



INFORME

AUDITORÍA ENERGÉTICA

AYUNTAMIENTO DE MARBELLA

(C.E.I.P. García Lorca)

Nº OFERTA	CO_1306
Nº INFORME	IN_1306_34_20160303

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

1. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO Y RESUMEN DE INVENTARIO.....	1
1.1 Datos generales del centro	1
1.2 Planos y distribución	2
1.3 Envolverte y cerramientos.....	6
1.4 Descripción de los sistemas de climatización y ACS.....	7
1.4.1 Producción de ACS	7
1.4.2 Unidades Terminales.....	8
1.5 Iluminación.....	11
1.5.1 Iluminación interior	12
1.5.2 Iluminación exterior	13
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
2. CONSUMOS ANUALES.....	17
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
3. MEDICIONES REALIZADAS	21
3.1 Medidas eléctricas.....	21
3.1.1 Registros trifásicos	21
3.1.2 Registros monofásicos.....	25
3.2 Medida de nivel de iluminación	27
3.3 Medidas térmicas.....	28
3.3.1 Registradores de temperatura y humedad	28
3.4 Análisis termográfico.....	31
3.5 Certificación energética	31
4. ANÁLISIS ENERGÉTICO DEL EDIFICIO	32
4.1 Desglose de consumos eléctricos.....	32

4.2	Desglose de consumos térmicos	33
4.3	Contribución de energías renovables	33
5.	ACTUACIONES PROPUESTAS	34
5.1	Sustitución de iluminación existente por tecnología LED	34
6.	MEJORAS RECOMENDADAS	36
6.1	Sistemas de regulación y control de la iluminación interior	36
6.2	Implantación de un sistema de monitorización y control.....	38
7.	PROPUESTA DE IMPLANTACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES	40
7.1	Energía solar térmica.....	40
7.2	Biomasa	40
7.3	Fotovoltaica - Autoconsumo	41
8.	RESUMEN	42

1. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO Y RESUMEN DE INVENTARIO

1.1 Datos generales del centro

Denominación del Centro	COLEGIO GARCÍA LORCA
Dirección	C/ San Antonio nº26 (Marbella, Málaga)
Tipo de edificio	Centro Educativo
Persona de Contacto (Nombre, tlf, email)	Alvaro(Director);Ramón(Conserje) 951270516
Número de edificios	2
Referencia Catastral	1628203UF3412N0001LX

Tabla 1 Resumen datos generales

Las instalaciones del **CEIP García Lorca** que se han auditado se encuentran situadas en la **Calle San Antonio, 26** en la localidad de **Marbella**.



Imagen 1 Vista general del CEIP García Lorca



Imagen 2 Vista aérea del CEIP García Lorca

EDIFICIO	Nº plantas	Superficie Construida. m ²	Nº personas	Horario	Año de construcción
Edificio principal	2	2332	260	9:00-19:00	1986
Edificio Comedor	2		4	12:00-15:30	1986

Tabla 2 Resumen de horario, usos y datos constructivos

EDIFICIO	Nº personas	Horario de funcionamiento	Uso
Comedor	60	12:00-15:30	
Aulas	20	9:00-14:00	Docente

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 -1	Sup. Total (m ²)
Administrativo	33	--	12	45
Aseos	31	26	13	69
Aulas	251	421	--	672
Cocina-comedor	155	--	--	155
Deportivo	--	--	142	142
No habitable	20	--	4	24
Usos múltiples	84	--	--	84
Zonas comunes	131	109	12	252
Sup. Total (m ²)	705	556	183	1.444

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 46% 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 17%.

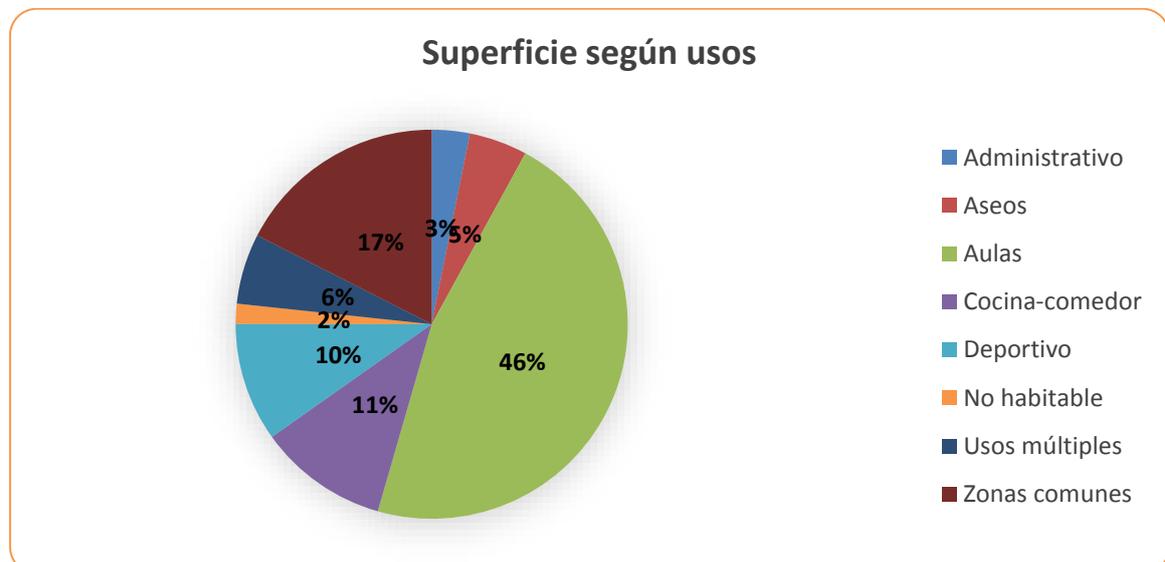
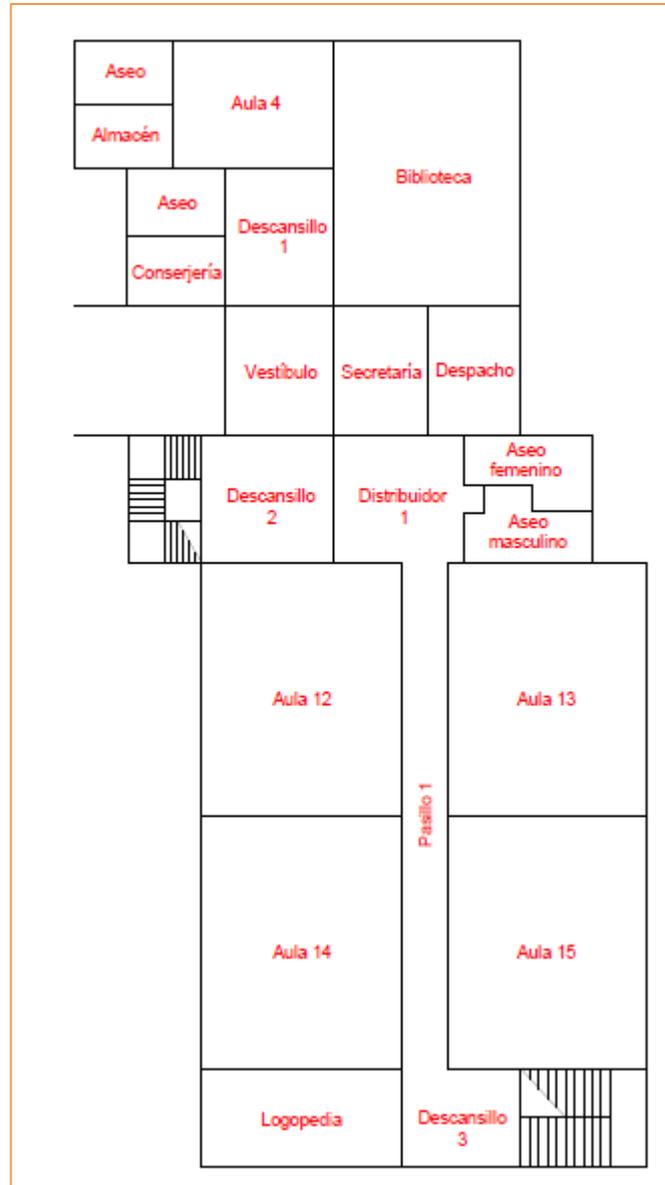
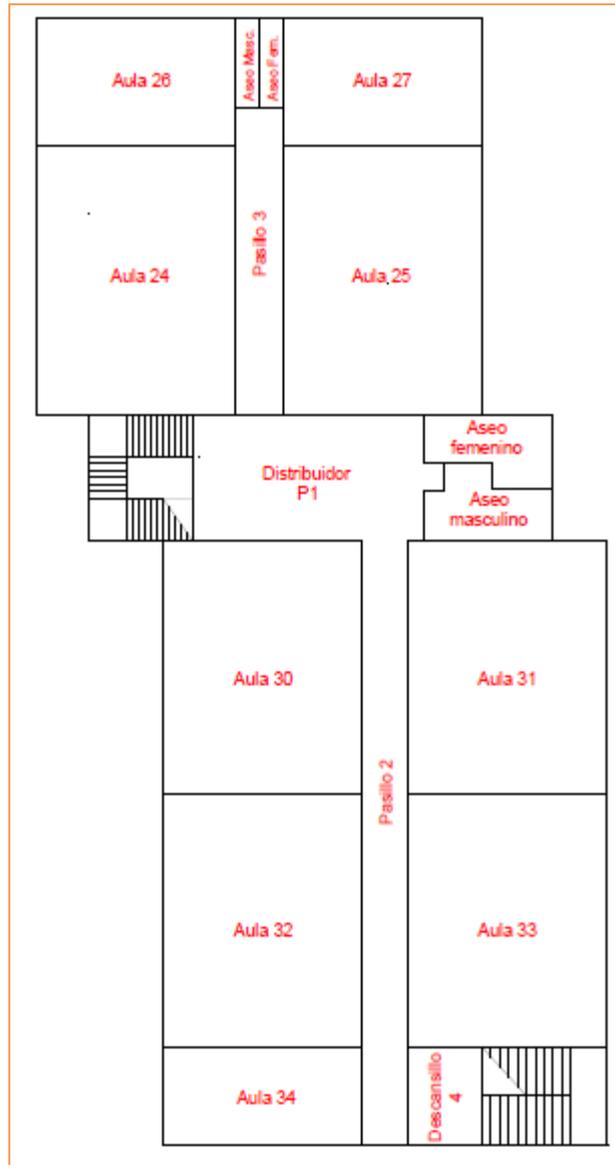


Gráfico 1 Superficie según Usos

A continuación se muestran los planos por planta de la instalación:



Plano 1 Planta Baja



Plano 2 Planta Primera



Plano 3 Planta baja (comedor)

	AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA C.E.I.P. GARCÍA LORCA	1306
		34
		Rev.05



Plano 4 Planta primera (Comedor)

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 1986; y por lo tanto lo hizo bajo la influencia de dichas Normas Básicas de la Edificación.

Las fachadas del edificio principal y del comedor están construidas con ladrillo y revocadas con cemento. Las carpinterías exteriores predominantes montan marcos metálicos con vidrio simple, de forma puntual algunas estancias cuentan montan vidrios armados o esmerilados.

La cubierta del edificio principal es inclinada con dos vertientes de teja cerámica, sin embargo la del edificio del comedor es una cubierta plana transitable.

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



Imagen 3 Diferentes tipos de carpintería exterior

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.

La producción - acumulación de agua caliente sanitaria se lleva a cabo de forma local mediante un termo acumulador eléctrico ubicado en las proximidades del punto de consumo.

1.4.1 Producción de ACS

A continuación se resumen las características del termo-acumulador eléctrico instalado en el centro para producción-acumulación de ACS de forma local y ubicado en las proximidades del punto de consumo:

Edificio	Planta	Zona	Potencia eléctrica (kW)	Capacidad (litros)	Observaciones
Edificio comedor	0	Vestuario	1,80	150	En servicio

Tabla 5 Características producción-acumulación local de ACS

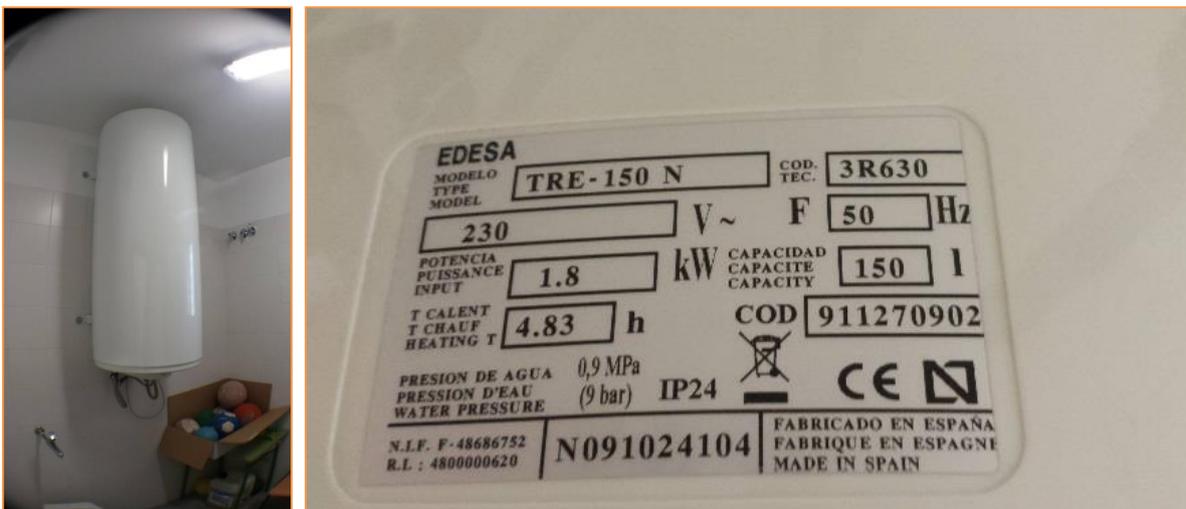


Imagen 4 Termos acumuladores eléctricos - Vestuario

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 por zonas:

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.

A continuación se detalla un resumen de las unidades terminales:

Característica	1	2	3	4	5
Unidad terminal	Radiador eléctrico	Radiador eléctrico	Radiador eléctrico	Radiador eléctrico	Radiador eléctrico
Tipo	Portátil	Portátil	Portátil	Portátil	Portátil
Servicio	Calefacción	Calefacción	Calefacción	Calefacción	Calefacción
Edificio	Edificio principal	Edificio principal	Edificio principal	Edificio principal	Edificio principal
Planta	0	0	0	0	0
Zona de tratamiento	Biblioteca	Aseo-Almacén	Secretaría	Aula 12 Infantil 3 años	Aula 13 Infantil 4 años
Cantidad	1	1	1	1	1
Batería calor	Resistencia eléctrica	Resistencia eléctrica	Resistencia eléctrica	Resistencia eléctrica	Resistencia eléctrica
Pot. Calorífica Unitaria (kW)	1,00	2,00	1,50	1,00	1,00
Pot. Abs. (kW)	1,00	2,00	1,50	1,00	1,00
Regulación	Sin regulación	Sin regulación	Sin regulación	Sin regulación	Sin regulación
Tipo control	Usuario	Usuario	Usuario	Usuario	Usuario

*Tabla 6 Características técnicas de **unidades interiores** instaladas*

Característica	6	7	8	9	10
Unidad terminal	Radiador eléctrico	Radiador eléctrico	Radiador eléctrico	Radiador eléctrico	Radiador eléctrico
Tipo	Portátil	Portátil	Portátil	Portátil	Portátil
Servicio	Calefacción	Calefacción	Calefacción	Calefacción	Calefacción
Edificio	Edificio principal	Edificio principal	Edificio principal	Edificio principal	Edificio principal
Planta	0	0	0	1	1
Zona de tratamiento	Aula 14 Segundo	Aula 15 Infantil 5 años	Aula 16 Logopedia	Aula 34 Pedagogía Terapeutica	Aula 32 Quinto
Cantidad	1	1	1	1	1
Batería calor	Resistencia eléctrica	Resistencia eléctrica	Resistencia eléctrica	Resistencia eléctrica	Resistencia eléctrica
Pot. Calorífica Unitaria (kW)	1,00	1,50	2,00	1,00	1,00
Pot. Abs. (kW)	1,00	1,50	2,00	1,00	1,00
Regulación	Sin regulación	Sin regulación	Sin regulación	Sin regulación	Sin regulación
Tipo control	Usuario	Usuario	Usuario	Usuario	Usuario

*Tabla 7 Características técnicas de **unidades interiores** instaladas*

Característica	11	12	13	14	15
Unidad terminal	Radiador eléctrico				
Tipo	Portátil	Portátil	Portátil	Portátil	Portátil
Servicio	Calefacción	Calefacción	Calefacción	Calefacción	Calefacción
Edificio	Edificio principal				
Planta	1	1	1	1	1
Zona de tratamiento	Aula 31 Tercero	Aula 31 Tercero	Aula 30 Cuarto	Aula 24 Primero	Aula 26 Aula de Religion
Cantidad	1	1	1	2	1
Batería calor	Resistencia eléctrica				
Pot. Calorífica Unitaria (kW)	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00
Pot. Abs. (kW)	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00
Regulación	Sin regulación	Sin regulación	Sin regulación	Sin regulación	Sin regulación
Tipo control	Usuario	Usuario	Usuario	Usuario	Usuario

Tabla 8 Características técnicas de **unidades interiores** instaladas

Característica	16	17	18
Unidad terminal	Radiador eléctrico	Radiador eléctrico	Radiador eléctrico
Tipo	Portátil	Portátil	Portátil
Servicio	Calefacción	Calefacción	Calefacción
Edificio	Edificio principal	Edificio principal	Edificio principal
Planta	1	0	0
Zona de tratamiento	Aula 27 Aula de Apoyo	Comedor	Comedor
Cantidad	1	2	2
Batería calor	Resistencia eléctrica	Resistencia eléctrica	Resistencia eléctrica
Pot. Calorífica Unitaria (kW)	1,50	1,50	1,00
Pot. Abs. (kW)	1,50	1,50	1,00
Regulación	Sin regulación	Sin regulación	Sin regulación
Tipo control	Usuario	Usuario	Usuario

Tabla 9 Características técnicas de **unidades interiores** instaladas



Imagen 5 Tipología de **unidades terminales** instaladas

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

Zona	Superficie Calefactada (m2)	Pot. Calorífica (kW)	Ratio (W/m2)
Administrativo	12,33	1,50	121,65
Aseos	5,27	2,00	379,51
Aulas	613,83	15,50	25,25
Cocina-comedor	257,80	2,50	9,70
Usos múltiples	58,96	1,00	16,96
Total	948,19	22,50	23,73

Tabla 10 Resumen de potencia calorífica instalada por zonas

En el siguiente gráfico se representa el porcentaje de superficie calefactada en el centro:

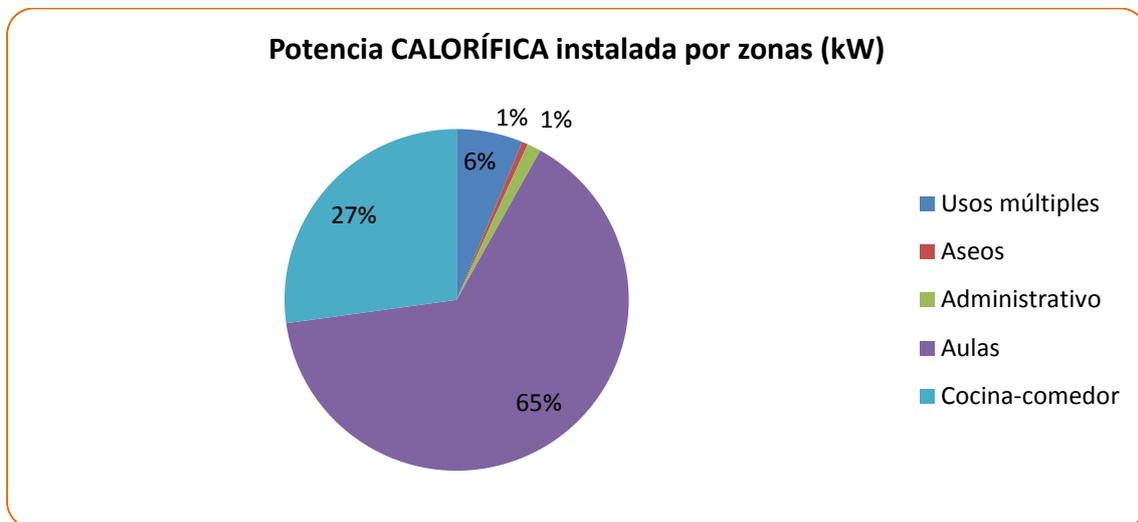


Gráfico 2 Porcentaje de potencia calorífica instalada por zonas

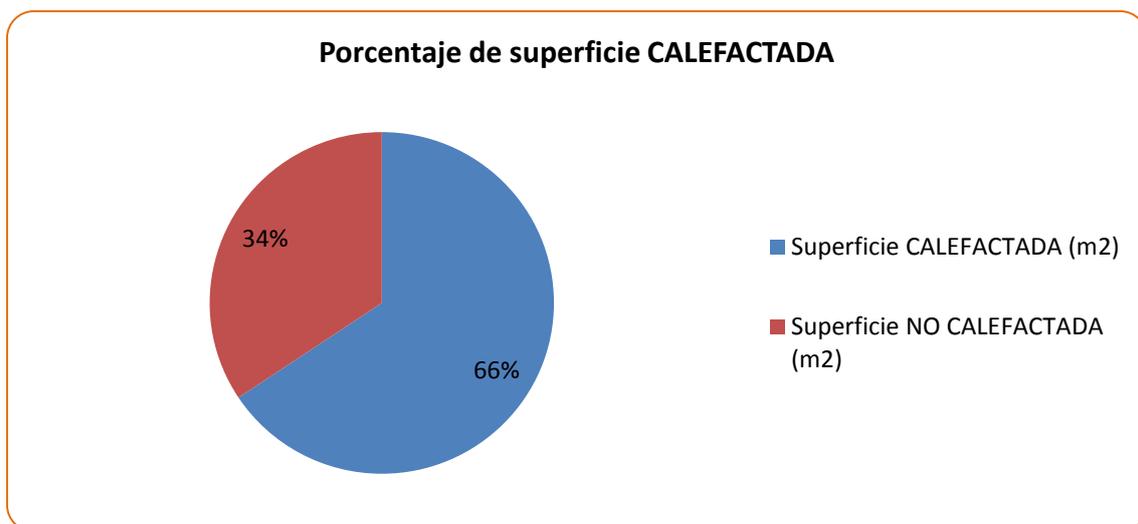


Gráfico 3 Porcentaje de superficie calefactada

Los datos completos de unidades terminales por zonas se detallan en el anexo correspondiente.

1.5 Iluminación

La potencia total instalada es de 18,56 kW, que se distribuye según usos tal como se muestra en el siguiente gráfico.

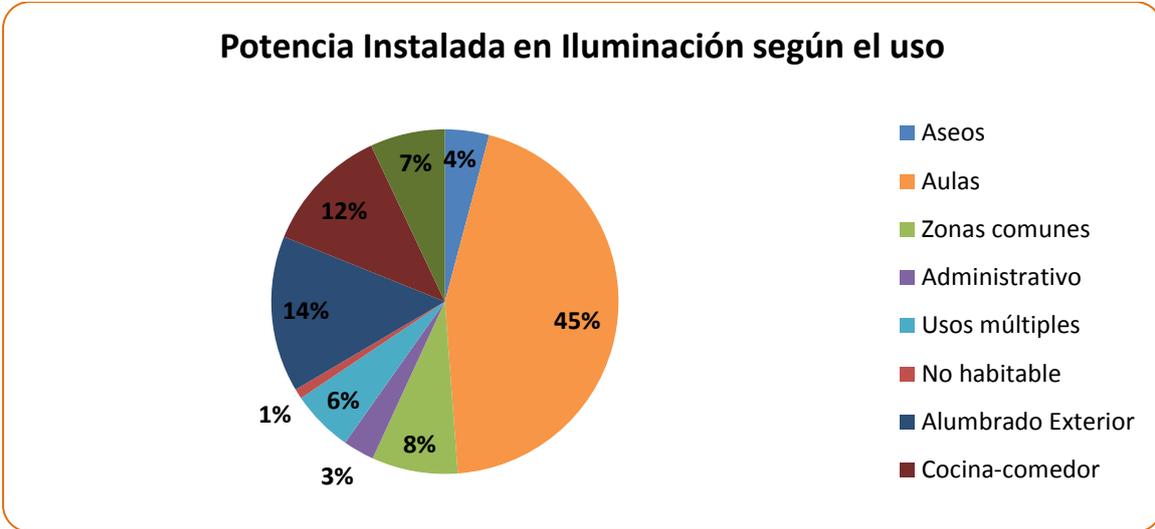


Gráfico 4 % Potencia instalada en iluminación según el uso

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.

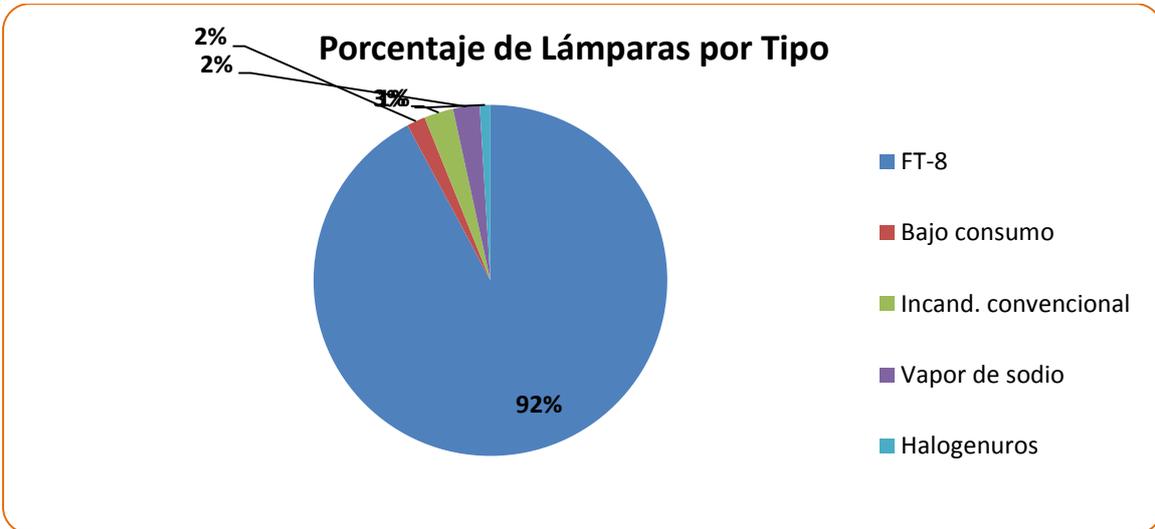


Gráfico 5 % de cada tipo de lámpara instalada

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)
EM	175	13,89
FT-8	175	13,89
4	1	0,09
18	1	0,09
2	158	13,22
18	10	0,43
36	148	12,79
1	16	0,58
18	5	0,11
36	11	0,48
EL	22	1,55
FT-8	22	1,55
2	22	1,55
18	1	0,04
36	21	1,51
-	10	0,40
Incand. convencional	10	0,40
1	10	0,40
40	10	0,40
Total general	207	15,84

Tabla 11 Resumen de lámparas instaladas

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



Imagen 6 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)
-	22	2,72
Incand. convencional	1	0,04
1	1	0,04
40	1	0,04
Vapor de sodio	10	1,50
1	10	1,50
150	10	1,50
Halogenuros	4	1,00
1	4	1,00
250	4	1,00
Bajo consumo	7	0,18
1	7	0,18
26	7	0,18
Total general	22	2,72

Tabla 12 Resumen de iluminación exterior



Imagen 7 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.

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)
Audiovisual	17	2,691
DVD/CD	4	0,079
20	3	0,06
19	1	0,019
Proyector	6	1,312
190	2	0,38
233	4	0,932
Television LCD	2	0,5
250	2	0,5
Television Tubo	3	0,735
300	2	0,6
135	1	0,135
TDT	1	0,05
50	1	0,05
Otros	1	0,015
15	1	0,015
Electrodoméstico	15	20,725
Frigorífico	4	1,465
120	1	0,12
95	1	0,095
820	1	0,82
430	1	0,43
Horno	1	9,2
9200	1	9,2
Lavavajillas	1	1
1000	1	1
Máquina de café	1	0,75
750	1	0,75
Mesa Caliente	1	3,75
3750	1	3,75
Microondas	3	3,4
1000	1	1
1100	1	1,1
1300	1	1,3
Extractor	2	0,06
30	2	0,06
Tostador	1	1
1000	1	1
Surtidor agua	1	0,1
100	1	0,1
Informático	23	8,548
Ordenador sobremesa	14	4,2
300	14	4,2
Rack	2	0,126
16	1	0,016
110	1	0,11
Fotocopiadora	4	3,44
900	1	0,9

Tipos de Equipos	Nº Equipos	Potencia total (kW)
1500	1	1,5
290	1	0,29
750	1	0,75
Otros	2	0,032
16	2	0,032
Impresora oficina	1	0,75
750	1	0,75
Otros	4	3,895
Otros	4	3,895
200	1	0,2
95	1	0,095
1100	1	1,1
2500	1	2,5
Sonido	16	0,713
Altavoz	8	0,16
20	8	0,16
Minicadena música	3	0,485
125	1	0,125
175	1	0,175
185	1	0,185
Radio-CD	5	0,068
14	4	0,056
12	1	0,012
Radiador eléctrico	23	30
Radiador electrico	21	26
1500	6	9
2000	2	4
1000	13	13
Otros	2	4
2000	2	4
ACS	1	1,8
Termo-acumulador eléctrico	1	1,8
1800	1	1,8
Producción Frio y Calor	1	0,06
Ventilador	1	0,06
60	1	0,06
Total general	100	68,432

Tabla 13 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.

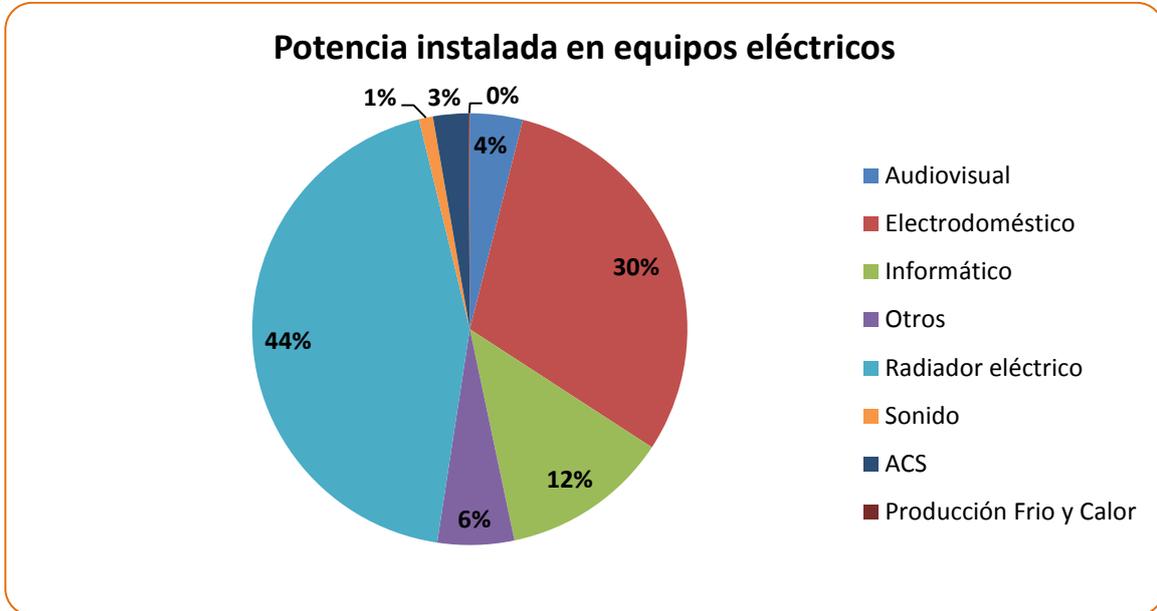


Gráfico 6 Potencia instalada por tipología de equipos

1.7 Resumen de potencias instaladas

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

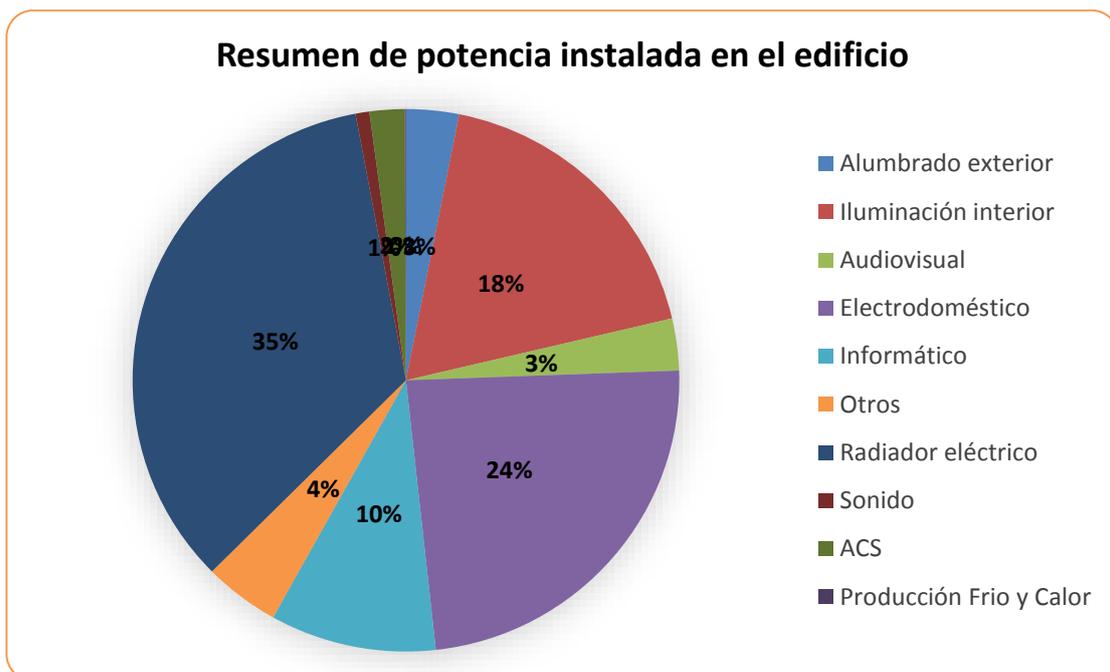


Gráfico 7 Potencia instalada por usos

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:

CUPS	ES0031103004949001MR0F	Tarifa de acceso	2.1 A
CONDICIONES DE CONTRATACION			
		P1	
Potencia contratada (kW)		13,15	
Término de potencia (€/kW año)		44,44471	
Término de energía (€/kWh)		0,154077	

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 Diciembre del 2014.

Fecha inicio	Fecha Fin	Consumo P1 (kWh)	Potencia Máxima (kW)	Facturado Reactiva (€)	Base imponible (€)
24/12/2013	21/02/2014	4612	- / - / -	0,00	841,50
21/02/2014	24/04/2014	3870	- / - / -	0,00	723,09
24/04/2014	24/06/2014	3920	- / - / -	0,00	734,33
24/06/2014	25/08/2014	772	- / - / -	0,00	232,17
25/08/2014	22/10/2014	2174	- / - / -	0,00	452,30
22/10/2014	23/12/2014	4622	- / - / -	0,00	855,68

Tabla 14 Facturación eléctrica

A partir de la facturación eléctrica se observa que no existen penalizaciones por energía reactiva.

	P1
Potencia contratada (kW)	13,15
Potencia registrada (kW)	26

Tabla 15 Potencias contratada y registrada

Respecto a la potencia contratada se observa, por las mediciones realizadas, que la contratada es inferior a la demandada. Por ello se recomienda realizar un aumento de la potencia según las necesidades de la instalación.

El gasto anual de la facturación eléctrica es el siguiente:

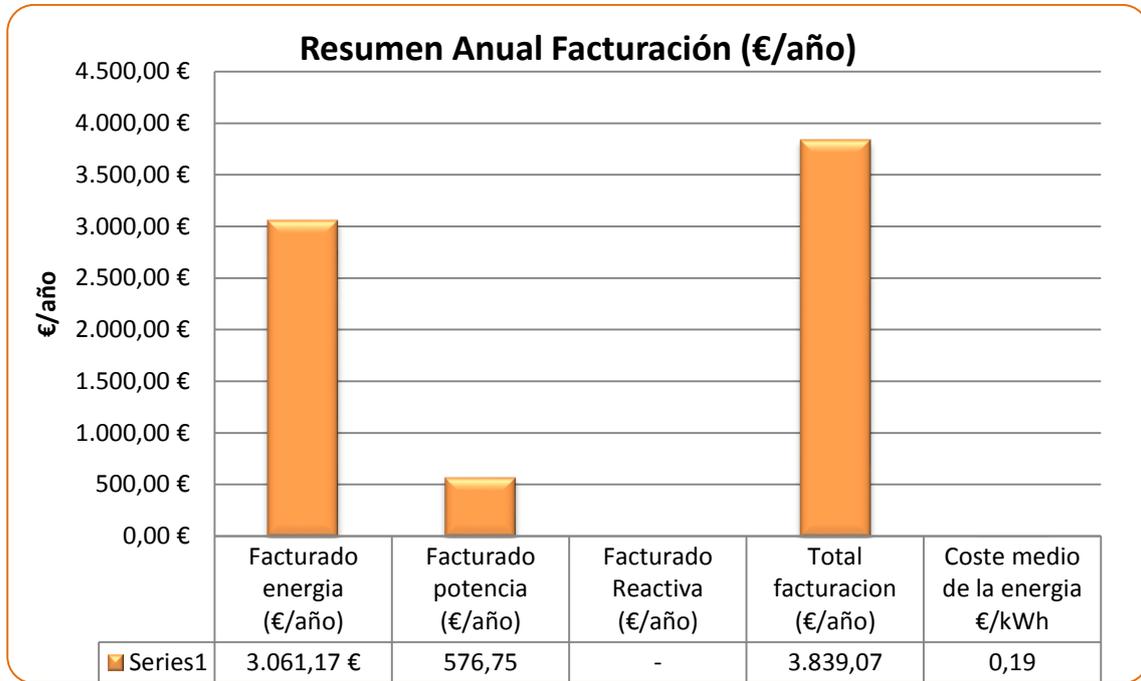


Gráfico 8 Resumen Anual de Facturación

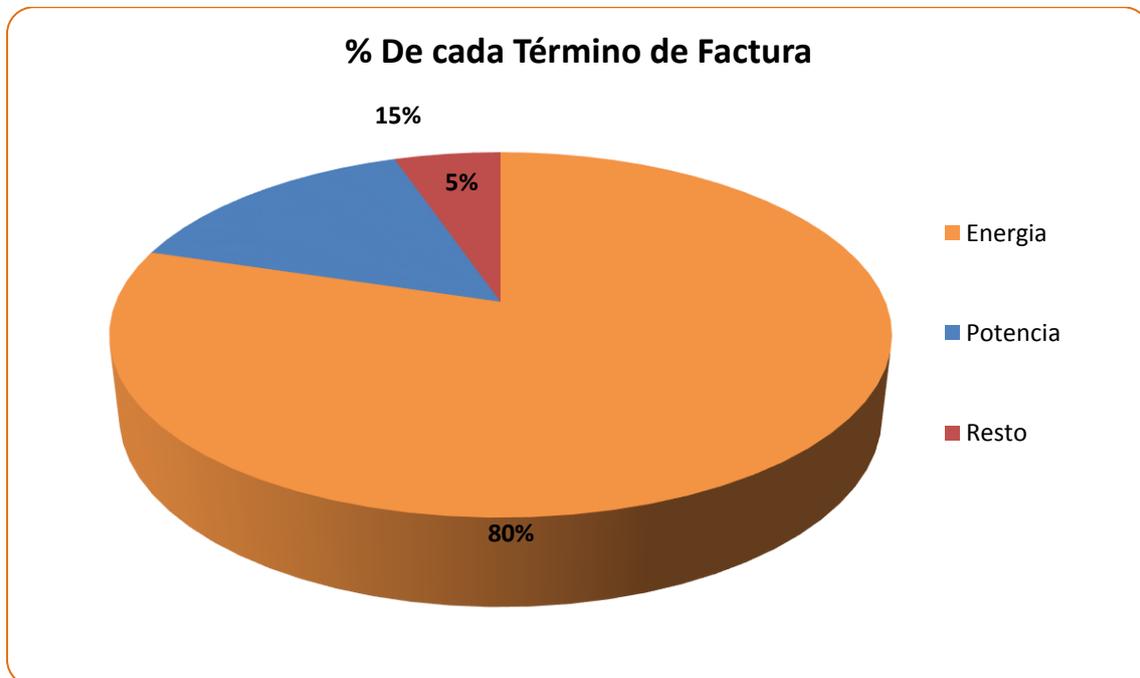


Gráfico 9 Resumen de los términos de Factura

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

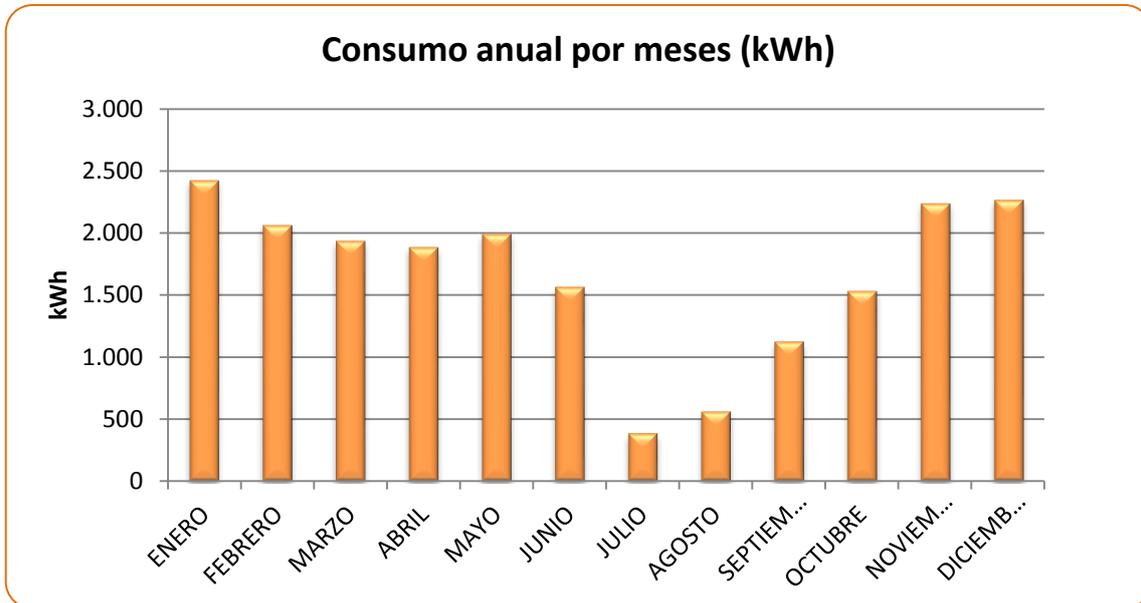


Gráfico 10 Consumo eléctrico mensual

El consumo anual por periodos se muestra a continuación:

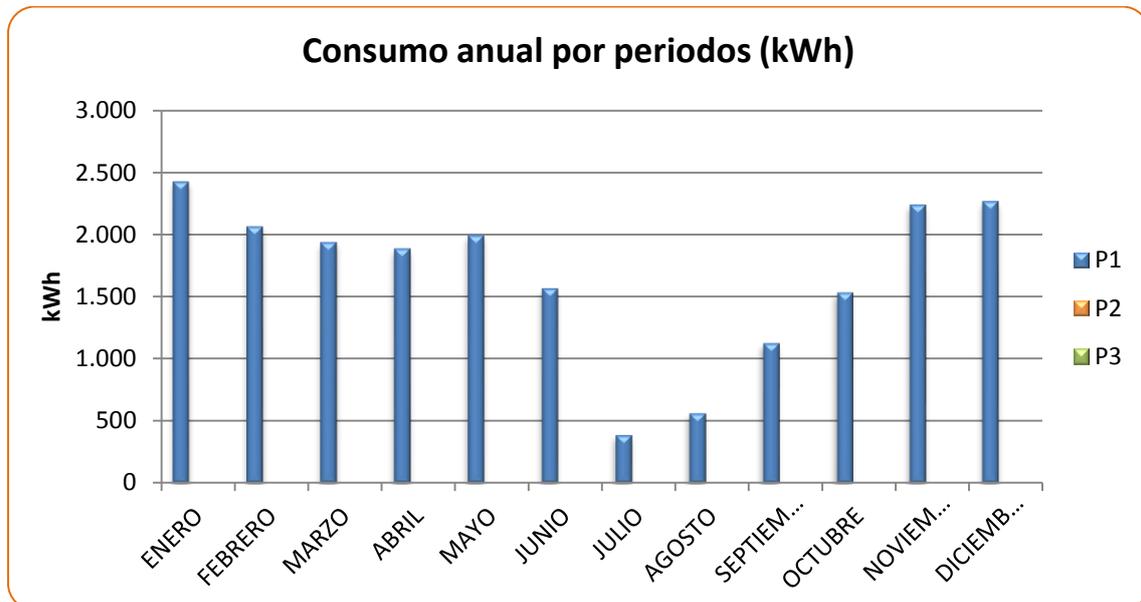


Gráfico 11 Consumo eléctrico por periodos

La siguiente tabla muestra los valores globales del periodo estudiado:

Total Consumo energía (kWh)	19.970
Total Facturación (€)	3.839,07
Media mensual de consumo (kWh/mes)	1.664
Media mensual de coste (€/mes)	319,92
Coste medio energía (€/kWh)	0,192

Tabla 16 Resumen valores globales de la facturación eléctrica

2.2 Consumos térmicos

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

2.3 Consumos energéticos totales

	Consumo (kWh/año)	Coste (€/año)
Electricidad	19.970,00	3.839,07
Combustible (PCI)	-	-
Total	19.970,00	3.839,07

Tabla 17 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 entre el 1 de Enero y el 31 de Diciembre de 2014.

PARÁMETROS GENERALES ELÉCTRICOS	
Nº de personas que utilizan la instalación	264
Superficie total (m ²)	1.444,27
Pot. Instalada Iluminación Interior (kW)	15,84
Pot. Instalada Iluminación Exterior (kW)	2,72
Pot. Instalada Equipos Eléctricos (kW)	68,43
Pot. Eléctrica Total Instalada (kW)	86,99

Tabla 18 Índices energéticos – Parámetros generales eléctricos

ÍNDICES ELÉCTRICOS	
kWh/año	19.970,00
€/kWh	0,19
kWh/m ² Total	13,83
€/m ² Total	2,66
kWh/persona uso	75,64
€/persona uso	14,54
Ton CO ₂ /año	7,97
Kg CO ₂ /m ²	5,52
Pot. Iluminación en W/m ²	10,97

Tabla 19 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

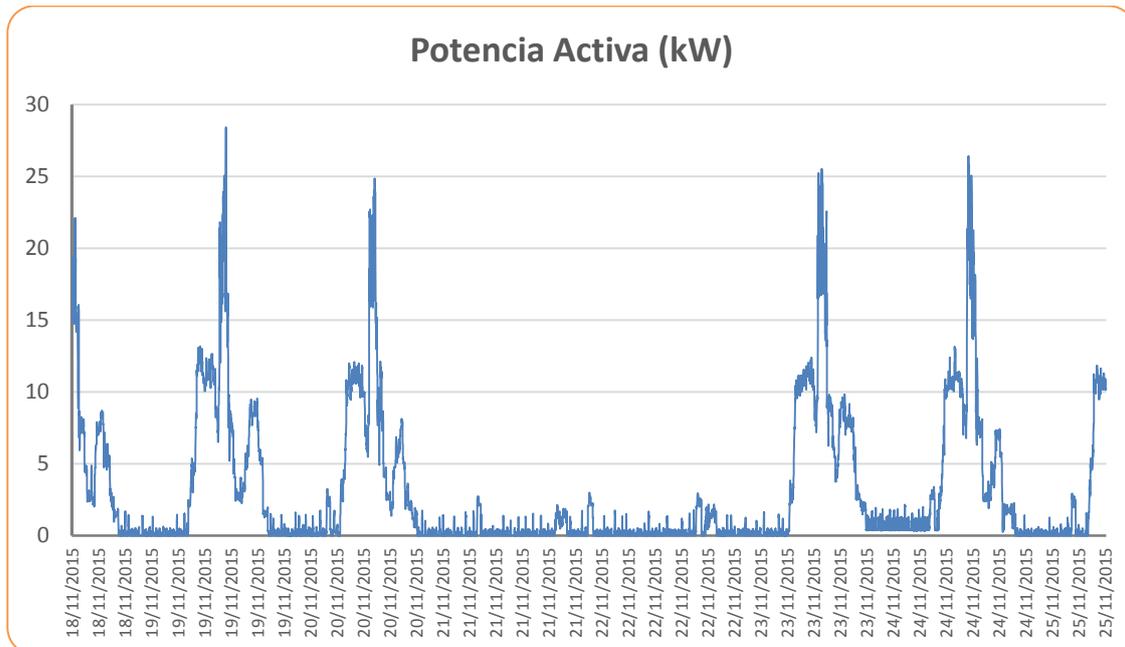


Gráfico 12 Datos de registro de potencia activa desde el 18/11/2015 al 25/11/2015

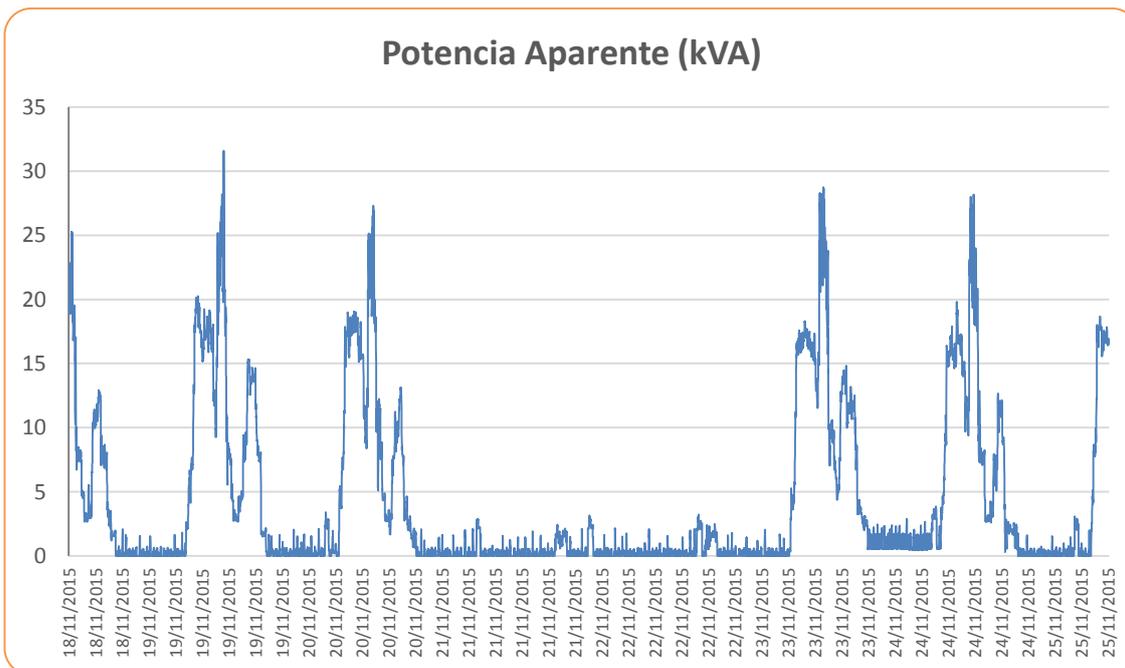


Gráfico 13 Datos de registro de potencia aparente desde el 18/11/2015 al 25/11/2015

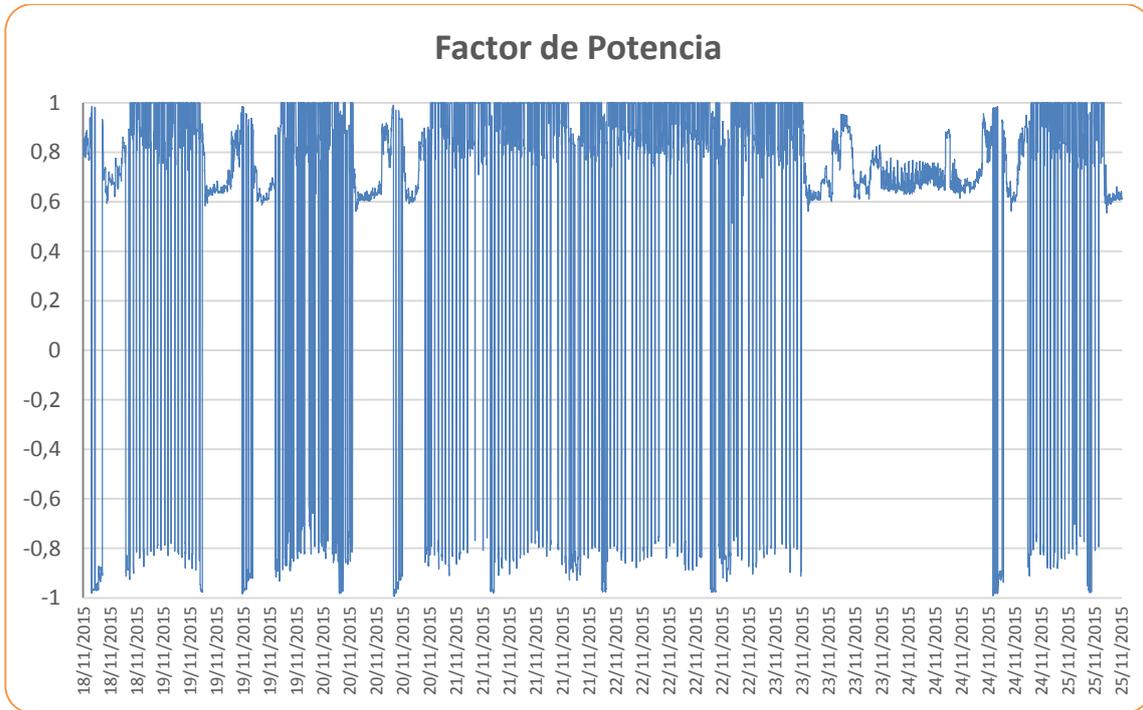


Gráfico 14 Factor de potencia trifásico registrado

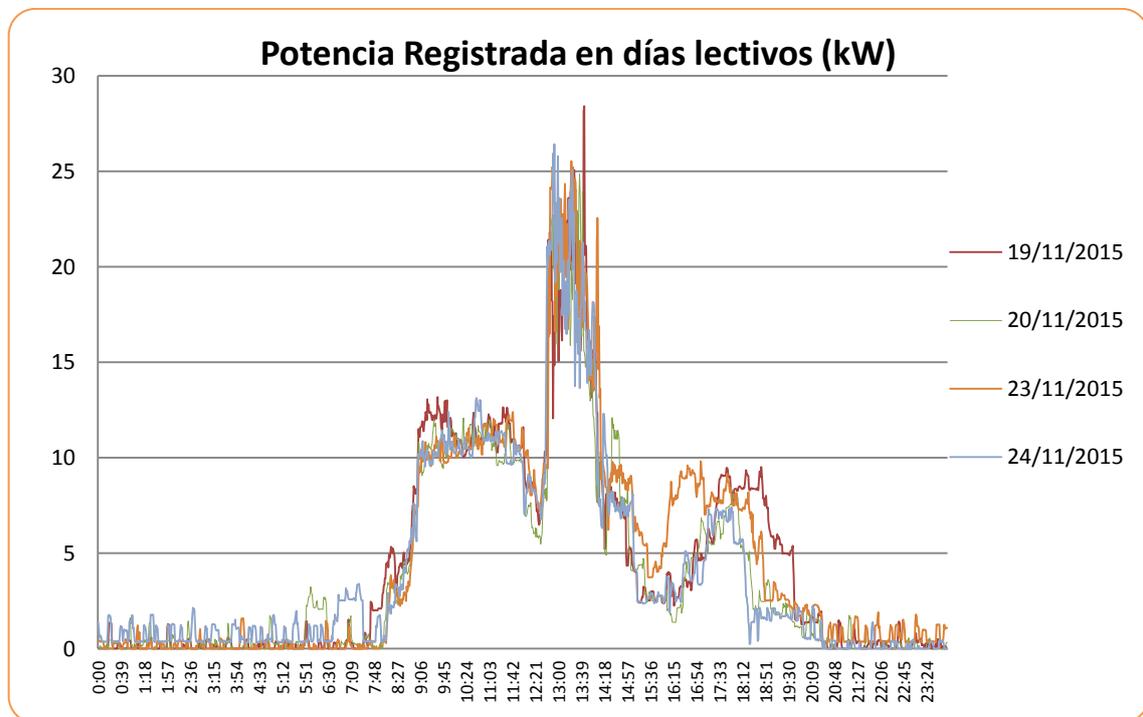


Gráfico 15 Potencia registrada en días lectivos (kW)

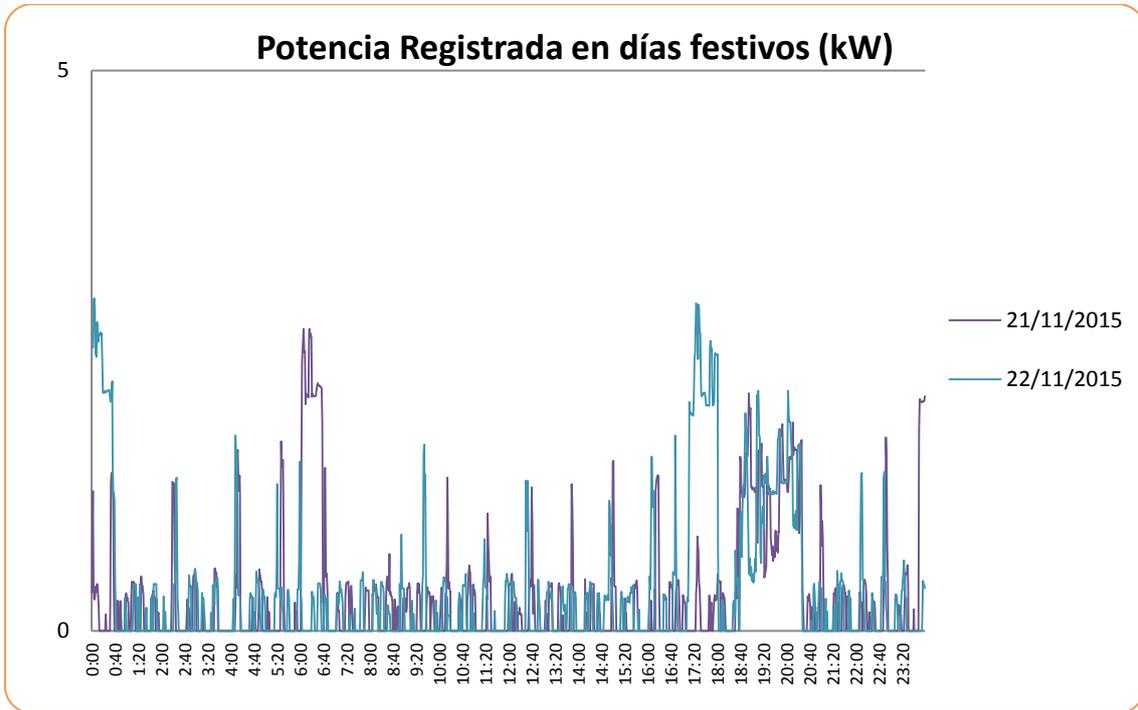


Gráfico 16 Potencia registrada en días festivos (kW)

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 no se observa una demanda de potencia fija.

Los días lectivos son muy homogéneos con una potencia máxima de 26 kW, y un horario principal de uso entre 9:00 y 19:00, en las zonas centrales del día se observa un aumento de consumo debido al uso de las cocinas y el uso del comedor.

No se observa un uso del alumbrado exterior, probablemente por el estado de las luminarias se encuentran fuera de uso.

En los días festivos se produce un consumo constante con “picos” de potencia debidos al arranque de los frigoríficos y/o el termo eléctrico instalado.

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

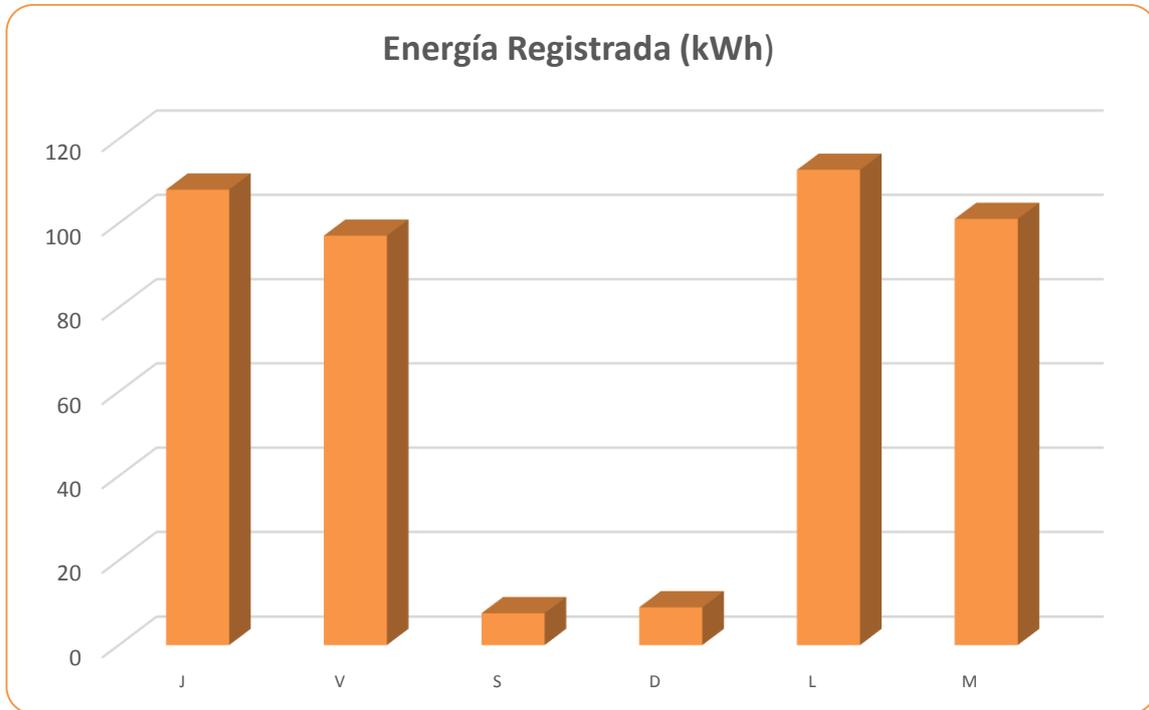


Gráfico 17 Energía consumida por cada día de la semana

El valor medio durante los días lectivos es de 104,66 kWh y durante los días festivos de 8,21 kWh. Con estos valores obtenemos un consumo mensual de 2175,33kWh para el mes de Noviembre, lo que representa un desvío respecto al valor facturado en Noviembre de 2014 de un 2,73% inferior; este desvío se explica por el consumo debido al uso fuera del horario habitual y a los equipos de climatización, 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.

- Biblioteca y almacén

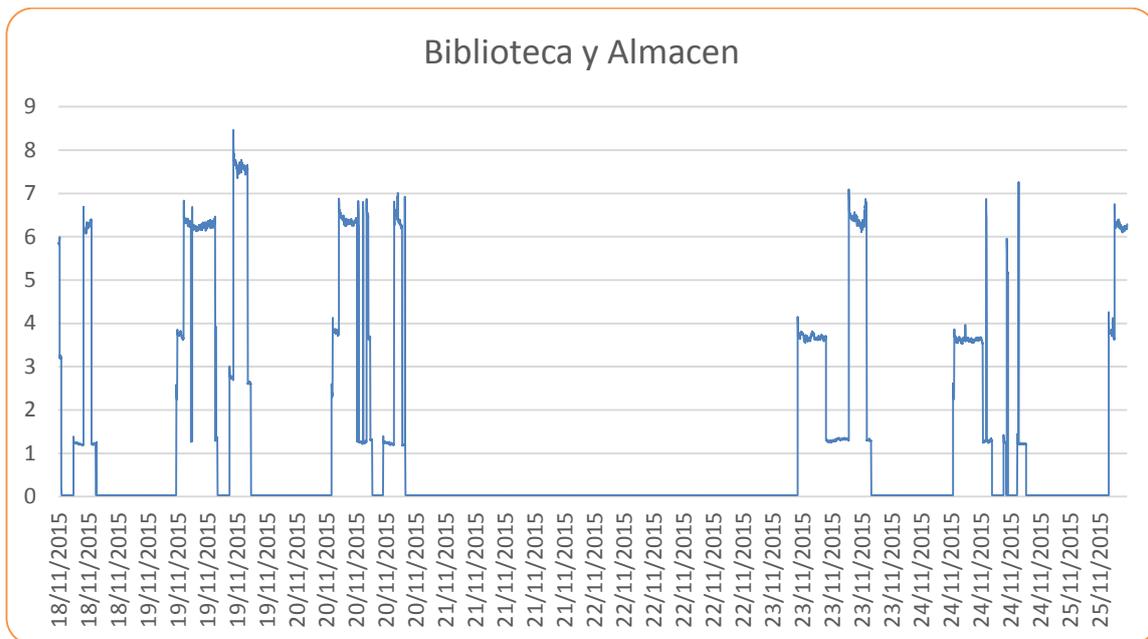


Gráfico 18 Registro de monofásico instalado en biblioteca y almacén

- Aula 12 y aula 13

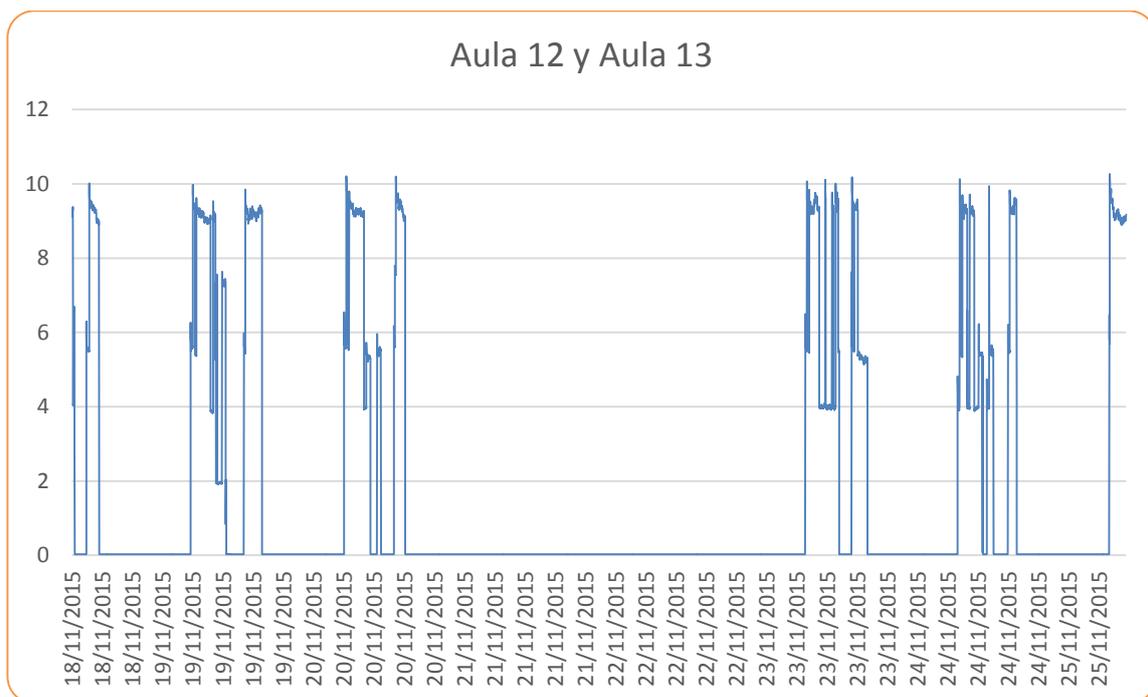


Gráfico 19 Registro de monofásico instalado en aula 12 y aula 13

- **Zonas comunes y administrativo**

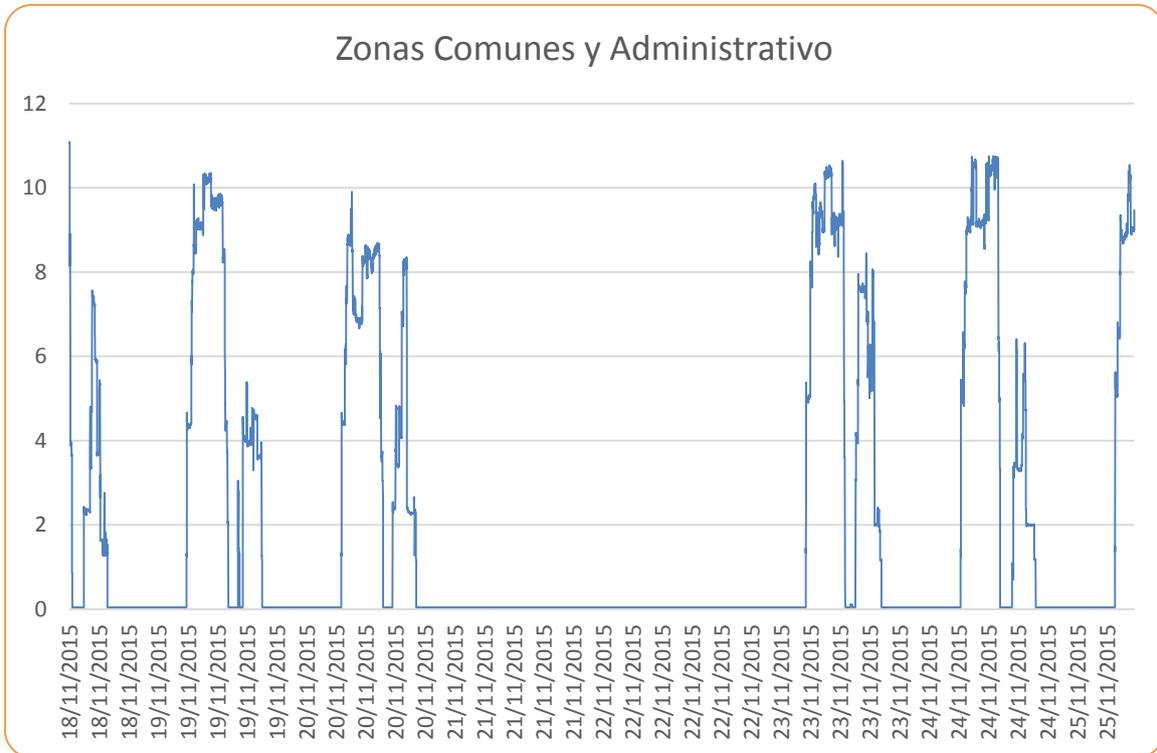


Gráfico 20 Registro de monofásico instalado en Zonas comunes y administrativo

Los registros permiten obtener un horario medio de iluminación de las estancias y zonas en las que se ha realizado las mediciones, siendo éstos:

- Biblioteca y almacén: 4,6 h
- Aula 12 y aula 13: 5,20 h.
- Zonas comunes y administrativo: 6 h.

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.

Planta	Ubicación	Potencia (W)	Área (m^2)	Iluminancia Media (lux)	Valor s/ Norma (lux)	VEEI
0	Despacho	172,8	12,90	490	300	2,73
0	Aula 12 Infantil 3 años	691,2	57,85	400	300	2,99
0	Aula 13 Infantil 4 años	691,2	57,85	549	300	2,18
0	Aula 14 Segundo	691,2	57,85	505	300	2,37
0	Aula 15 Infantil 5 años	691,2	57,85	463	300	2,58
0	Logopedia	172,8	19,50	265	300	3,34
1	Aula 33 Sexto	691,2	57,85	460	300	2,60
1	Aula 32 Quinto	691,2	57,85	543	300	2,20
1	Aula 31 Tercero	691,2	57,85	447	300	2,67
1	Aula 30 Cuarto	691,2	57,85	401	300	2,98
1	Aula 24 Primero	691,2	57,85	530	300	2,25
1	Aula 25 Laboratorio	691,2	57,85	504	300	2,37
1	Aula 26 Aula de Religión	345,6	27,09	595	300	2,14
1	Aula 27 Aula de Apoyo	691,2	27,09	1118	300	2,28
0	Comedor	1900,8	128,90	560	200	2,63
0	Cocina	302,4	26,06	405	150	2,87
0	Vestuario	43,2	5,00	306	200	2,82
-1	Vestíbulo	86,4	15,85	440	150	1,24
-1	Aseo 1	72	6,25	558	200	2,06
-1	Aseo 2	72	6,25	507	200	2,27
-1	Almacén	72	3,75	591	100	3,25
-1	Distribuidor	36	3,50	429	150	2,40

Tabla 20 Resumen medidas de iluminación en diferentes estancias

Los valores medios de iluminancia medida son acordes con los valores recomendados. Y los valores de VEEI también cumplen con los recomendados.

*En este caso la iluminancia media no alcanza el valor mínimo exigido por la normativa, por lo que el valor de eficiencia energética de iluminación no se puede tomar como referencia ya que sería necesario aumentar la potencia instalada para cumplir la condición anterior.

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

El centro no cuenta con instalación de calefacción, por este motivo no se ha considerado la utilización de equipos 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 21 Condiciones interiores exigidas por el RITE

REGISTRO DE INVIERNO

Durante el periodo comprendido entre los días 18/11/2015 y 25/11/2015, se realizaron registros de temperatura y humedad en un espacio calefactado y representativo del centro, a pesar de que en este periodo la calefacción se encuentra fuera de uso. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- **Secretaría**

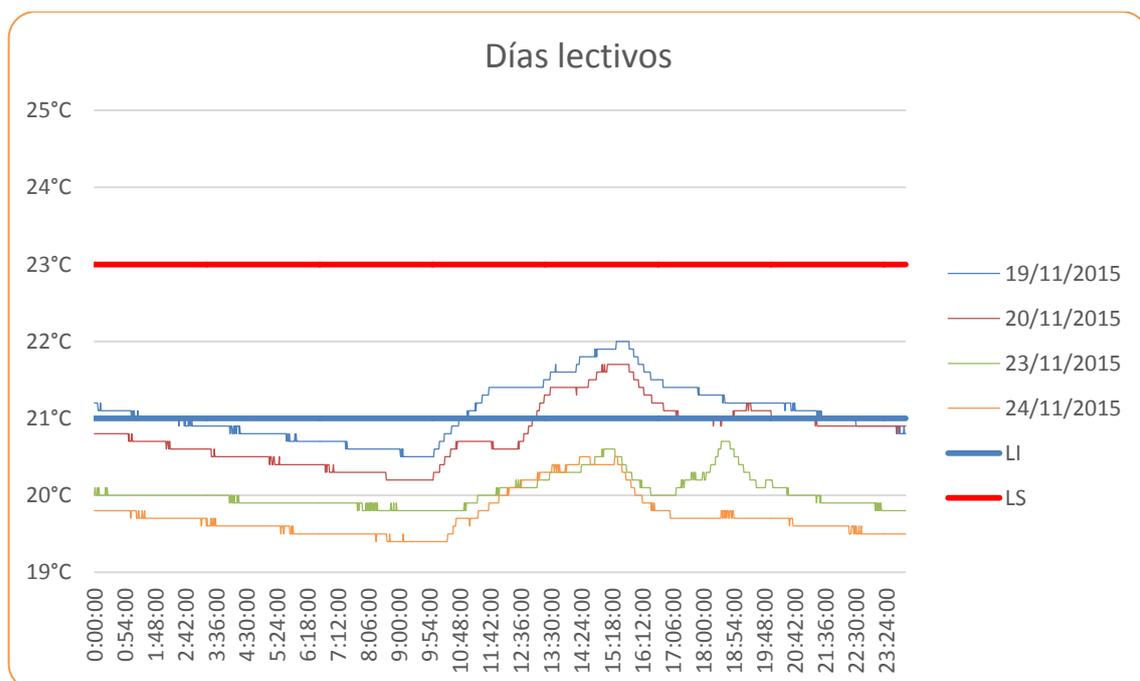


Gráfico 21 Registro de temperatura – INVIERNO – Días lectivos

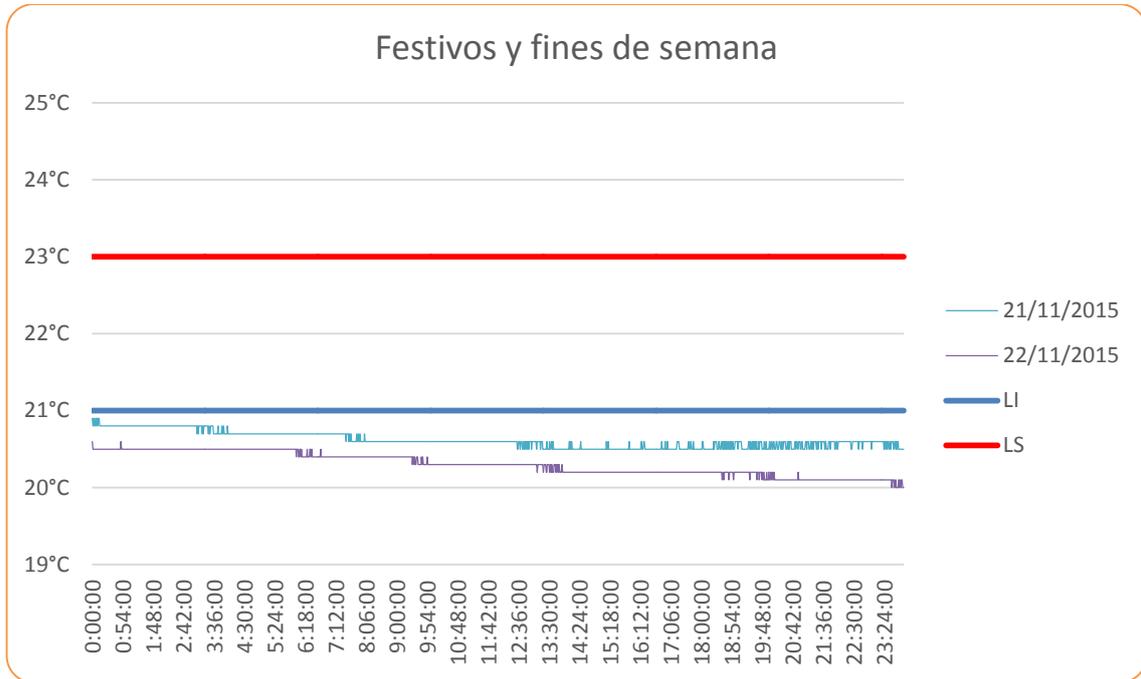


Gráfico 22 Registro de temperatura – INVIERNO – Días festivos



Gráfico 23 Registro de humedad relativa – INVIERNO – Días lectivos



Gráfico 24 Registro de humedad relativa – INVIERNO – Días festivos

En este caso la calefacción se encuentra fuera de uso, el aumento de temperatura a partir de las 9 am, es debido al uso de la estancia donde se ha registrado.

Las temperaturas oscilan entre los 20°C y 22°C durante los periodos de ocupación, cercano a las condiciones de confort, aunque sin alcanzar los valores que marca el reglamento en algún momento. Esto se debe a que todavía no se han encendido los radiadores eléctricos portátiles, al no ser demandando por los usuarios.

Las principales conclusiones que se sacan son las siguientes:

- Se observa como la temperatura sigue la pauta de ocupación del edificio, aumentando desde las 9:00 hasta las 18:00 y a partir de esa hora va disminuyendo.
- No se han observado **encendidos de calefacción en días no lectivos.**

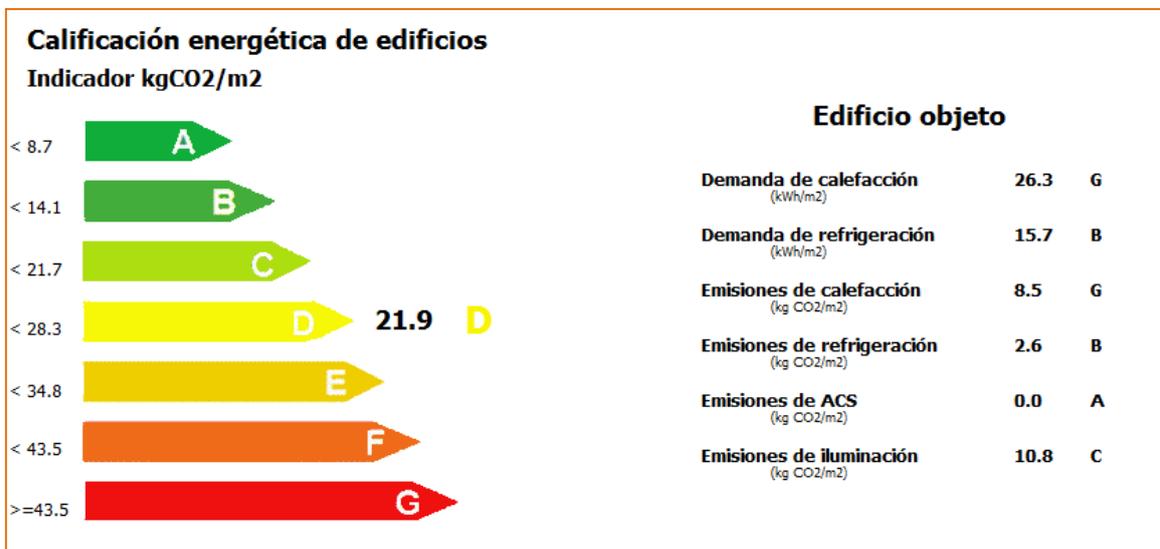
3.4 Análisis termográfico

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

3.5 Certificación energética

El CEIP García Lorca está compuesto por dos edificios con perfiles muy diferentes de uso por lo que se ha considerado hacer sus certificaciones por separado.

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



En el caso del edificio comedor se ha obtenido una certificación energética C

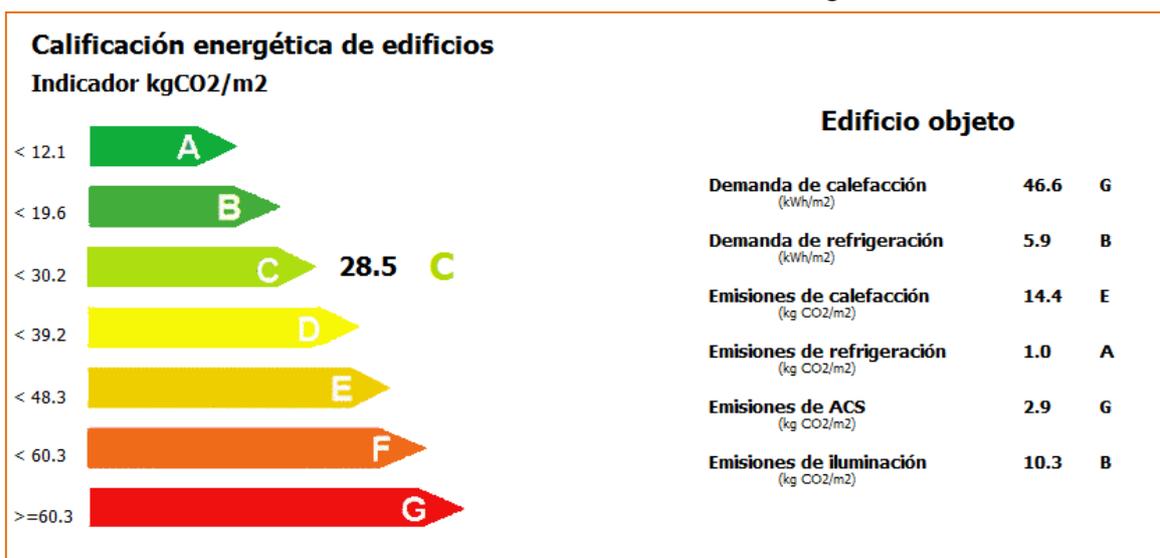


Imagen 8 Etiqueta Certificado Energético

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:

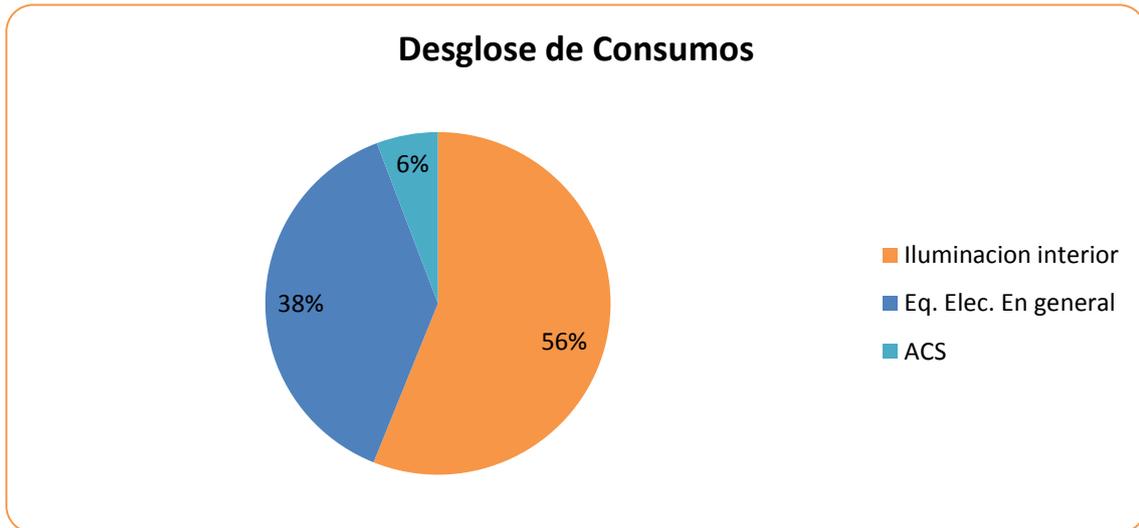


Gráfico 25 Desglose de consumos eléctricos

Los consumos más importantes son los referentes a la iluminación interior, equipos eléctricos y los equipos de producción de agua caliente sanitaria.

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

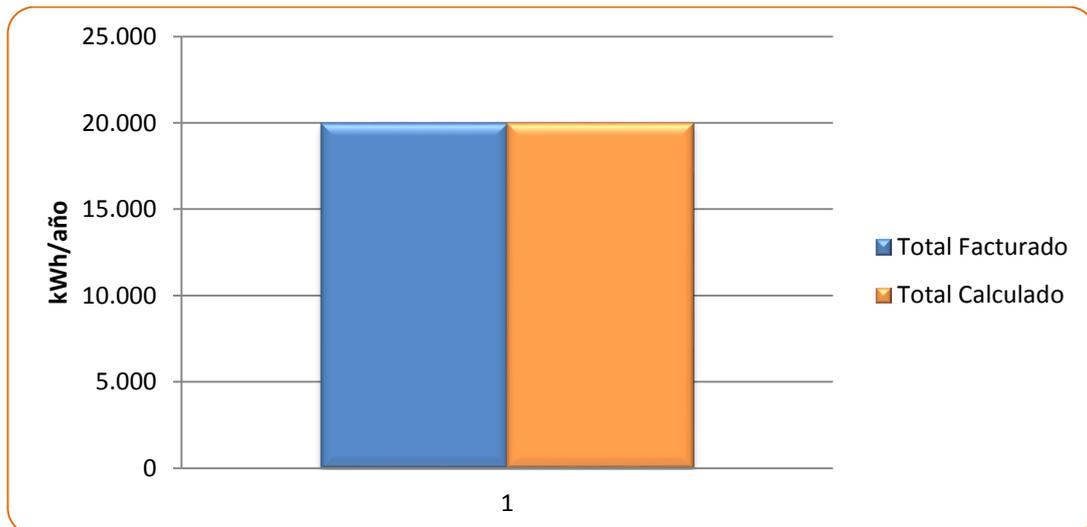


Gráfico 26 Desglose de consumos por periodo

	AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA C.E.I.P. GARCÍA LORCA	1306
		34
		Rev.05

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 9 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

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)	0,16147	-	-
Porcentaje de consumo de iluminación por periodo	100%	-	-

Los valores resultantes finales se muestran en la siguiente tabla:

Precio de la energía (cent€/kWh)	16,14689
Precio de la potencia (€/kW y año)	46,72

Inversión

Al ser ésta una Auditoria 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 ₂ evitadas
kWh	De la mejora	Del edificio	Por energía	Por potencia	Total	€	Años	Ton/año
	%	%	€/año	€/año	€/año			
5.991	53,47%	30,00%	967,27 €	158,34 €	1.125,61 €	9.431,80 €	8,38	2,39

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 10 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

	AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA C.E.I.P. GARCÍA LORCA	1306
		34
		Rev.05

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.

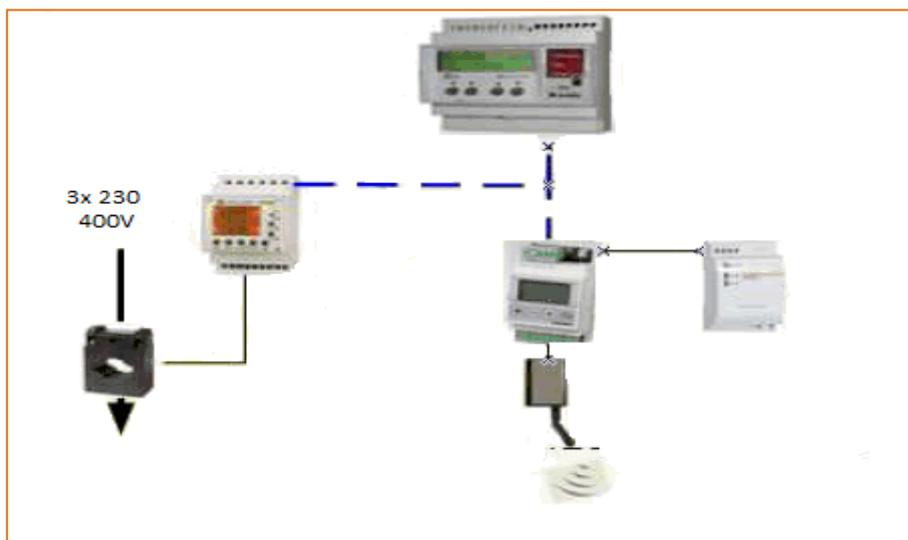


Imagen 11 Esquema de sistema de monitorización

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

	AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA C.E.I.P. GARCÍA LORCA	1306
		34
		Rev.05

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 €.

	AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA C.E.I.P. GARCÍA LORCA	1306
		34
		Rev.05

7. PROPUESTA DE IMPLANTACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES

7.1 Energía solar térmica

La instalación de sistemas de aprovechamiento de la energía solar térmica es una medida ejemplarizante y educativa del uso de este tipo de energías y de la preocupación y cuidado por el medio ambiente.

A continuación se resumen las consideraciones generales a tener en cuenta en este caso:

- Sólo existe demanda durante los meses lectivos, que coinciden con los meses de menor radiación solar, lo cual disminuye el rendimiento y el ahorro proporcionado por la instalación.
- La demanda de ACS es muy baja. El CTE establece un consumo medio diario por persona a 60°C de 3 litros/persona-día, lo que conlleva instalaciones de pocos captadores solares.
- Debido a que en los meses de verano los centros permanecen cerrados, es necesario implementar algún sistema para disipar la energía generada durante esos meses para evitar el deterioro o incluso averías de los captadores solares.

Desde el punto de vista únicamente de viabilidad económica, debido a la baja demanda de ACS en el centro, con producción local en termo-acumuladores eléctricos ubicados en las proximidades de los puntos de consumo, y a que el uso es fundamentalmente en los meses de invierno, la implantación de estos sistemas presentan periodos de retorno altos, por este motivo no se considera su instalación.

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

	AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA C.E.I.P. GARCÍA LORCA	1306
		34
		Rev.05

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 ₂ evitadas
	kWh	% ¹	€/año	€ ²	años	Ton/año
Sustitución iluminación por tecnología LED	5.991	30,00%	1.125,61 €	9.431,80 €	8,38	2,39
TOTAL ELÉCTRICAS	5.991	-	1.125,61 €	9.431,80 €	8,38	2,39

Tabla 22 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 aseos.
- 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.

¹ Sobre el consumo eléctrico o térmico anual

² Todos los precios son sin IVA