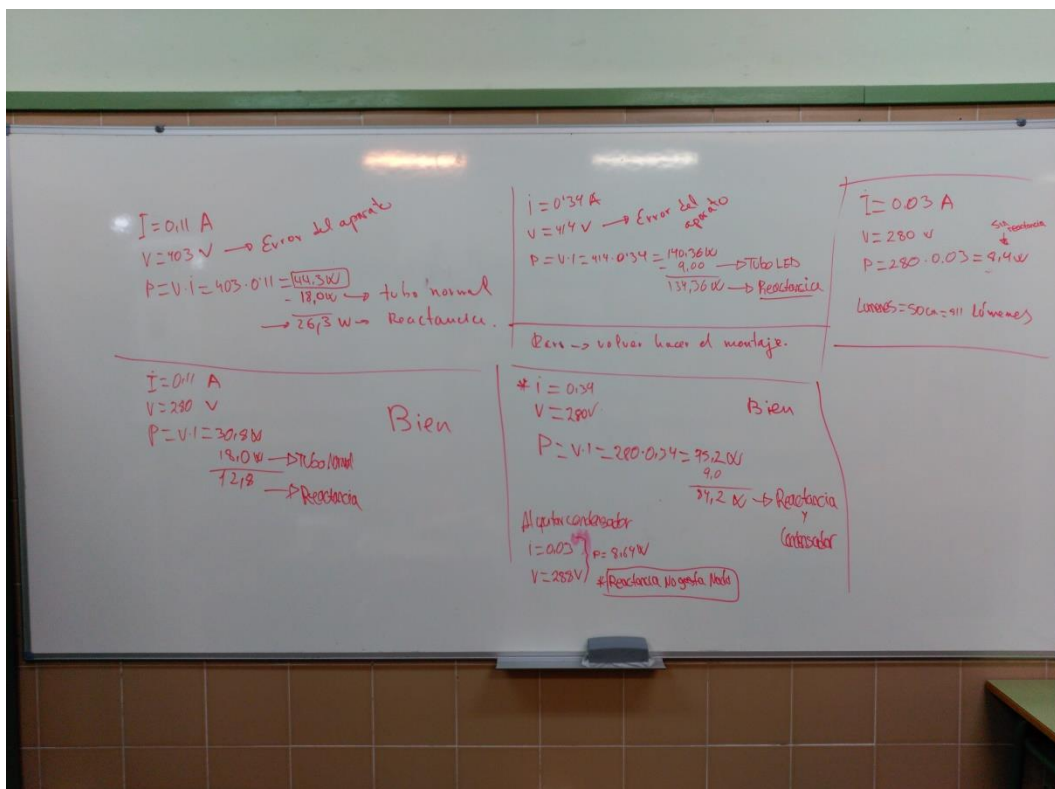


Foto 6

Como vemos en la foto 6 los datos lo íbamos recogiendo en la pizarra.

## Cálculo de lúmenes.

Vamos a calcular los lúmenes de nuestro instituto.

Utilizamos un aparato llamado luxómetro que mide la iluminancia en lux, (foto 14).

1.- En la planta baja, medidas tomadas el día 11 de marzo a las 13:05 horas, día soleado.

Pasillo, seis medidas:

Medición con el luxómetro: M1 = 153 lux

M2 = 200 lux.      M3 = 320 lux.      M4 = 162 lux.      M5= 179 lux.      M6 = 250 lux.

Secretaria tres medidas sobre plano de trabajo.

M1 = 305 lux.      M2 = 220 lux.      M3 = 309 lux.

Despacho director: M1 = 270 lúmenes

Sala profesores, dos medidas: M1 = 896 lux.      M2 = 868 lux (las persianas estaban subidas).

Salón de actos seis medidas:

M1 = 170 lux.      M2 = 190 lux.      M3 = 370 lux.      M4= 190 lux.

M5 = 140 lux.      M6 = 420 lux.



Foto 7



Foto 8



Foto 9

Biblioteca seis medidas. Foto 7.

M1 = 330 lux.      M2 = 270 lux.      M3 = 397 lux.      M4= 350 lux.

M5 = 400 lux.      M.6 = 480 lux.

2.- Planta primera, medidas tomadas el día 11 de marzo a las 13:30 horas, día soleado.

Pasillo (foto 9):

M1 = 170 lux.      M2 = 103 lux.      M3 = 240 lux.

Baño:

M1= 170 lux.

Aula de matemáticas 1 (foto 8).



M1 = 260 lux.      M2 = 230 lux.      M3 = 380 lux.      M4= 430 lux.

Aula de matemáticas 3. (Las persianas estaban subidas).

M1 = 1470 lux.      M2 = 610 lux.      M3 = 380 lux.      M4= 890 lux.

Aula de informática2.

M1 = 290 lux.      M2 = 160 lux.      M3 = 440 lux.      M4= 330 lux.

Aula laboratorio física y química.

M1 = 250 lux.      M2 = 250 lux.      M3 = 280 lux.      M4= 270 lux.

Aula de valenciano 1.

M1 = 320 lux.      M2 = 365 lux.      M3 = 300 lux.      M4= 180 lux.

3.- Planta segunda, medidas tomadas el día 11 de marzo a las 13:45 horas, día soleado.

Pasillo (foto 10):

M1 = 150 lux.      M2 = 165 lux.      M3 = 140 lux.

Baño:

M1= 175 lux.

Aula de castellano 2.

M1 = 214 lux.      M2 = 326lux.      M3 = 295 lux.      M4= 318 lux.

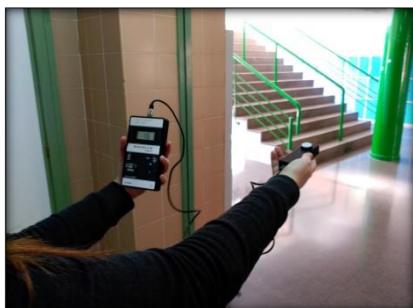


Foto 10

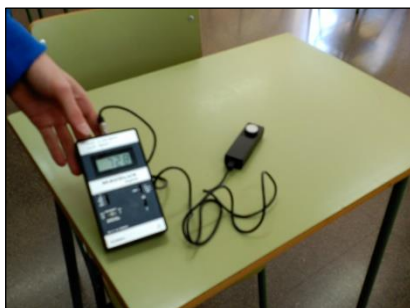


Foto 11



Foto 12

Aula de plástica.

M1 = 716 lux.      M2 = 806 lux.      M3 = 495 lux.      M4= 480 lux.

Hemos elegido diversas aulas de cada planta unas a un lado y otro del pasillo, como conclusión hemos observado que no cumplen la normativa vigente, los tubos están pegados al techo, no tiene reflectores, ni protectores toda la luz se queda arriba, ya que hemos medido los lúmenes de los tubos y dan alrededor de 3000 lúmenes a 50 cm.

El aparato lo trajo el profesor del Colegio de Ingenieros Técnicos Industriales de Valencia, con la siguiente ficha técnica (foto 13).



**COITiC  
VALENCIA**

**FICHA TÉCNICA**  
SERVICIO DE EQUIPOS DE MEDIDA

**EQUIPO Luxómetro**  
**MARCA Movoulux digital** Nº de Serie: 118878

**CARACTERÍSTICAS**

- Campos de medición:  
Iluminación 0,1 a 199,9/1.999/19.990/199.900Lx.  
Luminancia 1 a 1.999.000cd/m<sup>2</sup>.  
Intensidad de radiación solar (600K) 0 a 1.999 W/m<sup>2</sup>.  
Todos los campos de medición están protegidos por un indicador de rebasamiento.  
Cuando se sobrepasa un campo de medición, aparece en 1 en el lugar más alto, apagándose las demás cifras.
- Exactitud: Con una lámpara incandescente y un ángulo de incidencia de la luz perpendicular, el error de la lectura es  $\pm 2,5\%$  del valor medio + 1 dígito). Con cualquier ángulo de incidencia, el error integral del coseno es inferior al  $\pm 3\%$  del valor medio. Las desviaciones adicionales con otros tipos de luz son de un máximo de  $\pm 3\%$  del valor medio.
- Área colectora de la luz del difusor: Aprox. 20mm diámetro.
- Display LCD 3 ½ dígitos.
- Altura de las cifras 12,7mm.
- Carcasa de plástico
- Dimensiones:  
Medidor 86x153x25mm.  
Sonda (incluyendo el difusor) 32x105x29mm.  
Cable 1,5m longitud.
- Estuche 140x200x40mm.
- Peso con estuche aprox. 0,65kg
- Alimentación pila de 9V, IEC 6 F 22; Pila recargable de IEC 6 LF
- Accesorios de iluminación; Calculador;  
Pila recargable IEC 6 LF 22; Cargador 9V/9mA



Foto 13.

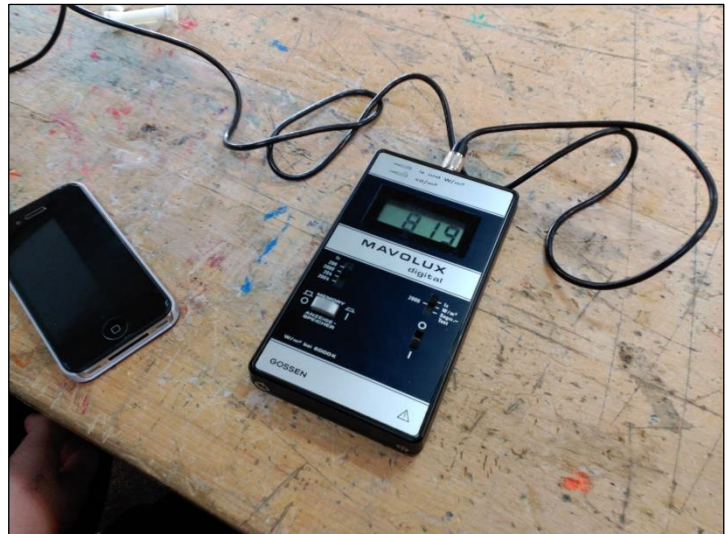
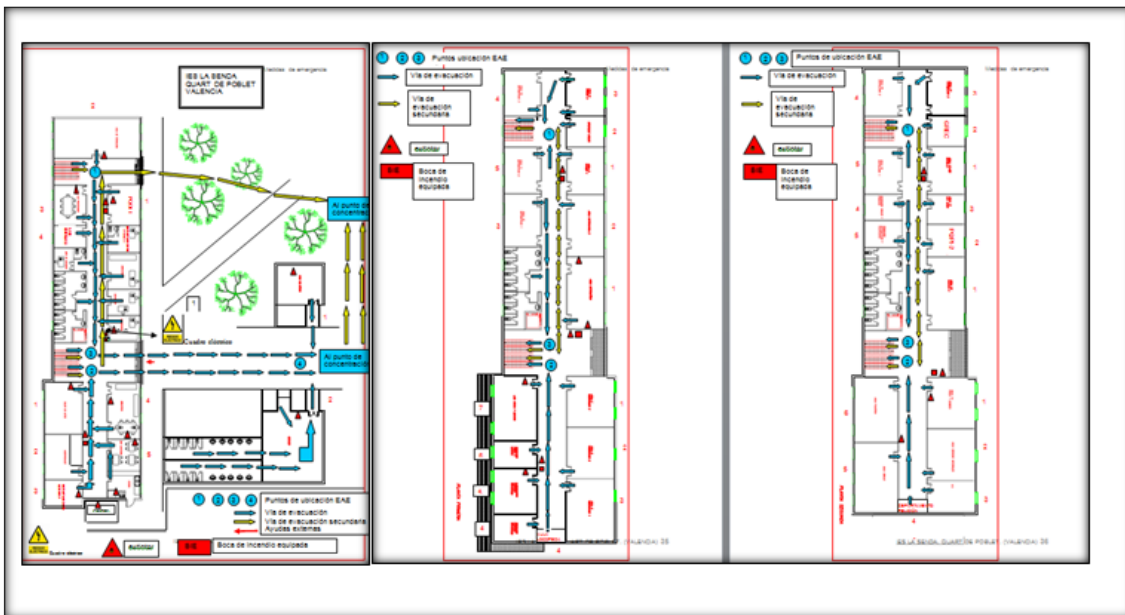


Foto 14.



El profesor también nos facilitó los planos utilizados en las mediciones.

## 5.- Verificaciones

Vamos a calcular las horas que están encendidas los tubos que vamos a cambiar.

Como el instituto es muy grande y no todas las aulas están siempre en uso, es decir, encendidas las luces, elegiremos como calculo las zonas del pasillo que siempre están encendidas, La planta baja tiene en el pasillo 24 tubos de 36 W.

También hemos observando en la factura que tiene contratado el instituto es una tarifa 3.0 A, donde para nuestro asombro nos cobra también la energía reactiva. También esta tarifa cobra según la hora que sea vemos el cuadro siguiente (foto 15) y calculamos las horas y el coste:

Península Ibérica			Islas Baleares		
	Invierno	Verano		Invierno	Verano
P1 - Punta	18 - 22 h.	11 - 15 h.	P1 - Punta	18 - 22 h.	18 - 22 h.
P2 - Llano	8 - 18 h.	8 - 11 h.	P2 - Llano	8 - 18 h.	8 - 18 h.
P3 - Valle	22 - 24 h.	15 - 24 h.	P3 - Valle	22 - 24 h.	22 - 24 h.
	0 - 8 h.	0 - 8 h.		0 - 8 h.	0 - 8 h.

Islas Canarias			Ceuta y Melilla		
	Invierno	Verano		Invierno	Verano
P1 - Punta	18 - 22 h.	11 - 15 h.	P1 - Punta	19 - 23 h.	11 - 15 h.
P2 - Llano	8 - 18 h.	8 - 11 h.	P2 - Llano	0 - 1 h.	9 - 11 h.
P3 - Valle	22 - 24 h.	15 - 24 h.	P3 - Valle	9 - 19 h.	15 - 24 h.
	0 - 8 h.	1 - 9 h.		23 - 24 h.	0 - 1 h.
				1 - 9 h.	1 - 9 h.

Foto 15.

Según el periodo, invierno o verano:

En invierno los tubos están encendidos de 8 horas a 15 horas, en P2 tarifa llano, son 7 horas en 85 días:

$7 \times 85 = 595$  horas (según también el calendario escolar).

Como el precio según vemos en la factura cuesta: 0,103059 €/kWh.

Como hay 24 tubos de 36 W más el consumo de la reactancia 10 W aproximadamente,(en nuestro montaje la reactancia consumía 12,8 W con tubo de 18 W), total 46 W.

$$24 \times 46 = 1104 \text{ W}$$

$$1104 \times 595 = 656880 \text{ W} = 656,880 \text{ kW}$$

$$656,880 \times 0,103059 = 67,6973959 \text{ €}$$

En horario de verano: 98 días

Tenemos 2 tarifas: De 8 a 11 horas, es decir 3 horas por 98 días son 294 horas  
De 11 a 15 horas, es decir 4 horas por 98 días son 392 horas

El precio es:

Horario llano 0,103059 €/kWh

Horario punta 0,119514 €/kWh

$$1104 \times 294 \times 0,103059 = 33,450780 \text{ €}$$
$$1104 \times 392 \times 0,119514 = 51,721834 \text{ €}$$

El coste lumínico del pasillo de la planta baja al año escolar es:

$$67,6973959 + 33,450780 + 51,721834 = \mathbf{152,8700099 \text{ €}}$$

Si fuesen tubos leds el coste sería:

$$\text{Si con 46 W} \text{-----} 152,8700099 \text{ €}$$
$$\text{con 18 W} \text{-----} \text{ X}$$

$$\text{X} = 59,818699526 \text{ €}$$

El ahorro es  $152,8700099 - 59,818699526 = 93,051310374 \text{ €}$  al año

El coste de los tubos sube a:

Una unidad vale 9,93 €, como hay que poner 24 tubos de LED.

$$9,93 \times 24 = 238,32 \text{ €}$$

Estará amortizada la instalación:  $238,32 / 93 = 2,562580645$  lo que nos indica que tiene que pasar **2 años y medio a partir de entonces ahorramos 93 € al año.**

No hemos tenido en cuenta la vida útil que incrementaría aún más estos cálculos.

Un tubo led tiene una vida de 30.000 horas y tubo normal son 5000 horas, es 6 veces mayor.

## 6.- Conclusiones finales.

1. Vale la pena si hay dinero cambiar los tubos fluorescentes por tubos tipo LED.
2. Si no, a medida que se van fundiendo ir reponiendo con los de tipo LED.
3. También hemos observando que la luz que llega al plano de trabajo es insuficiente a excepción del aula de dibujo. Sería conveniente cambiar el tipo de luminaria y colocarlas más bajas ya que si están en el techo, lo que hacemos es iluminarlo además no tienen reflector y tampoco protector.
4. En el mercado existen luminarias con reflectores equipadas con leds y además con detector de presencia que solo estarían encendidas cuando pasa por los pasillos, apagándose cuando no detectan a los alumnos.
5. Además el ahorro de kW es:  
$$\text{Ahorro} = 656,880 + (1,104 \times 294) + (1,104 \times 392) - 257,040 - (0,432 \times 294) - (0,432 \times 392) = 860,834 \text{ kW.}$$
  
Si este dato  $\sim = 861 \text{ kW}$  lo colocamos en una aplicación “calculadora de emisiones de CO<sub>2</sub>” (foto 16).

Tipo	Cantidad	Medida	Emisiones de CO2	Fuente	
CALCULADORA DE CO2	Consumo eléctrico	861	KWh	559,65 CO2	Kg CE
	Transporte				
	Coche gasolina	0	Km	0 CO2	Kg CE
	Coche diesel	0	Km	0 CO2	Kg CE
	Furgoneta	0	Km	0 CO2	Kg EERE
	Trailer	0	Km	0 CO2	Kg EERE
	Avión*	0	Km	0 CO2	Kg ICAO, IPCC
	Tren AV*	0	Km	0 CO2	Kg UIC, EEA
	Regional*	0	Km	0 CO2	Kg UIC, EEA
	Cercanías/Metro*	0	Km	0 CO2	Kg UIC, EEA
Total emisiones CO2			559,65 CO2	Kg	

Foto16.

Dejamos de emitir 559 kg de CO<sub>2</sub> al año, que es una cantidad considerable, SOLO EN EL PASILLO DE LA PLANTA BAJA.

6.- Por último decir:

En total hay **750** tubos fluorescentes en todo el instituto repartidos:

Planta baja 252

Planta primera 239

Planta segunda 259

Si con 24 tubos ahorramos al año 93 € y emisiones de CO<sub>2</sub> 559 kg.

Con 750 tubos ahorramos al año 2906 € y en emisiones de CO<sub>2</sub> 16531 kg, solo se necesita una inversión de :  $9,93 \times 750 = 7447,5$  €.

(Si estuviesen conectadas el mismo tiempo que lo cálculos del pasillo, pero irán por esos números aproximadamente).

El objetivo está cumplido con el ahorro de estas cantidades, hemos mejorado la eficiencia energética en nuestro instituto. Se podría ir haciendo por fases; un pasillo, un aula y así sucesivamente.

7.- Este trabajo también lo presentaremos a la dirección del instituto para que lo tenga en cuenta.

## 7.- Autores.

Realizado por:

BELTRÁNGARDE, MELIBEA

GÓMEZ PUCHADES, ENRIQUE

LUJÁN MATOS, ROCIO

MARÍN DEL OLMO, ANDRÉS

OUASSAL MOUNI, ANASS

SALMERON GOMEZ, CARMEN

SIERRA PEÑA, MARTA

VÁSQUEZ CORREA, LEONARDO

ZAHONERO ALEPUZ, ALEJANDRO

Coordinado por: CÉSAR BERTOMEU BENLLOCH.