



## INFORME

### AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA

*(Colegio Antonio Machado)*

Nº OFERTA	CO_1306
Nº INFORME	IN_1306_28_20160229

Elaborado por:		Revisado por:
		
Alberto Trueba Salas	Daniel Lozano Villamediana	Inés Simón García

<b>1. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO Y RESUMEN DE INVENTARIO.....</b>	<b>1</b>
1.1 Datos generales del centro .....	1
1.2 Planos y distribución .....	2
1.3 Envoltente y cerramientos.....	5
1.4 Descripción de los sistemas de climatización y ACS.....	6
1.4.1 Producción de ACS .....	6
1.4.2 Unidades Terminales.....	6
1.5 Iluminación.....	10
1.5.1 Iluminación interior .....	11
1.5.2 Iluminación exterior .....	12
1.5.3 Sistemas de control .....	13
1.5.4 Condiciones de funcionamiento.....	13
1.6 Otros equipos .....	14
1.7 Resumen de potencias instaladas .....	16
<b>2. CONSUMOS ANUALES.....</b>	<b>17</b>
2.1 Consumos eléctricos .....	17
2.2 Consumos térmicos.....	20
2.3 Consumos energéticos totales .....	20
2.4 Índices energéticos.....	20
2.4.1 Índices energéticos eléctricos .....	20
2.4.2 Índices energéticos térmicos.....	20
<b>3. MEDICIONES REALIZADAS .....</b>	<b>21</b>
3.1 Medidas eléctricas.....	21
3.1.1 Registros trifásicos .....	21
3.1.2 Registros monofásicos.....	24
3.2 Medida de nivel de iluminación .....	26
3.3 Medidas térmicas.....	27
3.3.1 Registradores de temperatura y humedad .....	27
3.4 Análisis termográfico.....	30
3.5 Certificación energética .....	30
<b>4. ANÁLISIS ENERGÉTICO DEL EDIFICIO .....</b>	<b>31</b>
4.1 Desglose de consumos eléctricos.....	31

4.2	Desglose de consumos térmicos .....	32
4.3	Contribución de energías renovables .....	32
<b>5.</b>	<b>ACTUACIONES PROPUESTAS .....</b>	<b>33</b>
5.1	Sustitución de iluminación existente por tecnología LED .....	33
<b>6.</b>	<b>MEJORAS RECOMENDADAS .....</b>	<b>35</b>
6.1	Sistemas de regulación y control de la iluminación interior .....	35
6.2	Implantación de un sistema de monitorización y control.....	37
<b>7.</b>	<b>PROPUESTA DE IMPLANTACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES .....</b>	<b>39</b>
7.1	Energía solar térmica.....	39
7.2	Biomasa .....	39
7.3	Fotovoltaica - Autoconsumo .....	39
<b>8.</b>	<b>RESUMEN .....</b>	<b>40</b>

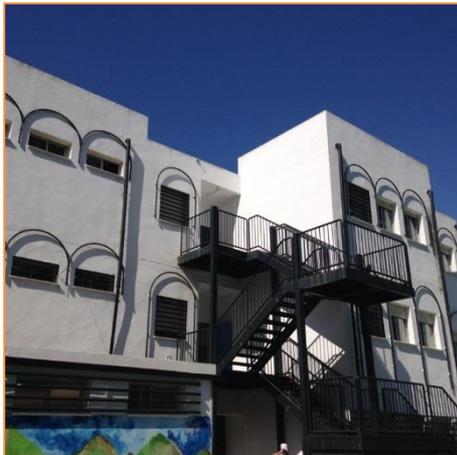
## 1. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO Y RESUMEN DE INVENTARIO

### 1.1 Datos generales del centro

Denominación del Centro	C.E.I.P. Antonio Machado
Dirección	C/ Luis XV. 29603 Marbella
Tipo de edificio	Centro Educativo
Persona de Contacto	951 27 05 47 (Toñi responsable de conserjería)
Número de edificios	1

*Tabla 1 Resumen datos generales*

Las instalaciones del **Colegio Antonio Machado** que se han auditado se encuentran situadas en la **Calle Luis XV** en la localidad de **Marbella**.



*Imagen 1 Vista general del colegio Antonio Machado*



*Imagen 2 Vista aérea del colegio Antonio Machado*

	<b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b> <b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b> <b>COLEGIO ANTONIO MACHADO</b>	<b>1306</b>
		<b>28</b>
		<b>Rev.05</b>

EDIFICIO	Nº plantas	Sup. Útil m <sup>2</sup>	Ocupación	Horario	Año de construcción	Año última reforma	Reformas realizadas
Colegio Antonio Machado	3	2325	468	7:30-18:00	1985	2014	Cuadros eléctricos iluminación

Tabla 2 Resumen de horario, usos y datos constructivos

CEIP Antonio Machado	Ocupación	Horario de funcionamiento	Uso
Conserjería	1	(L-V) 9:00-18:00	Administrativo
Aula matinal	2	(L-V) 7:30-9:00	Docente
Aulas	21	(L-V) 9:00-18:00	Docente
Administración	1	L-X-V	Administrativo
Limpieza	6	(L-V) 16:00-20:00	-

Tabla 3 Ocupación y horario por zonas y actividades del Edificio

## 1.2 Planos y distribución

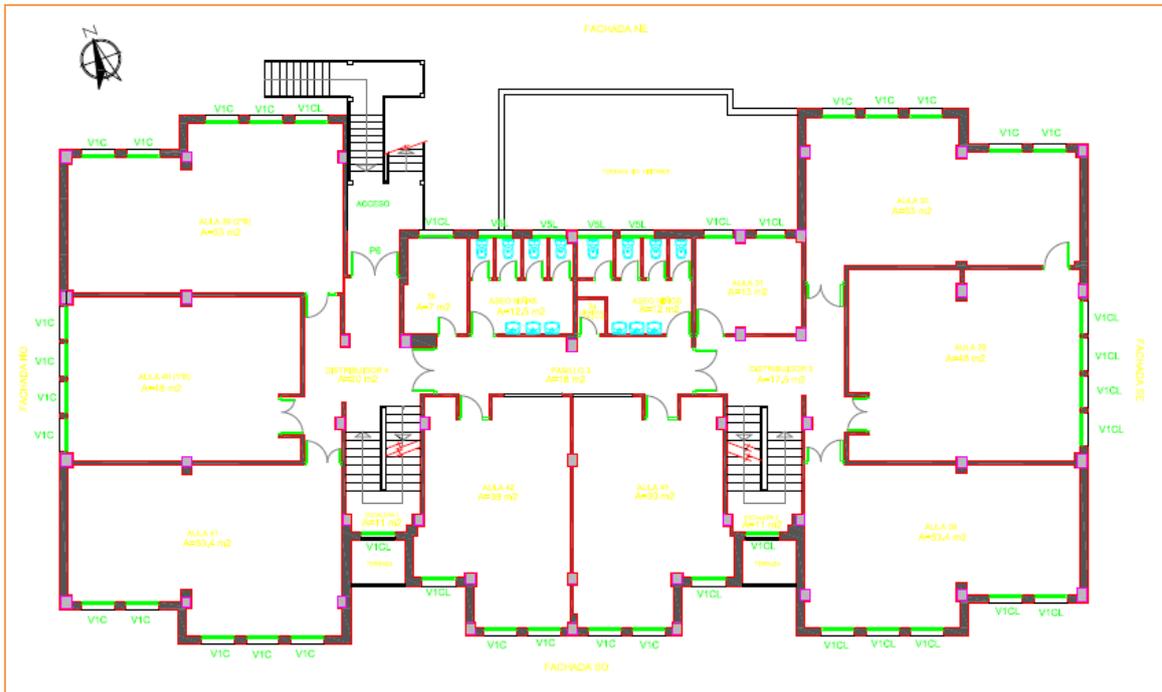
En la tabla siguiente se muestran los metros cuadrados según los usos para cada una de las plantas.

USO	Planta 0	Planta 1	Planta 2	Planta	Sup. Total (m <sup>2</sup> )
Administrativo	77,60	--	--	--	77,60
Aseos	65,75	24,50	25,50	--	115,75
Aulas	182,00	406,80	402,70	--	991,50
Usos múltiples	43,24	1,14	1,14	--	45,52
Zonas comunes	79,00	55,50	57,00	44,00	235,50
Sup. Total (m <sup>2</sup> )	447,59	487,94	486,34	44,00	1.465,87

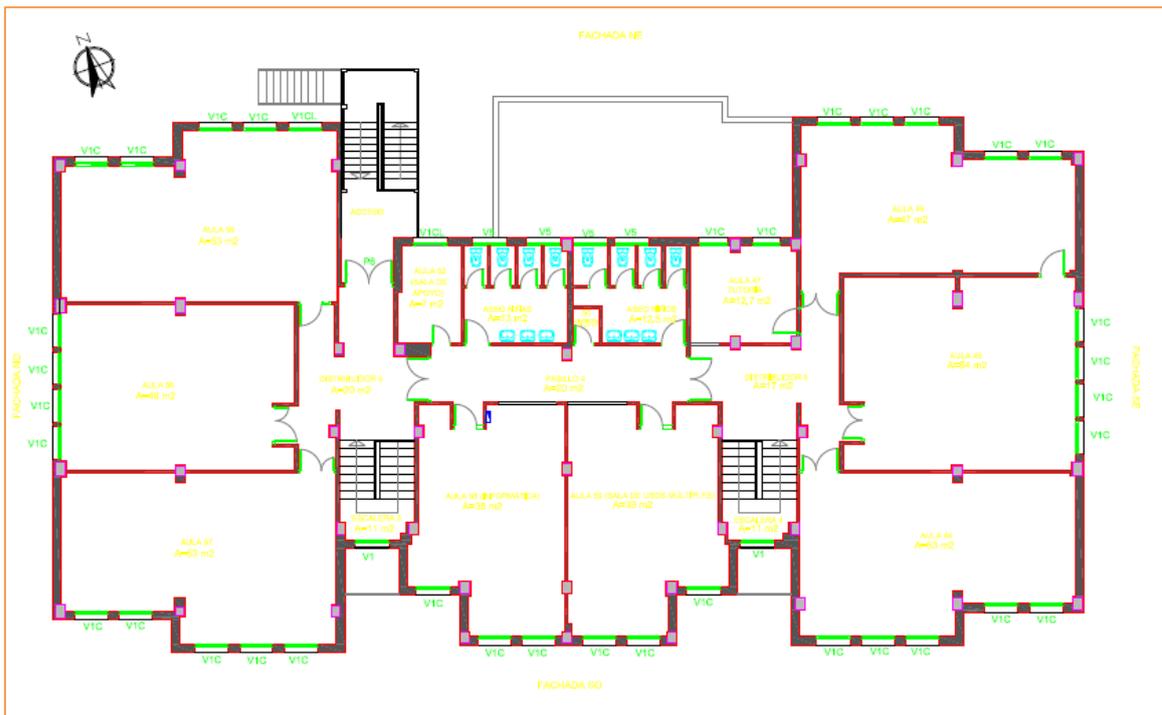
Tabla 4 Distribución de Superficie por usos

A continuación se muestra un gráfico donde se recogen las superficies según el tipo de uso. En él se observa que la zona dedicada a aulas abarca el 68% de la superficie total de la instalación, mientras que el resto se reparte entre los diferentes usos, destacando el espacio destinado a zonas comunes con un 16%.





*Plano 2 Planta Primera*



*Plano 3 Planta Segunda*

### 1.3 Envoltente y cerramientos

En 1977 el gobierno decidió crear un marco unificado para toda la normativa relacionada con la edificación; es así como las normas MV se transformaron en las Normas Básicas de la Edificación (NBE).

Como desarrollo operativo de dichas normas, se elaboraron las Normas Tecnológicas de la Edificación, con especificaciones sin carácter de obligado cumplimiento.

Las normas que regulaban la envoltente térmica y los cerramientos eran:

NBE CA: Condiciones acústicas.

NBE CPI: Protección contra incendios.

NBE CT: Condiciones térmicas.

NBE FL: Muros resistentes de fábrica.

NBE QB: Impermeabilización de cubiertas.

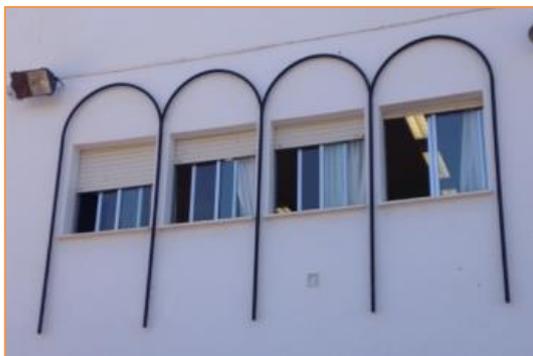
El edificio, según la ficha catastral, fue construido en 1985; y por lo tanto lo hizo bajo la influencia de dichas Normas Básicas de la Edificación.

EN el año 2014 se llevaron a cabo reformas para modificar la iluminación y los cuadros eléctricos.

El colegio consta de tres plantas. Las fachadas del colegio están constituidas por un revoco en color blanco continuo en todo el edificio. Las ventanas se encuentran en retranqueo con la fachada con adornos en forma de arco de medio punto como elemento ornamental en la propia fachada.

Las ventanas son de tipo corredera con carpinterías de PVC y metálica y acristalamientos dobles en todos los cerramientos.

En las siguientes imágenes se puede ver los diferentes tipos de carpintería existentes:



*Imagen 3 Diferentes tipos de carpintería exterior*

	<b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b> <b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b> <b>COLEGIO ANTONIO MACHADO</b>	<b>1306</b>
		<b>28</b>
		<b>Rev.05</b>

#### 1.4 Descripción de los sistemas de climatización y ACS

El centro consta de un sistema de calefacción compuesto por radiadores con batería de calentamiento mediante resistencia eléctrica para cubrir las necesidades térmicas de las estancias que lo requieran.

Por otra parte, al tratarse de un edificio construido antes del 2007, donde el RITE (RD 1027/2007) establece obligaciones respecto al aporte de aire exterior, tampoco hay presencia de sistemas de ventilación mecánica.

El centro no cuenta con sistemas de producción-acumulación de agua caliente sanitaria, ya que no existe demanda de este servicio.

##### 1.4.1 Producción de ACS

Tal y como se comenta anteriormente, el centro no cuenta con sistemas de producción-acumulación de agua caliente sanitaria, ya que no existe demanda de este servicio.

##### 1.4.2 Unidades Terminales

A continuación se resumen las características técnicas de las diferentes unidades de tratamiento de que consta el centro para cubrir las necesidades de calefacción.

##### Radiadores eléctricos

El centro consta de un sistema de calefacción compuesto por radiadores con batería de calentamiento mediante resistencia eléctrica para cubrir las necesidades térmicas de las estancias que lo requieran.

Característica	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4
Batería calor	Resistencia eléctrica	Resistencia eléctrica	Resistencia eléctrica	Resistencia eléctrica
Cantidad	1	1	1	1
Marca	Equation	ORBEGOZO	Compac	-
Modelo	KPT-2000d	CVT - 3600	Cata	-
Número de elementos	0	0	0	0
Pot. Calorífica (kW)	2,00	2,00	2,00	1,50
Regulación	Usuario	Usuario	Usuario	Usuario
Servicio	<b>Calefacción</b>	<b>Calefacción</b>	<b>Calefacción</b>	<b>Calefacción</b>
Tipo	<b>Equipo portátil</b>	<b>Aluminio</b>	<b>Hierro fundido</b>	<b>Hierro fundido</b>
Unidad terminal	<b>Radiador</b>	<b>Radiador</b>	<b>Radiador</b>	<b>Radiador</b>

Tabla 5 Características de las unidades terminales del colegio

Característica	Tipo 5	Tipo 6	Tipo 7	Tipo 8
Batería calor	Resistencia eléctrica	Resistencia eléctrica	Resistencia eléctrica	Resistencia eléctrica
Cantidad	1	1	1	1
Marca	BSH	ORBEGOZO	-	Equation
Modelo	RA - 361507	SP 5020	-	KPT-2000d
Número de elementos	0	0	0	0
Pot. Calorífica (kW)	1,50	2,00	1,50	2,40
Regulación	Usuario	Usuario	Usuario	Usuario
Servicio	Calefacción	Calefacción	Calefacción	Calefacción
Tipo	Hierro fundido	Cerámico de pared	Equipo portátil	Equipo portátil
Unidad terminal	Radiador	Radiador	Radiador	Radiador

*Tabla 6 Características de las unidades terminales del colegio*

Característica	Tipo 9	Tipo 10	Tipo 11	Tipo 12
Batería calor	Resistencia eléctrica	Resistencia eléctrica	Resistencia eléctrica	Resistencia eléctrica
Cantidad	1	1	1	1
Marca	Equation	Equation	ORBEGOZO	ORBEGOZO
Modelo	KPT-2000d	KPT-2000d	CVT - 3600	CVT - 3600
Número de elementos	0	0	0	0
Pot. Calorífica (kW)	2,00	2,00	2,00	2,00
Regulación	Usuario	Usuario	Usuario	Usuario
Servicio	Calefacción	Calefacción	Calefacción	Calefacción
Tipo	Equipo portátil	Equipo portátil	Aluminio	Aluminio
Unidad terminal	Radiador	Radiador	Radiador	Radiador

*Tabla 7 Características de las unidades terminales del colegio*

Característica	Tipo 13
Batería calor	Resistencia eléctrica
Cantidad	1
Marca	ORBEGOZO
Modelo	CVT - 3600
Número de elementos	0
Pot. Calorífica (kW)	2,00
Regulación	Usuario
Servicio	Calefacción
Tipo	Aluminio
Unidad terminal	Radiador

*Tabla 8 Características de las unidades terminales del colegio*



*Imagen 4 Radiadores eléctricos instalados en el centro.*

En el anexo correspondiente se detallan las unidades terminales correspondientes.

La distribución de potencia calorífica instalada por zonas es la siguiente:

Zona	Superficie Calefactada (m2)	Pot. Calorífica (kW)	Ratio (W/m2)
Administrativo	16,60	1,50	90,36
Aulas	364,70	21,40	58,68
Usos múltiples	53,00	2,00	37,74
<b>Total</b>	<b>434,30</b>	<b>24,90</b>	<b>57,33</b>

Tabla 9 Resumen de potencia calorífica instalada por zonas

En el siguiente gráfico se representa el porcentaje de la potencia calorífica instalada por zonas y la superficie calefactada en el centro:

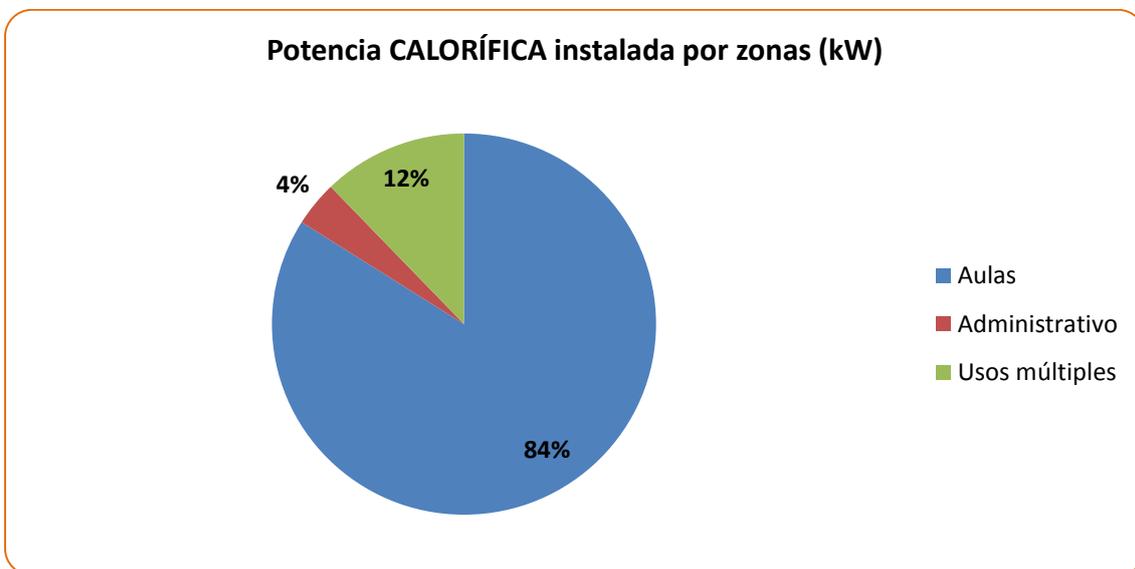


Gráfico 2 Porcentaje de superficie calefactada por zonas

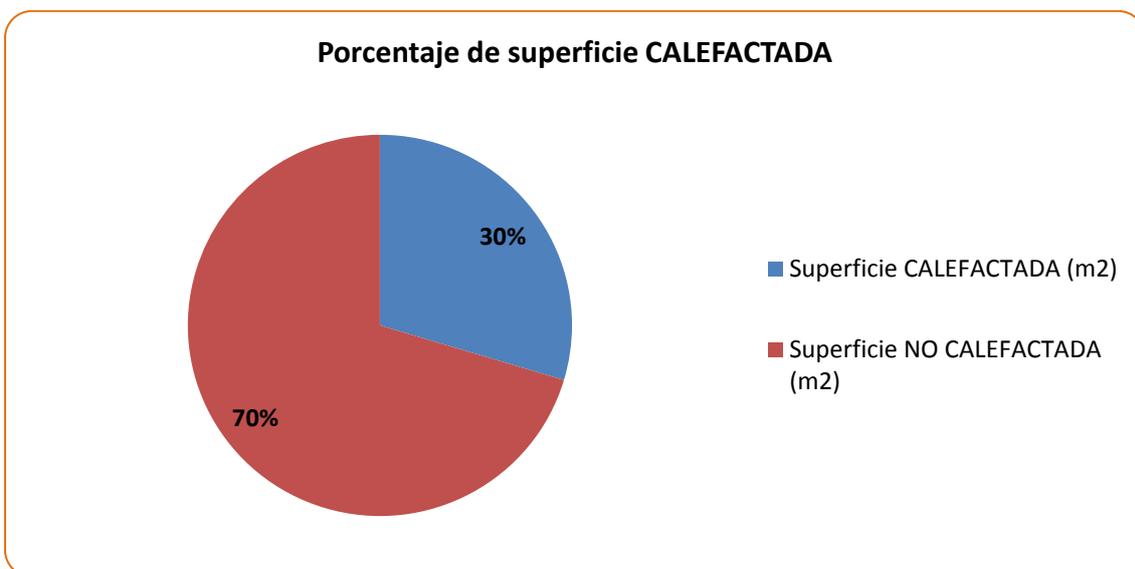


Gráfico 3 Porcentaje de superficie calefactada

### 1.5 Iluminación

La potencia total instalada es de 20,48 kW, que se distribuye según usos tal como se muestra en el siguiente gráfico.

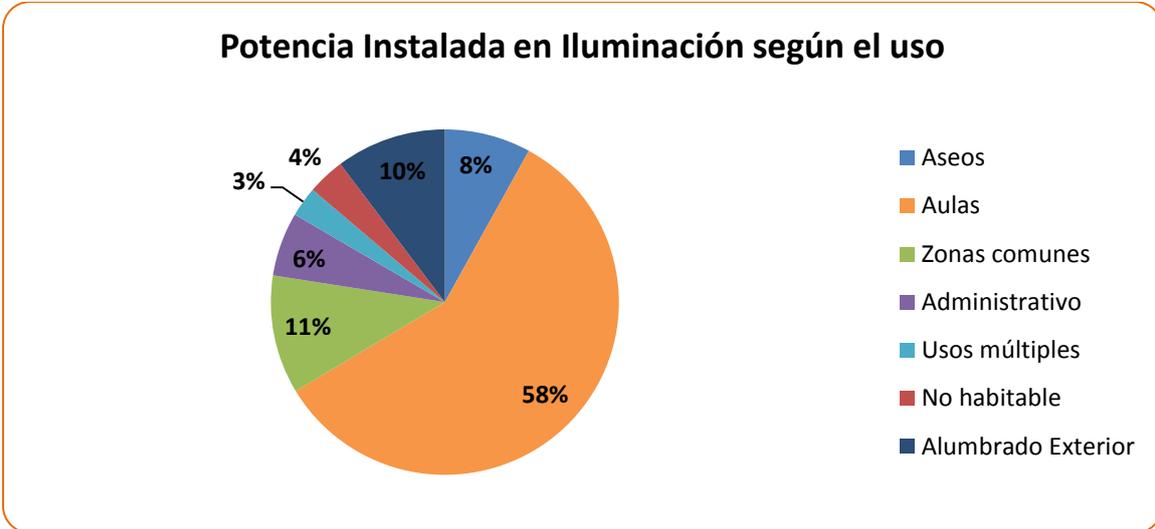


Gráfico 4 % Potencia instalada en iluminación según el uso

En el siguiente gráfico se muestran los distintos tipos de lámparas instalados y el porcentaje que cada uno de ellos representa en el conjunto del centro educativo.

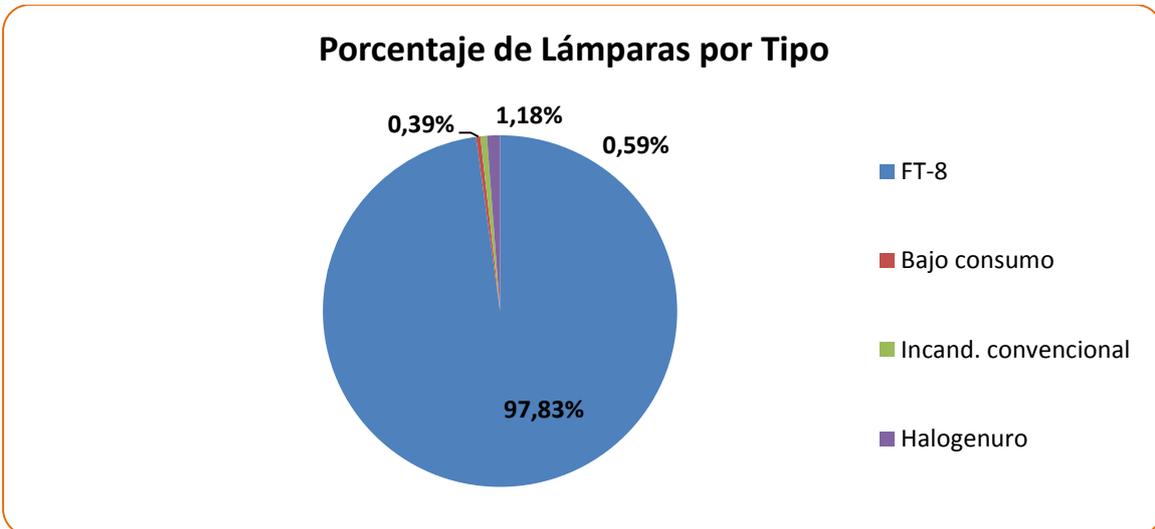


Gráfico 5 % de cada tipo de lámpara instalada

### 1.5.1 Iluminación interior

En la tabla siguiente se muestra un resumen detallado del tipo de iluminación y las potencias de cada una de las lámparas.

Las características de los elementos y equipos de iluminación, así como su distribución por zonas, se detallan en el Anexo *“Inventario Instalaciones”*.

Tipo	Nº Lum.	Pot.(kW)
<b>EM</b>	<b>26</b>	<b>2,17</b>
FT-8	24	2,07
2	24	2,07
36	24	2,07
Incand. convencional	2	0,10
1	2	0,10
40	2	0,10
<b>EL</b>	<b>225</b>	<b>16,15</b>
FT-8	224	16,13
2	224	16,13
36	224	16,13
Bajo consumo	1	0,02
1	1	0,02
20	1	0,02
-	2	0,06
Incand. convencional	1	0,04
1	1	0,04
40	1	0,04
Bajo consumo	1	0,02
1	1	0,02
20	1	0,02
<b>Total general</b>	<b>253</b>	<b>18,38</b>

*Tabla 10 Resumen de lámparas instaladas*

En las imágenes siguientes se pueden observar los modelos de luminarias más representativos instalados.



*Imagen 5 Tipos de luminarias instaladas*

### 1.5.2 Iluminación exterior

En la tabla siguiente se recoge un resumen detallado de la iluminación exterior y las potencias de cada una de las lámparas instaladas.

Tipo	Nº Lum.	Pot.(kW)
NO	4	2,10
Halogenuro	4	2,10
1	2	0,50
250	2	0,50
2	2	1,60
400	2	1,60
<b>Total general</b>	<b>4</b>	<b>2,10</b>

*Tabla 11 Resumen de iluminación exterior*



*Imagen 6 Luminarias situadas en el exterior del edificio*

### **1.5.3 Sistemas de control**

No existe ningún tipo de control de iluminación en ninguna zona del edificio.

### **1.5.4 Condiciones de funcionamiento**

Dado que las secciones de iluminación del centro educativo se activan de forma manual, las condiciones de funcionamiento están relacionadas directamente con el periodo de ocupación. Por este motivo se instalaron registradores monofásicos durante varias jornadas representativas para determinar el perfil de comportamiento.

En el caso del alumbrado exterior, mediante el registrador trifásico instalado se ha podido observar que no se utiliza en ninguna época del año.

### 1.6 Otros equipos

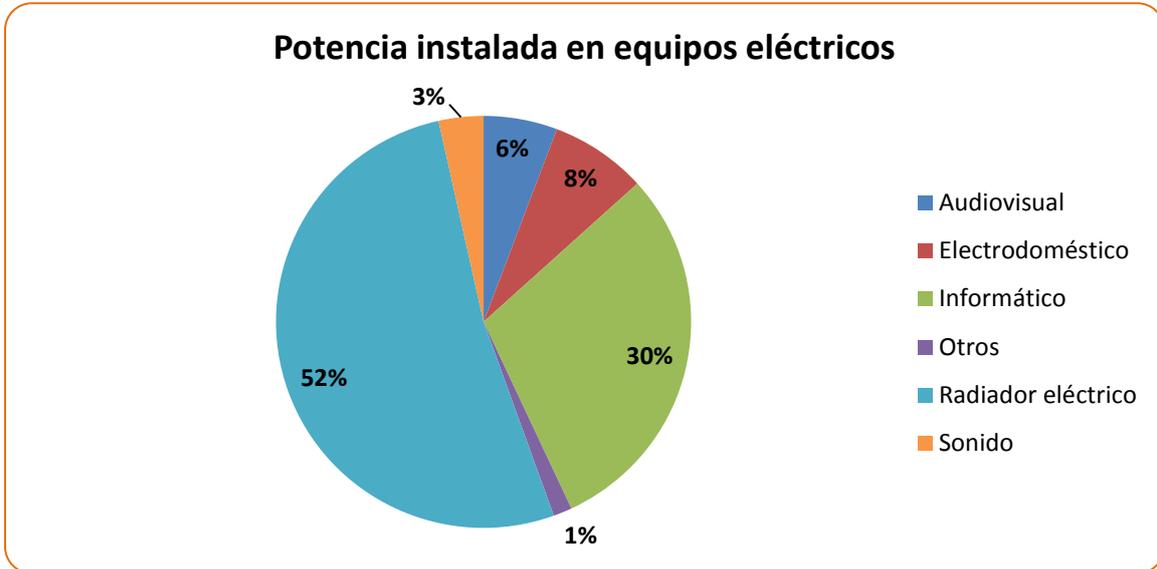
A continuación se muestran el resto de equipos eléctricos existentes en el centro.

Tipos de Equipos	Nº Equipos	Potencia total (kW)
<b>Audiovisual</b>	<b>15</b>	<b>2,75</b>
DVD/CD	3	0,06
20	3	0,06
Proyector	9	2,07
150	1	0,15
240	8	1,92
Video VHS	1	0,02
20	1	0,02
Televisión Tubo	2	0,6
300	2	0,6
<b>Electrodoméstico</b>	<b>4</b>	<b>3,61</b>
Microondas	1	2,25
2250	1	2,25
Cafetera	1	0,6
600	1	0,6
Frigorífico	1	0,11
110	1	0,11
Tostador	1	0,65
650	1	0,65
<b>Informático</b>	<b>48</b>	<b>14,249</b>
Ordenador		
sobremesa	19	5,7
300	19	5,7
Rack	1	0,105
105	1	0,105
Scanner	1	0,02
20	1	0,02
Fotocopiadora	3	4,5
1500	3	4,5
Fax	1	1,032
1032	1	1,032
Ordenador Portatil	3	0,45
150	3	0,45
Impresora		
doméstica	5	0,326
250	1	0,25
28	1	0,028
9	1	0,009
16	1	0,016
23	1	0,023
Router	1	0,016
16	1	0,016
Ordenador portátil	14	2,1
150	14	2,1
<b>Otros</b>	<b>6</b>	<b>0,698</b>
Trituradora de		
papel	1	0,39
390	1	0,39

Tipos de Equipos	Nº Equipos	Potencia total (kW)
<b>Ventilador</b>	<b>4</b>	<b>0,22</b>
60	1	0,06
70	1	0,07
40	1	0,04
50	1	0,05
<b>Equipo vídeo</b>	<b>1</b>	<b>0,088</b>
88	1	0,088
<b>Sonido</b>	<b>38</b>	<b>1,668</b>
<b>Altavoz</b>	<b>8</b>	<b>0,16</b>
20	8	0,16
<b>Radio-CD</b>	<b>21</b>	<b>0,494</b>
20	2	0,04
40	2	0,08
22	17	0,374
<b>Piano</b>	<b>1</b>	<b>0,014</b>
14	1	0,014
<b>Equipo de música</b>	<b>4</b>	<b>0,2</b>
50	4	0,2
<b>Amplificador</b>	<b>4</b>	<b>0,8</b>
100	3	0,3
500	1	0,5
<b>Radiador eléctrico</b>	<b>13</b>	<b>24,9</b>
<b>Calefactor</b>	<b>5</b>	<b>9,9</b>
1500	1	1,5
2000	3	6
2400	1	2,4
<b>Radiador eléctrico</b>	<b>5</b>	<b>9</b>
1500	2	3
2000	3	6
<b>Radiador</b>	<b>3</b>	<b>6</b>
2000	3	6
<b>Total general</b>	<b>124</b>	<b>47,875</b>

*Tabla 12 Resumen equipos eléctricos y potencia unitaria.*

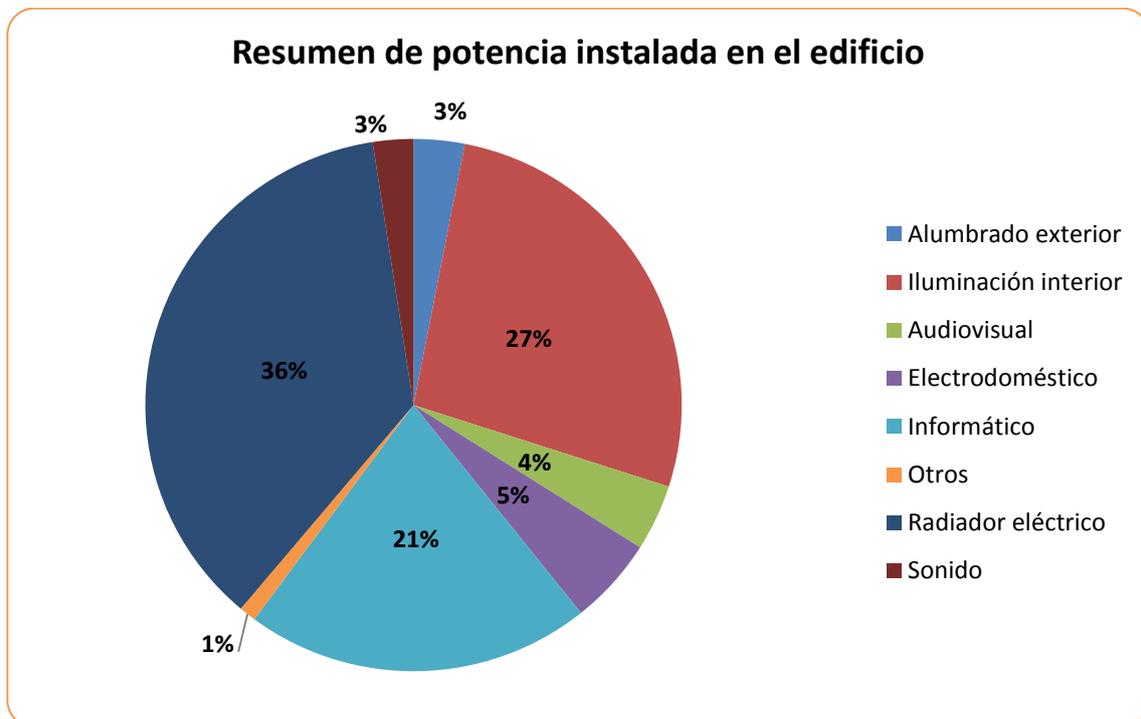
El siguiente gráfico muestra el peso porcentual que cobra cada tipología de equipo eléctrico en cuanto a potencia instalada.



*Gráfico 6 Potencia instalada por tipología de equipos*

### 1.7 Resumen de potencias instaladas

En el siguiente gráfico se pueden identificar las potencias instaladas en el centro:



*Gráfico 7 Potencia instalada por usos*

	<b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b> <b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b> <b>COLEGIO ANTONIO MACHADO</b>	1306
		28
		Rev.05

## 2. CONSUMOS ANUALES

### 2.1 Consumos eléctricos

El suministro eléctrico se encuentra contratado con la comercializadora Endesa.

Las condiciones de contratación a fecha de febrero de 2015 se muestran a continuación:

<b>CUPS</b>	ES0031103007391001XE0F	<b>Tarifa de acceso</b>	3.0 A
<b>CONDICIONES DE CONTRATACION</b>			
	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>
<b>Potencia contratada (kW)</b>	32,87	32,87	32,87
<b>Término de potencia (€/kW año)</b>	40,728525	24,437115	16,29141
<b>Término de energía (€/kWh)</b>	0,140053	0,110182	0,075633

Se ha realizado un análisis de los consumos eléctricos a partir de los datos de las facturas eléctricas recibidas. El periodo estudiado corresponde desde Enero del 2014 hasta Enero del 2015.

Fecha inicio	Fecha Fin	Consumo P1 (kWh)	Consumo P2 (kWh)	Consumo P3 (kWh)	Potencia Maximétrica (kW)	Facturado Reactiva (€)	Base imponible (€)
03/01/2014	04/02/2014	786	2.014	785	32,87 /32,87 /32,87	0,00	634,67
04/02/2014	04/03/2014	632	1.676	632	32,87 /32,87 /32,87	37,37	578,85
04/03/2014	02/04/2014	652	1.756	652	32,87 /32,87 /32,87	0,00	560,52
02/04/2014	02/05/2014	542	1.279	444	32,87 /32,87 /32,87	0,00	483,90
02/05/2014	03/06/2014	684	1.586	550	32,87 /32,87 /32,87	0,00	562,15
03/06/2014	03/07/2014	490	1.311	464	32,87 /32,87 /32,87	0,00	486,43
03/07/2014	04/08/2014	32	302	116	32,87 /32,87 /32,87	0,00	309,18
04/08/2014	01/09/2014	120	418	163	5 /5 /1	0,00	276,46
01/09/2014	02/10/2014	1.470	1.688	461	18 /17 /16	0,00	653,50
02/10/2014	05/11/2014	814	1.896	204	17 /17 /2	0,00	583,12
05/11/2014	03/12/2014	372	2.300	189	17 /19 /2	0,00	522,34
03/12/2014	05/01/2015	302	1.687	234	17 /24 /3	0,00	481,67

Tabla 13 Facturación eléctrica

A partir de las facturas eléctricas se observa que existen **penalizaciones por energía reactiva**, siendo estas de **37,37 €/año**, dado que se trata de un importe muy bajo se desprecia, pero se recomienda al Ayuntamiento que hagan un seguimiento de este concepto por si a lo largo del tiempo se viera incrementado y por tanto sería necesario colocar una batería de condensadores para eliminar estas penalizaciones en la facturación eléctrica.

	P1	P2	P3
Potencia contratada (kW)	32,87	32,87	32,87
Potencia registrada (kW)	32,87	32,87	32,87

Tabla 14 Potencias contratada y registrada

Respecto a la potencia contratada se encuentra ajustada según la potencia demandada, por tanto la instalación no requiere ningún cambio en su contratación.

El gasto anual de la facturación eléctrica es el siguiente:

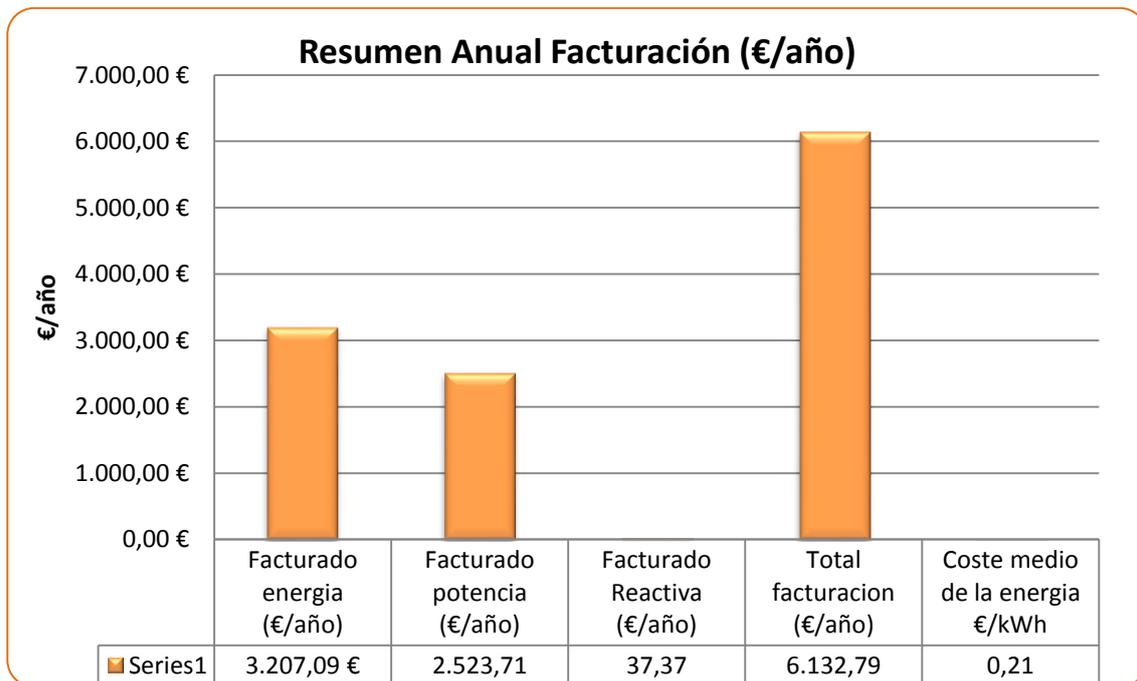


Gráfico 8 Resumen Anual de Facturación

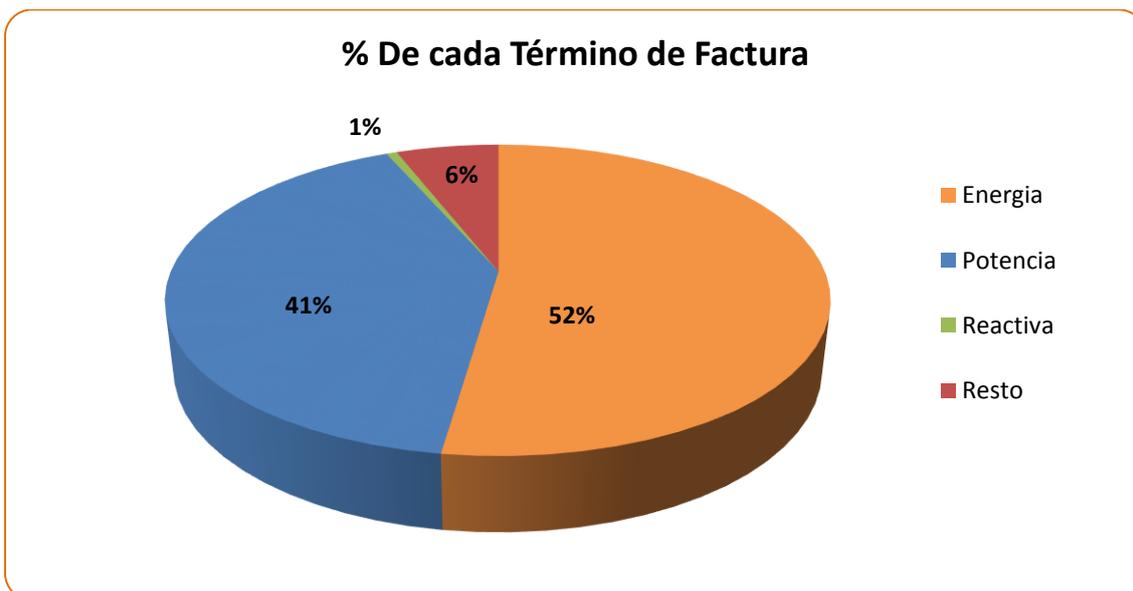


Gráfico 9 Resumen de los términos de Factura

A continuación se presentan gráficas de consumos agrupados por meses naturales:

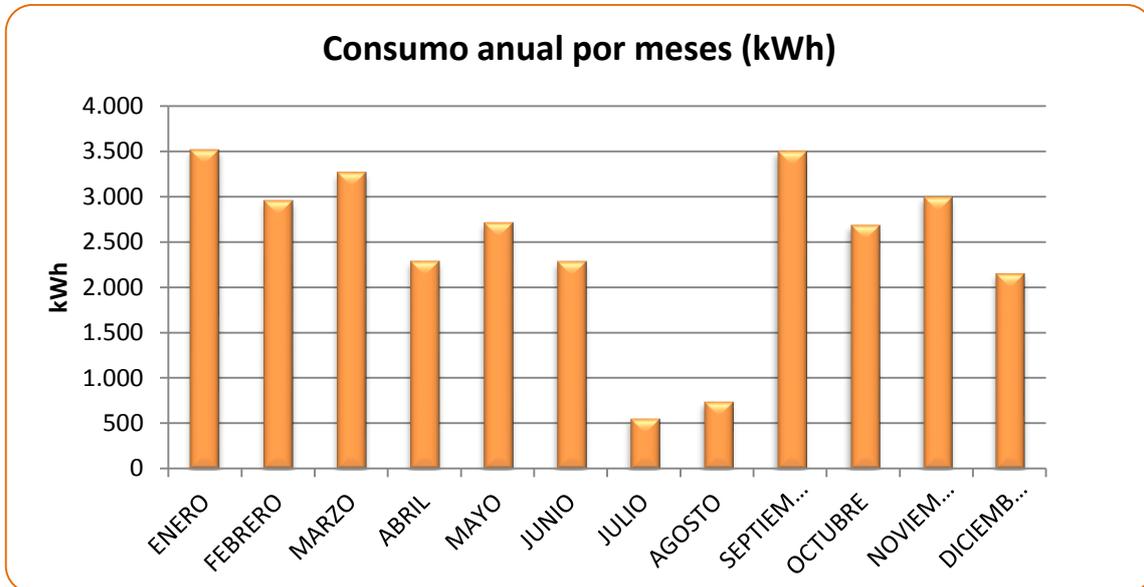


Gráfico 10 Consumo eléctrico mensual

El consumo anual por periodos se muestra a continuación:

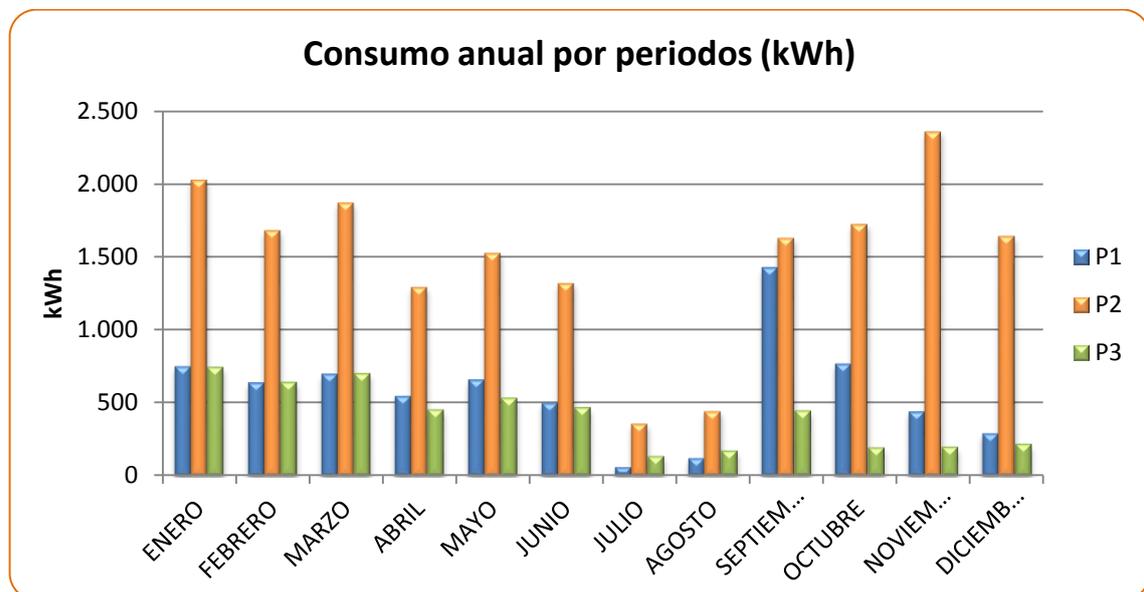


Gráfico 11 Consumo eléctrico por periodos

La siguiente tabla muestra los valores globales del periodo estudiado:

Total Consumo energía (kWh)	29.703
Total Facturación (€)	6.132,79
Media mensual de consumo (kWh/mes)	2.475
Media mensual de coste (€/mes)	511,07
Coste medio energía (€/kWh)	0,206

Tabla 15 Resumen valores globales de la facturación eléctrica

	<b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b> <b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b> <b>COLEGIO ANTONIO MACHADO</b>	1306
		28
		Rev.05

## 2.2 Consumos térmicos

No existe en el centro suministro directo de combustibles fósiles para la producción térmica.

## 2.3 Consumos energéticos totales

	Electricidad	Combustible (PCI)	Total
Consumo (kWh/año)	29.703	-	29.703
Coste (€/año)	6.132,79	-	6.132,79

Tabla 16 Consumos energéticos anuales totales

## 2.4 Índices energéticos

Para finalizar esta revisión del estado energético de la instalación, se incluyen varios índices de eficiencia energética.

### 2.4.1 Índices energéticos eléctricos

Para el cálculo de los índices energéticos eléctricos se ha tomado un periodo de consumo de un año completo comprendido Enero de 2014 y Enero de 2015

PARÁMETROS GENERALES ELÉCTRICOS	
Nº de personas que utilizan la instalación	468
Superficie total (m <sup>2</sup> )	1.465,87
Pot. Instalada Iluminación Interior (kW)	18,38
Pot. Instalada Iluminación Exterior (kW)	2,10
Pot. Instalada Equipos Eléctricos (kW)	47,88
Pot. Eléctrica Total Instalada (kW)	68,35

Tabla 17 Índices energéticos – Parámetros generales eléctricos

ÍNDICES ELÉCTRICOS	
kWh/año	29.703
€/kWh	0,21
kWh/m <sup>2</sup> Total	20,26
€/m <sup>2</sup> Total	4,18
kWh/persona uso	63,47
€/persona uso	13,10
Ton CO <sub>2</sub> /año	11,85
Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	8,08
Pot. Iluminación en W/m <sup>2</sup>	12,54

Tabla 18 Resumen Índices energéticos eléctricos

### 2.4.2 Índices energéticos térmicos

Tal y como se menciona en apartados anteriores no existe en el centro suministro directo de combustibles fósiles para la producción térmica.

### 3. MEDICIONES REALIZADAS

#### 3.1 Medidas eléctricas

##### 3.1.1 Registros trifásicos

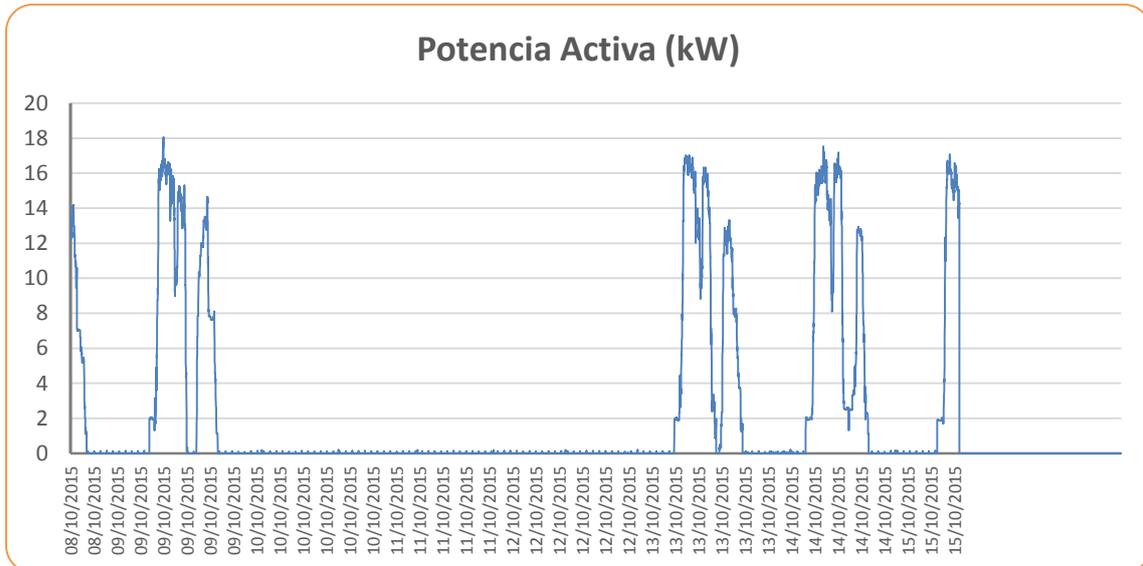


Gráfico 12 Datos de registro de potencia activa desde el 08/10/2015 al 15/10/2015

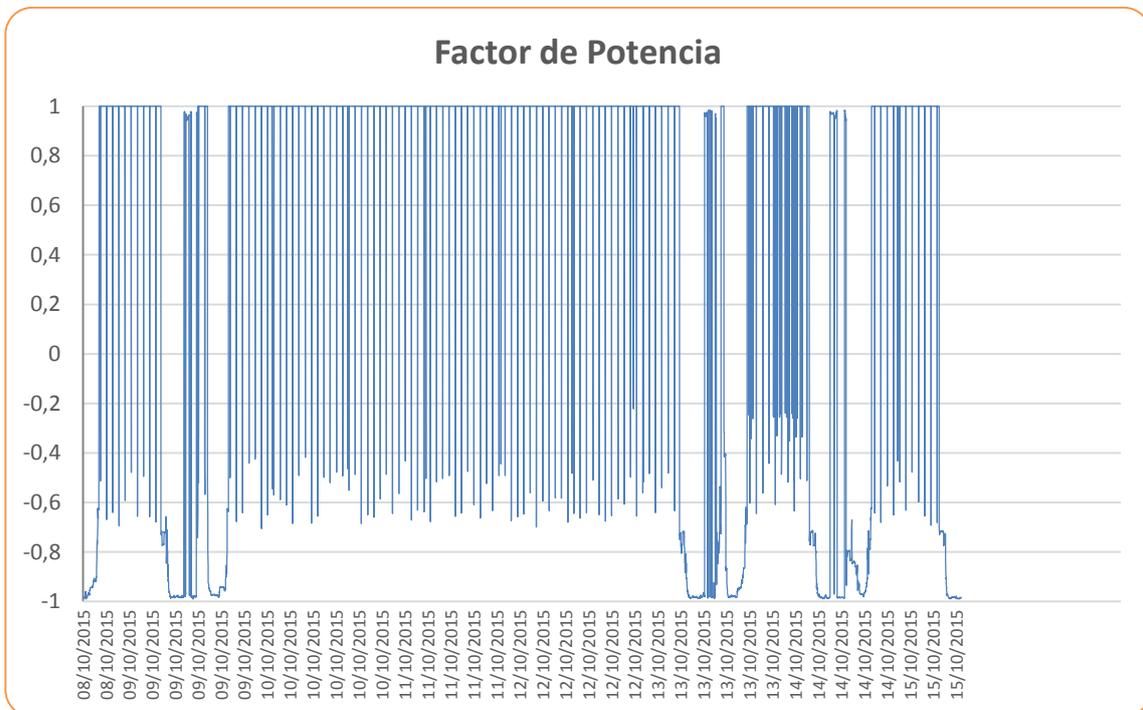


Gráfico 13 Factor de potencia trifásico registrado

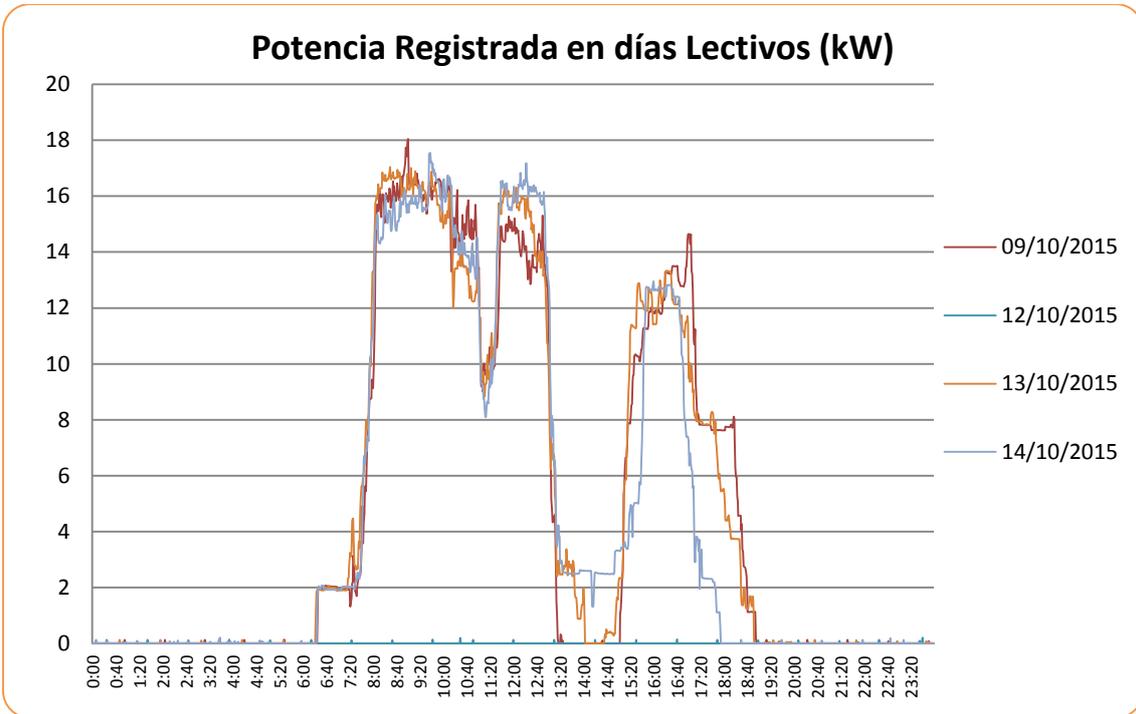


Gráfico 14 Potencia registrada en días lectivos (kW)

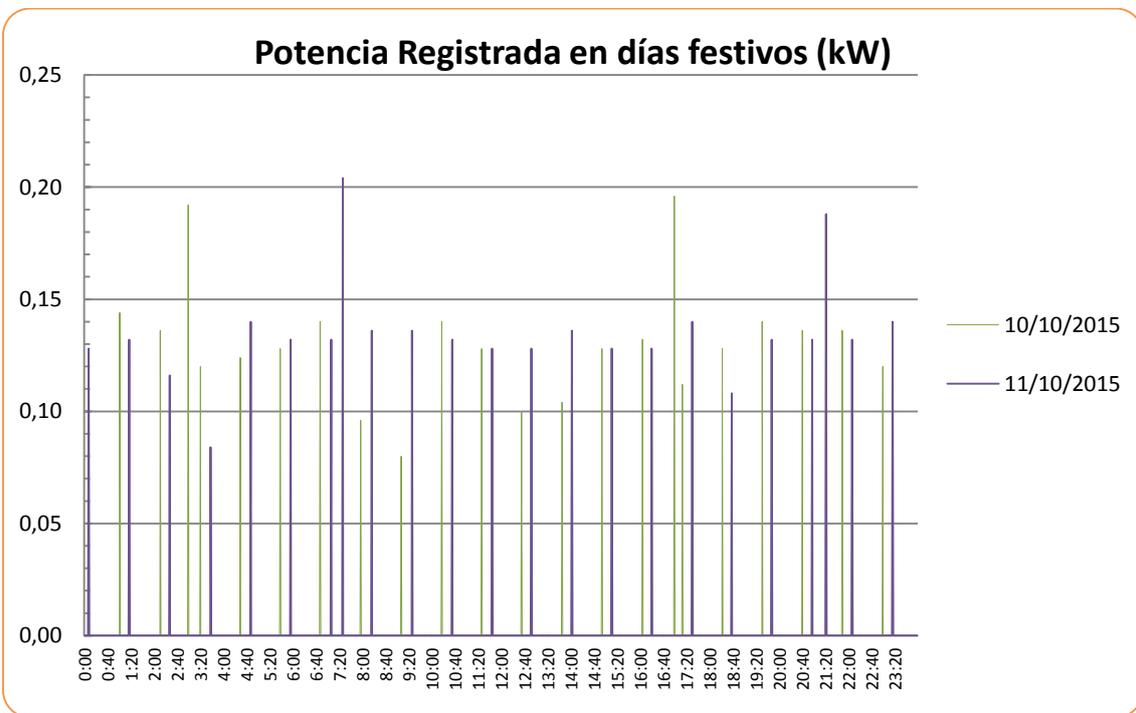


Gráfico 15 Potencia registrada en días festivos (kW)

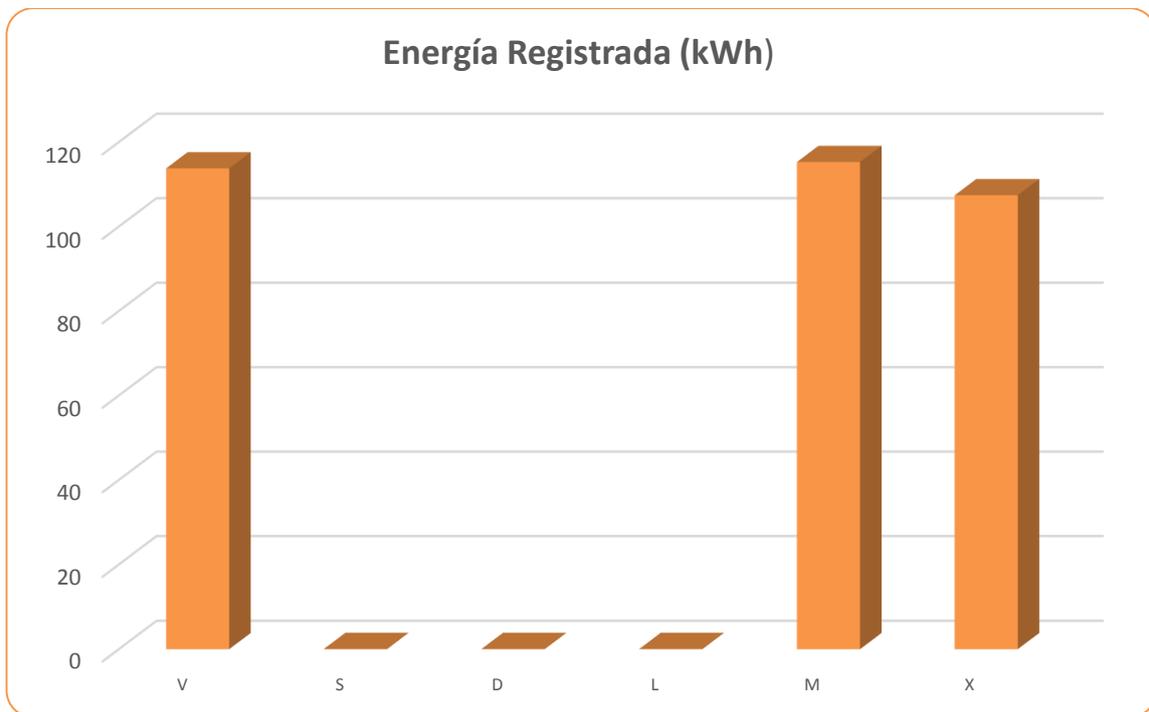
Se observa como la demanda energética es muy similar todos los días, con un perfil de uso con muy pocas variaciones. Durante la semana en que se han registrado los parámetros eléctricos se observa una demanda de potencia fija de aproximadamente 0,2 kW debido a equipos que se mantienen conectados permanentemente.

Los días lectivos son muy homogéneos con una potencia máxima de 18,044 kW, en consonancia con las medidas de potencia maximétrica del último año de facturas eléctricas, y un horario principal de uso entre 7:30 y 18:00.

También se observa que no se hace uso del alumbrado exterior.

En los días festivos se produce un consumo constante con “picos” de potencia debidos al arranque de los frigoríficos instalados.

La energía consumida durante la semana de medición se muestra en la siguiente gráfica:



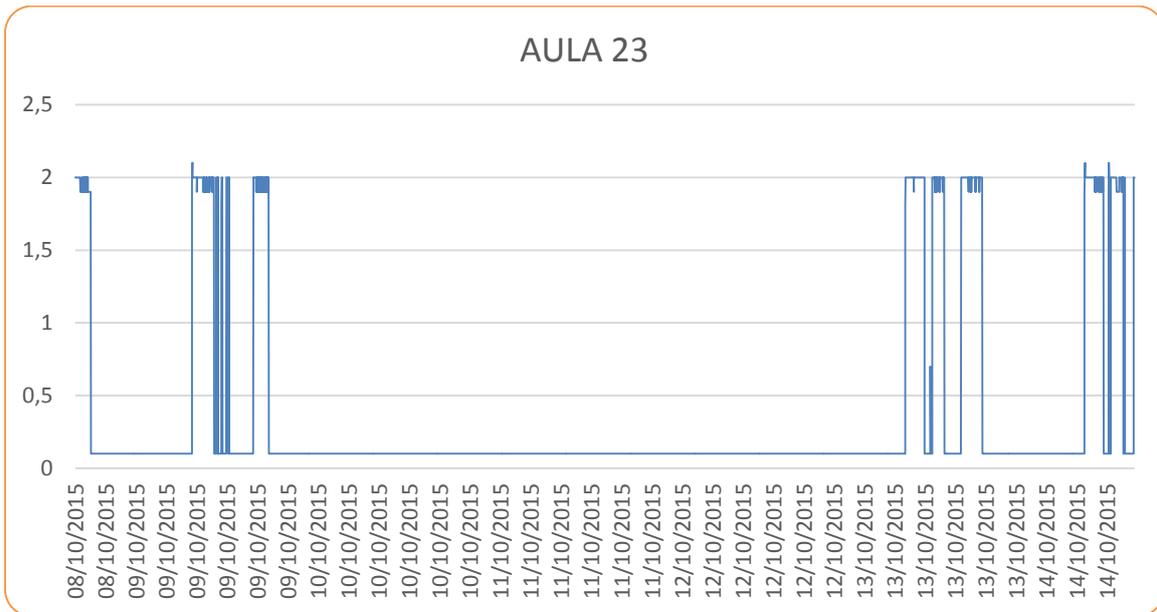
*Gráfico 16 Energía consumida por cada día de la semana*

El valor medio durante los días lectivos es de 2.355,37 kWh y durante los días festivos de 0,51 kWh. Con estos valores obtenemos un consumo mensual de 2.355,88 kWh para el mes de octubre, lo que representa un desvío respecto al valor facturado en octubre de 2014 de un 12,35% inferior; este desvío se explica por el consumo debido al uso fuera del horario habitual y a los equipos de calefacción, ya que dependiendo de las condiciones climáticas tiene un mayor o menor uso.

**3.1.2 Registros monofásicos**

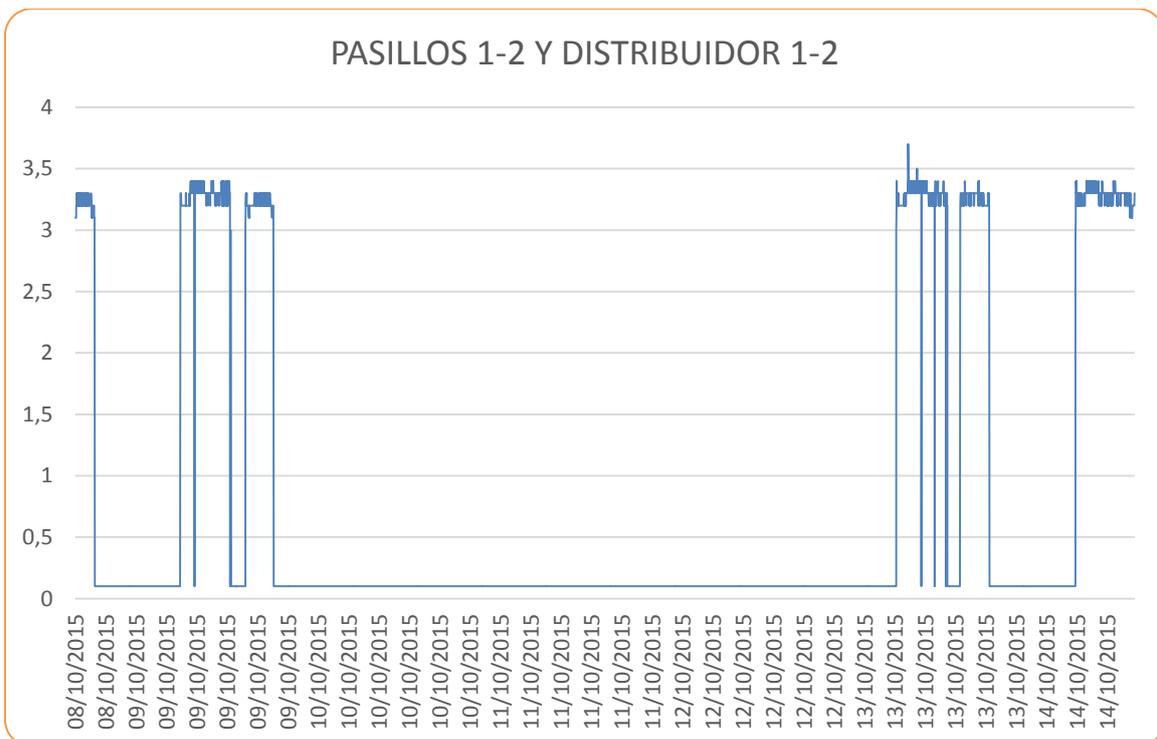
A continuación se muestran las gráficas que nos muestran el perfil de consumo semanal de diferentes zonas y equipos.

**- Aula 23**



*Gráfico 17 Registro de monofásico instalado en el aula 23*

**- Pasillos 1 y2 y distribuidor 1 y 2**



*Gráfico 18 Registro de monofásico instalado en Pasillos 1 y2 y distribuidor 1 y 2*



### 3.2 Medida de nivel de iluminación

Para la comprobación de la eficiencia energética del sistema de iluminación de las diferentes estancias, se seguirán las directrices de cálculo marcadas por el **Código Técnico de Edificación en el documento básico HE3, Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación**. Para ello se ha calculado el valor de la eficiencia de la instalación VEEI ( $W/m^2$ ) por cada 100 lx. *(El procedimiento de cálculo se especifica en el Informe general de la Auditoría)*.

En la siguiente tabla se muestran las estancias en las que se han realizado las medidas de iluminancia. En una columna se indican los valores de la Iluminancia media resultado de la medición y en otra el valor mínimo exigido según el uso de la estancia. En la columna que muestra los valores de VEEI se muestran en rojo las zonas en las que ese valor supera al máximo.

Ubicación	Potencia (W)	Área (m <sup>2</sup> )	Iluminancia Media (lux)	Valor s/ Norma (lux)	VEEI
Pasillo 1	216	15,50	395	200	3,53
Conserjería	216	15,80	713	300	1,92
Distribuidor 1	144	8,50	480	200	3,53
Aula 5	576	51,00	815	300	1,39
Aula 6	576	55,50	790	300	1,31
Sala de espera	144	14,30	600	300	1,68
Dirección	288	16,60	921	300	1,88
Aula 10	144	7,00	640	300	3,21
Pasillo 2	144	19,00	369	200	2,05
Aseo niños	259,2	12,25	333	150	6,35
Aseo1	172,8	17,00	721	150	1,41
Aseo niñas	172,8	12,50	235	150	5,88
Aseo 2	172,8	17,00	376	150	2,70
Aseo profesores 1	86,4	3,50	398	150	6,20
Distribuidor 2	144	9,00	475	200	3,37
Biblioteca	576	53,00	915	200	1,19
Aula 23	576	47,00	810	300	1,51
Aula 24	576	24,00	770	300	3,12
Sala de profesores	432	31,00	648	300	2,15

*Tabla 19 Resumen medidas de iluminación en diferentes estancias*

Se observa que los valores medidos de iluminancia son mayores que los recomendados por la media en todas las estancias medidas, destacando algunos como es el caso de dirección que triplica este valor. Sin embargo, los valores de eficiencia energética solo superan el máximo exigido por la norma en los aseos al tratarse de estancias con una gran potencia instalada en pequeñas superficies.

### 3.3 Medidas térmicas

Las medidas térmicas realizadas se han centrado en el registro de temperatura y humedad en una estancia representativa del centro.

#### 3.3.1 Registradores de temperatura y humedad

Las condiciones interiores de diseño de la temperatura operativa y la humedad relativa fijadas por el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE) figuran en la instrucción técnica IT 1.1.4.1.2. de acuerdo a la siguiente tabla:

Estación	Temperatura operativa (°C)	Humedad relativa (%)
Verano	23...25	45...60
Invierno	21...23	40...50

Tabla 20 Condiciones interiores exigidas por el RITE

### REGISTRO DE VERANO

Durante el periodo de una semana, entre los días 08/10/2015 y 15/10/2015, se realizaron registros de temperatura y humedad en un espacio representativo del edificio. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- **Sala de profesores**

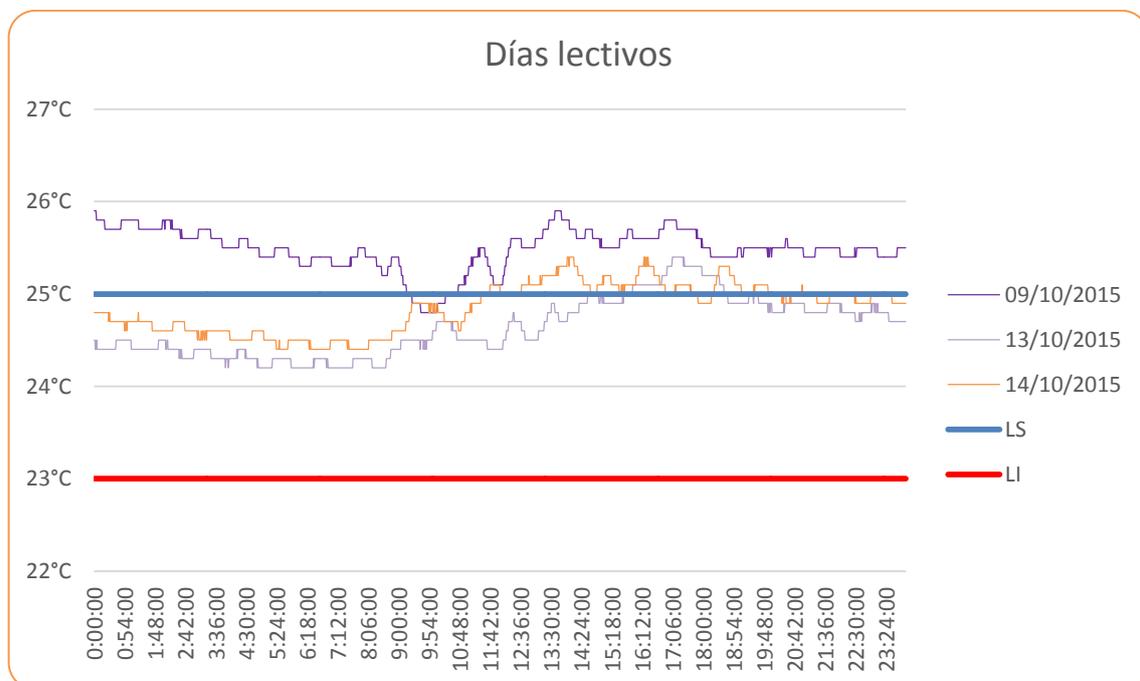
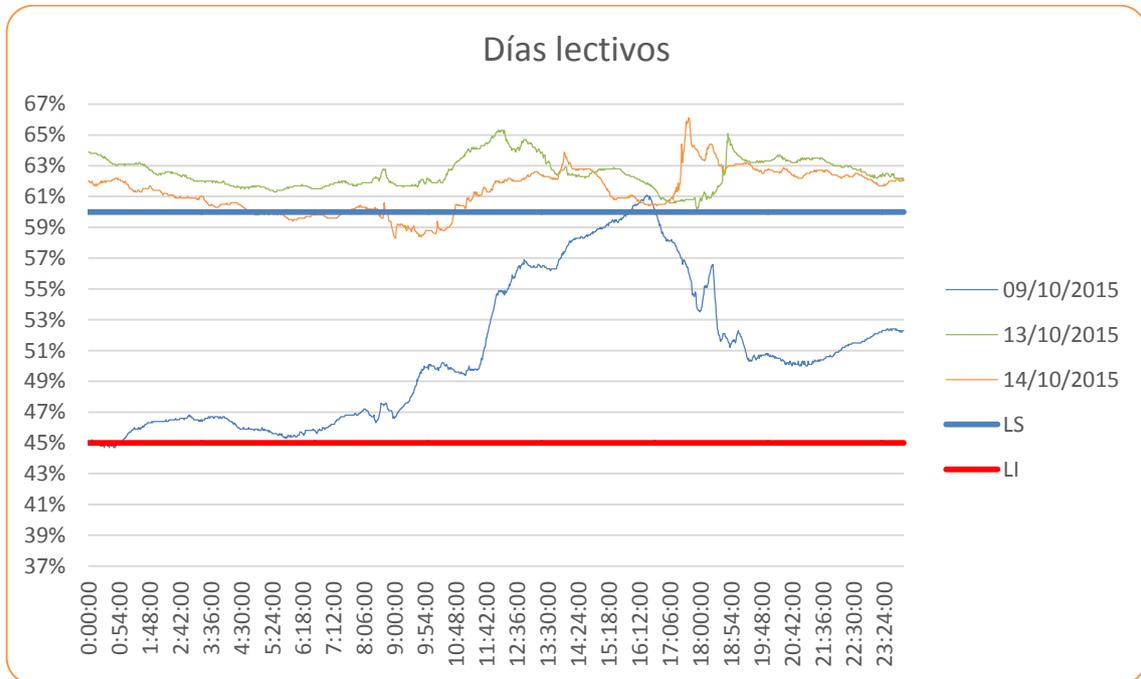


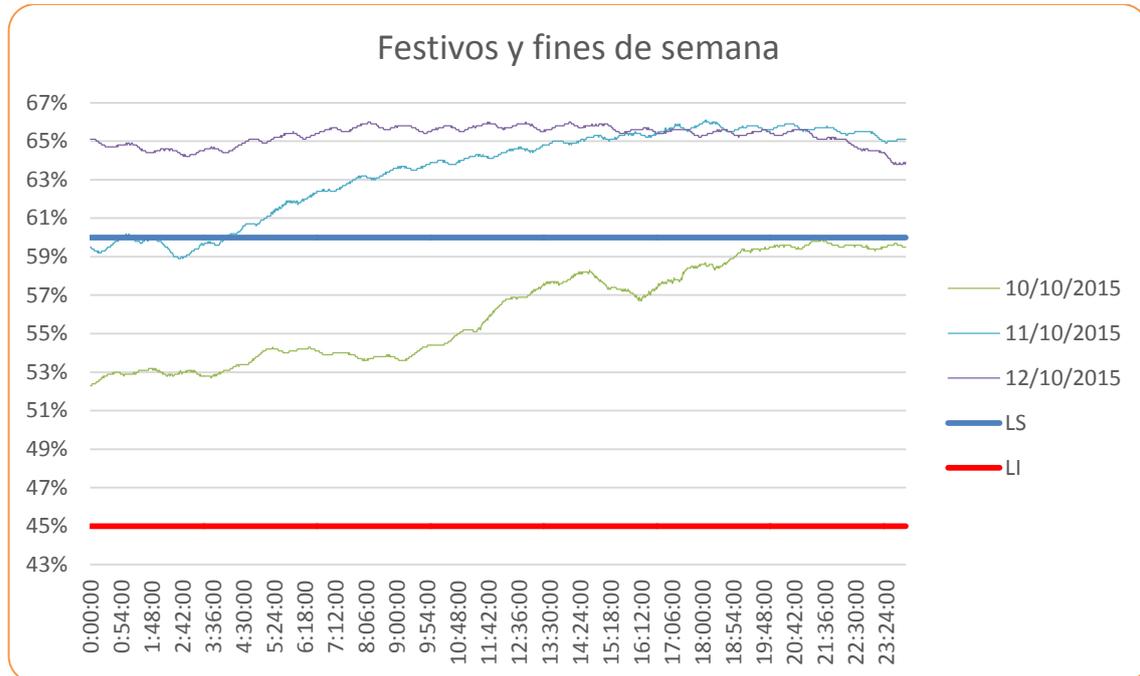
Gráfico 20 Registro de temperatura – VERANO – Días lectivos



**Gráfico 21 Registro de temperatura – VERANO – Fines de semana y festivos**



**Gráfico 22 Registro de humedad relativa – VERANO – Días lectivos**



*Gráfico 23 Registro de humedad relativa – VERANO – Fines de semana y festivos*

Esta zona se trata mediante un calefactor y un ventilador eléctricos. Se observa un pequeño descenso de la temperatura a primeras horas de la mañana coincidiendo con el inicio de la jornada laboral y quizá con la activación del ventilador. A partir de las horas centrales y durante todo el día la temperatura sufre pocas variaciones, oscilando entre los 24,2 °C y los 25,9 °C. En general las temperaturas se sitúan por debajo del límite superior que marca el reglamento superándose en momentos puntuales durante un de los días que duró el registro.

Se observa como los días festivos la temperatura se mantiene constante sin variaciones a lo largo de la jornada, manteniéndose en torno a los 25 °C. Se puede deducir de esto que la semana que se ha realizado el registro las temperaturas fueron relativamente elevadas para el mes de octubre.

La humedad se sitúa en líneas generales dentro del rango de confort marcado por el reglamento de 45-60 %, siendo superado el límite superior en momentos puntuales, pero no es elevado.

Las principales conclusiones que se sacan son las siguientes:

- ❑ **Se aprecian aportaciones térmicas insuficientes, aunque no significativas.** En general las temperaturas se encuentran entre los 25°C y los 26°C durante los periodos de ocupación, lo cual indica un aporte insuficiente de refrigeración en esta zona, encontrándose la temperatura por encima del límite superior establecido por el RITE (25°C) durante una parte de dicho periodo de ocupación.
- ❑ Se observa como la temperatura sigue la pauta de ocupación del edificio, disminuyendo a partir de las primeras horas de la mañana coincidiendo con el inicio de la jornada laboral, , y manteniéndose constante hasta el fin de la jornada.

### 3.4 Análisis termográfico

El análisis de las diferentes termografías realizadas en el centro se incluye en el anexo correspondiente.

### 3.5 Certificación energética

Tras realizar la certificación energética del edificio se ha obtenido una calificación C.

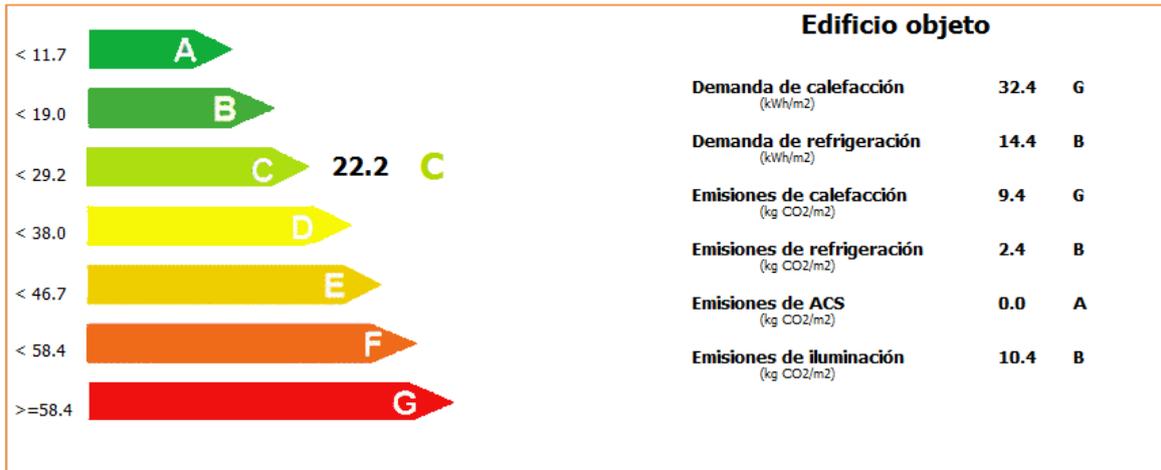


Imagen 7 Etiqueta Certificado Energético

En el anexo correspondiente se adjunta el informe completo de la certificación energética del edificio.

#### 4. ANÁLISIS ENERGÉTICO DEL EDIFICIO

##### 4.1 Desglose de consumos eléctricos

Tras realizar un desglose de consumos eléctricos del centro se obtiene una gráfica en la que se recoge el peso de cada uno de los principales consumos:

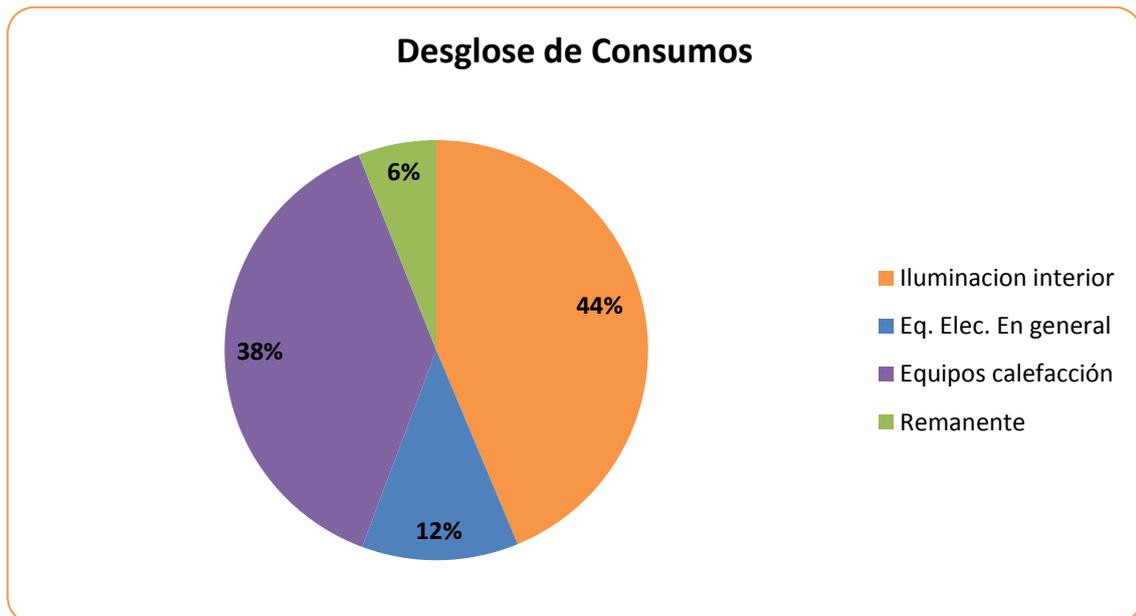


Gráfico 24 Desglose de consumos eléctricos

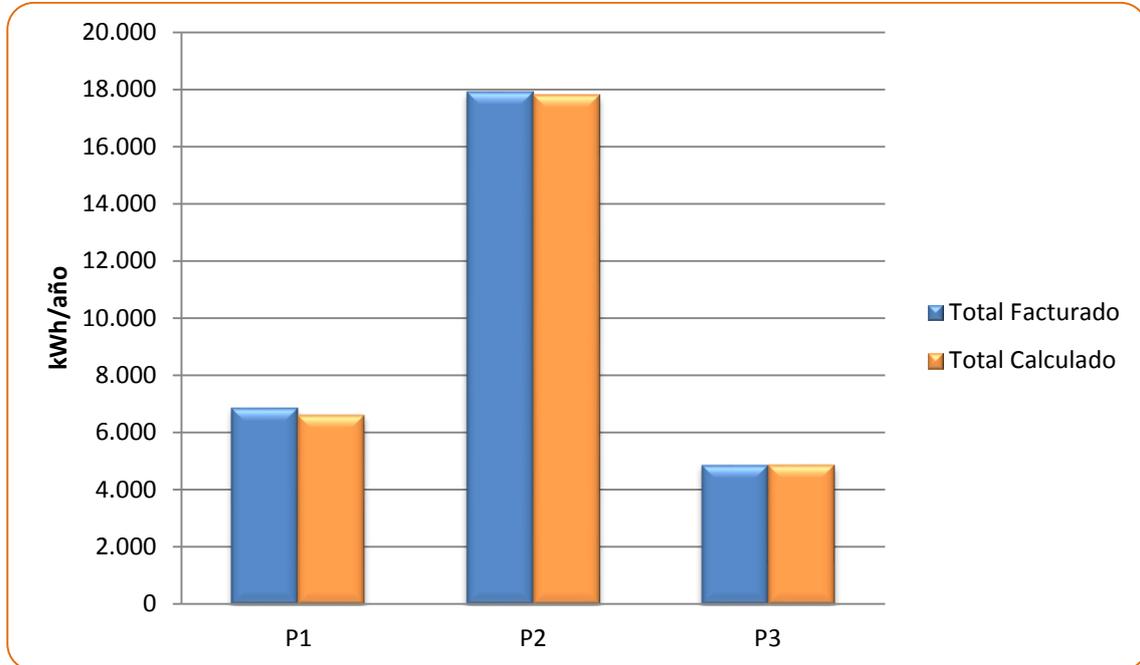
Los consumos más importantes son los referentes a la iluminación interior, equipos eléctricos y los equipos de calefacción alimentados por energía eléctrica.

Por último, aparece en el gráfico un porcentaje “Remanente” que se debe, entre otras cosas, a:

- Equipos eléctricos e iluminación que se puedan quedar encendidos cuando no se están utilizando.
- Aparatos eléctricos que estén a final de su vida útil y consuman más electricidad de la requerida para su funcionamiento normal. Esto puede suceder en neveras con compresores antiguos, balastos electromagnéticos de lámparas, bombas, etc.
- Diferencia entre las horas registradas durante el estudio con los analizadores de redes para la utilización de la iluminación y los equipos eléctricos y las horas de uso a lo largo del año.

Este porcentaje se encuentra en el rango aceptable para una instalación de estas características, pero, según lo explicado anteriormente, se recomienda examinar la instalación para localizar consumos evitables y revisar ciertos comportamientos para intentar reducir en la medida de lo posible este consumo energético.

La siguiente gráfica muestra el consumo estimado en cada periodo frente al facturado, obteniéndose una desviación de alrededor del 1%.



*Gráfico 25 Desglose de consumos por periodo*

#### 4.2 Desglose de consumos térmicos

Tal y como se menciona en apartados anteriores no existe en el centro suministro directo de combustibles fósiles para la producción térmica.

#### 4.3 Contribución de energías renovables

Actualmente no existe contribución de energías renovables para la producción energética del centro.

## 5. ACTUACIONES PROPUESTAS

### 5.1 Sustitución de iluminación existente por tecnología LED

**Descripción actuación:** Utilización de equipos de iluminación eficaces mediante el uso de tecnología LED

#### Descripción de la mejora

Una alternativa a los tubos fluorescentes convencionales son los tubos con fuente de luz led. Este es el método más rápido y sencillo de actualizar las luminarias existentes a tecnología Led pues el tubo encaja directamente en las pantallas estándar.

Entre las ventajas de las lámparas led se encuentran:

- Ahorros de energía de casi un 50% respecto a los tubos fluorescentes convencionales.
- El encendido se produce instantáneamente al 100% de su intensidad sin parpadeos ni periodos de arranque.
- Reducción del deslumbramiento percibido.
- Larga vida media (hasta 50.000h).
- Menor coste de mantenimiento debido a su larga duración.
- Excelente mantenimiento lumínico, sin apenas degradarse por el número de encendidos.
- Tecnología limpia libre de mercurio y contaminantes.



*Imagen 8 Tubo LED*

#### Aplicación de la mejora

Se propone la sustitución de la iluminación existente por tecnología LED.

Para la evaluación económica se han considerado la sustitución de los equipos en todas las lámparas fluorescentes tubulares existentes con balasto electromagnético, seleccionando el tubo led que le corresponde en función de los lúmenes

	<b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b> <b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b> <b>COLEGIO ANTONIO MACHADO</b>	<b>1306</b>
		<b>28</b>
		<b>Rev.05</b>

### Precio de la energía

El precio de la energía así como el número de horas de funcionamiento se ha calculado en función del desglose de consumos realizado para cada periodo. Los datos de partida para el cálculo final se muestran a continuación:

	P1	P2	P3
Condiciones de contratación de energía (€/kWh)	0,14721	0,11582	0,07950
Porcentaje de consumo de iluminación por periodo	25,60%	59,76%	14,64%

Los valores resultantes finales se muestran en la siguiente tabla:

Precio de la energía (cent€/kWh)	11,85389
Precio de la potencia (€/kW y año)	28,54

### Inversión

Al ser ésta una Auditoría en Grado de Inversión, para valorar la implantación de esta mejora se ha pedido presupuesto a los principales fabricantes de lámparas e instaladores eléctricos con el fin de calcular la inversión necesaria y obtener un valor promedio realista, en el que se ha tenido en cuenta tanto el precio material de la inversión como la mano de obra para realizarla.

Con los datos anteriores se obtienen los resultados de la siguiente tabla, donde se presentan los ahorros tanto energéticos como económicos, así como la inversión necesaria y el periodo de retorno simple de la inversión.

Ahorro energético anual			Ahorro económico			Inversión total	Retorno simple	Emisiones CO <sub>2</sub> evitadas
kWh	De la mejora	Del edificio	Por energía	Por potencia	Total	€	Años	Ton/año
	%	%	€/año	€/año	€/año			
5.727	44,69%	19,28%	678,86 €	96,55 €	775,41 €	13.057,44 €	16,84	2,29

### Riesgo en la obtención del ahorro esperado

El principal riesgo es el debido a instalar equipos de baja calidad con una vida útil menor de la esperada o con una alta degradación con el tiempo debido a la mala disipación térmica, por lo que se recomienda el uso de equipos de fabricantes de calidad contrastada.

## 6. MEJORAS RECOMENDADAS

### 6.1 Sistemas de regulación y control de la iluminación interior

**Descripción actuación:** Instalación de detectores de presencia en estancias de uso intermitente. Aprovechamiento de la luz natural mediante la utilización de sensores de luz

#### Descripción de la medida

**Los detectores de presencia**, también llamados detectores de movimiento o interruptores de proximidad, sirven para conectar o desconectar la iluminación de cualquier espacio en función de la existencia o no de personas en el mismo.

Con esto se logra que el control de encendido y apagado se realice automáticamente, sin que ninguna persona tenga que accionarlo, de manera que solamente permanecerá encendido un interruptor cuando realmente se requiere que la estancia esté iluminada, logrando a su vez un ahorro energético que puede llegar a ser importante.



Imagen 9 Detectores de presencia

Concretando, algunas de las ventajas de estos interruptores de proximidad son:

- Ahorro de energía y disminución del gasto como consecuencia de una mejora en el control de la instalación de la luz.
- En grandes superficies reducen la necesidad de supervisión de los locales, dedicación de personas al control del alumbrado y resulta más fiable.
- Como la inversión para adquirir e instalar estos detectores no es muy alta, rápidamente se rentabiliza su compra.
- Pueden aplicarse al control de cualquier otra instalación energética susceptible de ser independizada por locales, como la calefacción, el aire acondicionado, etc.
- Mínimo mantenimiento.

Las modernas soluciones en el campo de la iluminación tienen en cuenta la aportación de luz natural en las instalaciones con la intención de ahorrar energía y a la vez costes de explotación. En los **sistemas con regulación de la iluminación en función de la luz natural**, los sensores miden constantemente la cantidad de luz que hay en la sala y reducen la cantidad de luz artificial producida por las lámparas que están funcionando con Equipos de Conexión

	<b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b> <b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b> <b>COLEGIO ANTONIO MACHADO</b>	<b>1306</b>
		<b>28</b>
		<b>Rev.05</b>

Electrónicos regulables, de forma que siempre se mantiene un nivel de iluminación predefinido en la sala. Con ello no sólo se puede ahorrar energía en los días soleados, sino que también se puede aprovechar la luz diurna en los días nublados.

El sensor se debe montar sobre una superficie de referencia (por ejemplo un escritorio), de forma que reciba fácilmente la luz reflejada en la superficie (luz que será mezcla de luz artificial y luz natural). Se debe evitar una iluminación directa de la luz del sol o de posibles reflejos muy intensos de la luz de sol (como por ejemplo, desde el alféizar de la ventana) ya que se pueden dar desviaciones en la regulación. Por la misma razón se debe de respetar una distancia adecuada.

#### Aplicación de la mejora

Para el cumplimiento del documento HE3 “Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación” del CTE, es necesario disponer de sistemas de regulación y control de la iluminación interior que cumplan las siguientes condiciones:

- Sistemas de detección de presencia o sistemas de temporización en zonas de uso esporádico.
- Sistemas de aprovechamiento de luz natural que regulen el nivel de iluminación en función del aporte de luz natural.

#### Ahorro energético

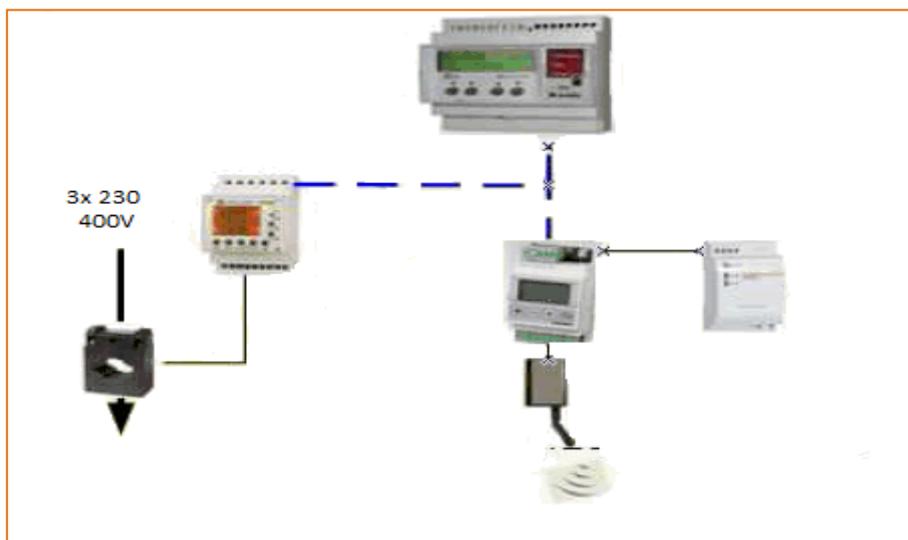
El potencial de ahorro con la utilización de sistemas de gestión de iluminación, como pueden ser sensores de luz, es de hasta un 60% del consumo de iluminación de las zonas controladas.

## 6.2 Implantación de un sistema de monitorización y control

### Descripción de la mejora

Se propone la implantación de un sistema de monitorización y control con el fin de que los parámetros principales de consumo térmico y eléctrico sean accesibles tanto para el responsable de los edificios como para el posible gestor energético que se haga cargo de su mantenimiento y explotación. Es una forma de facilitar la gestión por parte de la Empresa de Servicios Energéticos y el control por parte del Ayuntamiento.

El sistema contará con un gestor energético que será el eje sobre el que se montará el sistema de monitorización y control, el cual debe contar con un servidor web y XML integrado, además de un pequeño SCADA integrado que permitirá algunas acciones de control y programación del módulo, con comunicación mediante protocolo abierto (RS485 Modbus o similar) para la colección de datos y entradas digitales para otras señales como contadores de pulsos o señales de estado.



*Imagen 10 Esquema de sistema de monitorización*

El equipo permitirá la comunicación con el sistema de control, gestión de datos y operación superior a través de Ethernet o, en caso de no haber conexión, vía 3G que comunicaría a través de la red telefónica, por lo que es imprescindible que los protocolos de comunicación estén perfectamente definidos y sean abiertos. El sistema debe ser escalable, de forma que, en un futuro, se puedan ampliar el número de puntos de control o instalar sistemas compatibles de control específico adicionales.

### Aplicación de la mejora

Los parámetros mínimos a controlar serán la acometida eléctrica principal, el consumo eléctrico y térmico de la sala de calderas, en caso de existir, y dos sondas de temperatura ambiente en zonas significativas del edificio. Por lo tanto, al gestor energético irán conectados los diversos analizadores de redes que tomarán los datos de la instalación. Siempre que fuera posible, los

	<b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b> <b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b> <b>COLEGIO ANTONIO MACHADO</b>	<b>1306</b>
		<b>28</b>
		<b>Rev.05</b>

datos de pulsos de los contadores de combustible y las sondas de temperatura se llevarán directamente a este equipo a través de cable. En cualquier otro caso se hará la comunicación a través de equipos inalámbricos que se comunicarán con un concentrador de señales que irá conectado al gestor energético.

Se contemplará la posibilidad de incorporar un autómata para soluciones más complejas de control, como apagado y rearmado de interruptores en el cuadro principal, control de sistemas de calefacción y climatización a través de las temperaturas en aquellos equipos que lo permitan.

### Beneficios de la instalación

Los beneficios de la implantación de este sistema incluyen el control en tiempo real, la configuración de alarmas para consumos excesivos o no deseados, la elaboración de curvas de carga del edificio, el control de facturación, la posibilidad telegestión de los puntos más importantes de la instalación y la disponibilidad de datos necesarios para la detección de ineficiencias y elaboración de estrategias de explotación acordes con la filosofía de eficiencia energética.

### Inversión

Al tratarse de una auditoria en grado de inversión, para el cálculo de la inversión necesaria para la aplicación de esta mejora se ha solicitado presupuesto a los principales fabricantes de sistemas de monitorización y control para establecer un valor promedio realista en el que se ha tenido en cuenta tanto el precio material de la inversión como la mano de obra para realizarla.

El coste de implantación de este sistema dependerá de las variables a controlar con un coste económico mínimo estimado de 1.500 €.

	<b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b> <b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b> <b>COLEGIO ANTONIO MACHADO</b>	1306
		28
		Rev.05

## 7. PROPUESTA DE IMPLANTACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES

### 7.1 Energía solar térmica

No se considera su implantación al no existir en el centro demanda de agua caliente sanitaria (ACS).

### 7.2 Biomasa

La producción térmica para la calefacción del centro consta de radiadores con batería de calentamiento mediante resistencia eléctrica, por lo que, para implantar la biomasa como contribución de energías renovables, la instalación requeriría de una reforma integral para poder adaptarse a las condiciones de funcionamiento de una instalación de este tipo.

Por otra parte, los condicionantes a tener en cuenta son los siguientes:

- Debido al bajo número de horas de funcionamiento de la calefacción el periodo de retorno simple de la inversión sería elevado.
- La implantación de esta mejora sirve como actuación ejemplarizante y educativa sobre las energías renovables y la protección del medio ambiente. Esta circunstancia se ve acentuada por la mejora en calificación energética.
- Se considera una opción a tener en cuenta al sustituir la caldera existente si se dan las condiciones adecuadas de acceso del camión de suministro y hay espacio suficiente en la sala de calderas para el almacenamiento de combustible. En este caso, no existe sala de calderas y podrían existir limitaciones de acceso.

Desde el punto de vista de viabilidad económica, donde la implantación de estos sistemas presenta periodos de retorno altos, junto con las limitaciones de acceso y que la instalación actual no se adaptaría directamente a las condiciones de funcionamiento de una instalación de biomasa tradicional, no se considera su instalación.

### 7.3 Fotovoltaica - Autoconsumo

Actualmente, las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo están reguladas mediante el Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre de 2015. En el apartado 5 se resumen los principales aspectos a tener en cuenta.

Entre los condicionantes principales que tendrían que cumplir los edificios o instalaciones para hacer viable una instalación fotovoltaica de autoconsumo que se adapte a los requisitos recogidos en el Real Decreto 900/2015, están los siguientes:

- Curva de carga del edificio continua y uniforme durante la mayor parte de los días del año. Maximizar el autoconsumo de la generación fotovoltaica.
- Espacio disponible para la ubicación de los módulos fotovoltaicos.

Por lo tanto, al no cumplirse estos condicionantes, no se aconseja la implantación de energía solar fotovoltaica en este centro.

## 8. RESUMEN

A continuación se presenta una tabla resumen incluyendo todos los ahorros e inversiones asociadas a la implantación de las mejoras propuestas en esta auditoría:

Propuestas de Mejora	Ahorro energético anual		Ahorro económico	Inversión total	Retorno simple	Emisiones CO <sub>2</sub> evitadas
	kWh	% <sup>1</sup>	€/año	€ <sup>2</sup>	años	Ton/año
Sustitución de la iluminación existente por tecnología LED	5.727	44,69	775,41	13.057,44	16,48	2,29
<b>TOTAL ELÉCTRICAS</b>	<b>5.727</b>	<b>-</b>	<b>775,41</b>	<b>13.057,44</b>	<b>16,48</b>	<b>2,29</b>

Tabla 21 Resumen de resultados de las actuaciones propuestas

Entre las **mejoras recomendadas** se pueden enumerar:

- Implantación de sistemas de regulación y control de la iluminación interior en zonas de uso intermitente como pasillos y vestuarios.
- En el marco de la integración actual de las soluciones TIC asociadas a la gestión y control de consumos de edificios, se propone la implantación de un sistema de monitorización y control con el fin de que los parámetros principales de consumo tanto térmico como eléctrico sean accesibles tanto para el responsable de los edificios como el posible gestor energético que se haga cargo de su mantenimiento y explotación.

<sup>1</sup> Sobre el consumo eléctrico o térmico anual

<sup>2</sup> Todos los precios son sin IVA