






INFORME

AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA

(C.E.I.P. Santa Teresa)

| | |
|------------|---------------------|
| Nº OFERTA | CO_1306 |
| Nº INFORME | IN_1306_43_20160321 |

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

| | | |
|---|--|---------------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA C.E.I.P. SANTA TERESA | 1306 |
| | | 43 |
| | | Rev.05 |

| | |
|---|-----------|
| 1. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO Y RESUMEN DE INVENTARIO..... | 1 |
| 1.1 Datos generales del centro | 1 |
| 1.2 Planos y distribución | 2 |
| 1.3 Envolvente y cerramientos..... | 7 |
| 1.4 Descripción de los sistemas de climatización y ACS..... | 8 |
| 1.4.1 Producción de ACS | 8 |
| 1.4.2 Producción de frío y calor para climatización | 10 |
| 1.4.3 Distribución - Grupos de bombeo | 13 |
| 1.4.4 Unidades Terminales..... | 14 |
| 1.5 Iluminación..... | 19 |
| 1.5.1 Iluminación interior | 20 |
| 1.5.2 Iluminación exterior | 21 |
| 1.5.3 Sistemas de control | 22 |
| 1.5.4 Condiciones de funcionamiento..... | 22 |
| 1.6 Otros equipos | 23 |
| 1.7 Resumen de potencias instaladas | 25 |
| 2. CONSUMOS ANUALES..... | 26 |
| 2.1 Consumos eléctricos | 26 |
| 2.2 Consumos térmicos..... | 31 |
| 2.3 Consumos energéticos totales | 31 |
| 2.4 Índices energéticos..... | 32 |
| 2.4.1 Índices energéticos eléctricos | 32 |
| 2.4.2 Índices energéticos térmicos..... | 32 |
| 3. MEDICIONES REALIZADAS | 33 |
| 3.1 Medidas eléctricas..... | 33 |
| 3.1.1 Registros trifásicos | 33 |
| 3.1.2 Registros monofásicos..... | 36 |
| 3.2 Medida de nivel de iluminación | 38 |
| 3.3 Medidas térmicas | 40 |
| 3.3.1 Registradores de temperatura y humedad | 40 |
| 3.4 Análisis termográfico..... | 43 |

| | | |
|---|--|---------------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA C.E.I.P. SANTA TERESA | 1306 |
| | | 43 |
| | | Rev.05 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 3.5 | Certificación energética | 43 |
| 4. | ANÁLISIS ENERGÉTICO DEL EDIFICIO | 44 |
| 4.1 | Desglose de consumos eléctricos..... | 44 |
| 4.2 | Desglose de consumos térmicos | 45 |
| 4.3 | Contribución de energías renovables | 45 |
| 5. | ACTUACIONES PROPUESTAS | 46 |
| 5.1 | Sustitución de iluminación existente por tecnología LED | 46 |
| 5.2 | Ajuste de la potencia eléctrica contratada | 48 |
| 5.3 | Instalación de batería de condensadores | 50 |
| 5.4 | Sustitución de los equipos de climatización que utilizan R-22 como refrigerante | 52 |
| 6. | MEJORAS RECOMENDADAS | 57 |
| 6.1 | Sistemas de regulación y control de la iluminación interior | 57 |
| 6.2 | Sustitución de los equipos de climatización que utilizan R-22 como refrigerante | 59 |
| 6.3 | Implantación de un sistema de monitorización y control..... | 60 |
| 7. | PROPUESTA DE IMPLANTACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES | 62 |
| 7.1 | Energía solar térmica..... | 62 |
| 7.2 | Biomasa | 62 |
| 7.3 | Fotovoltaica - Autoconsumo | 63 |
| 8. | RESUMEN | 64 |

| | | |
|---|--|---------------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA C.E.I.P. SANTA TERESA | 1306 |
| | | 43 |
| | | Rev.05 |

1. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO Y RESUMEN DE INVENTARIO

1.1 Datos generales del centro

| | |
|-------------------------|---|
| Denominación del Centro | CEIP Santa Teresa |
| Dirección | Calle Magallanes 4, 29603 Marbella |
| Tipo de edificio | Centro educativo |
| Persona de Contacto | Jesús López (Director del centro) 29006696.edu@juntadeandalucia.es Tfno: 951 270 943 Fax: 951 270 753 |
| Número de edificios | 2 |

Tabla 1 Resumen datos generales

Las instalaciones del **CEIP Santa Teresa** que se han auditado se encuentran situadas en la **Calle Magallanes 4** en la localidad de **Marbella**. Dichas instalaciones constan de un edificio principal y otro prefabricado situado al sur de éste último.



Imagen 1 Vista general del CEIP Santa Teresa

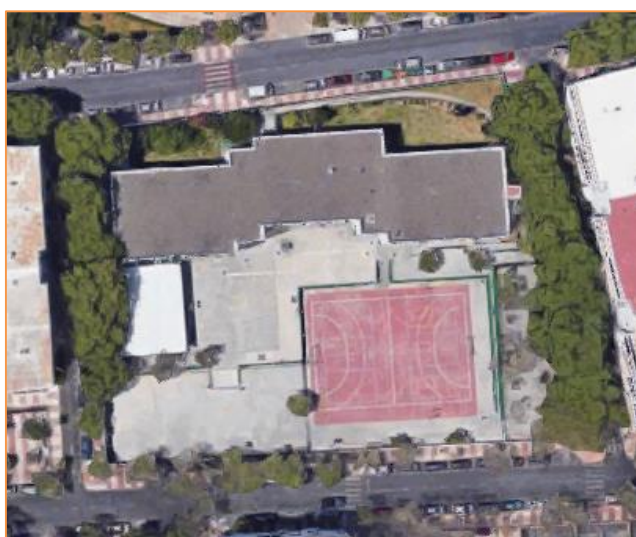


Imagen 2 Vista aérea del CEIP Santa Teresa

| | | | |
|---|--|--|---------------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA C.E.I.P. SANTA TERESA | | 1306 |
| | | | 43 |
| | | | Rev.05 |

| EDIFICIO | Nº plantas | Sup. Útil m² | Ocupación | Horario | Año de construcción | Año última reforma | Reformas realizadas |
|-----------------------|------------|--------------|-----------|-------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| Edificio principal | 3 | 3112 | 520 | 07:30-20:00 | 1989 | 2014 | - |
| Edificio prefabricado | 1 | 110 | 50 | 07:30-18:00 | 2009 | 2009 | - |

Tabla 2 Resumen de horario, usos y datos constructivos

En el año 2014 se modificó la iluminación de la entrada principal y algunas zonas comunes y se instalaron los splits de la sala de profesores.

| EDIFICIO | Nº personas | Horario de funcionamiento | Uso |
|----------------------|-------------|---------------------------|----------------|
| Zona oficinas | 5 | 07:30-18:00 | Administrativo |
| Aulas | 582 | 07:30-18:00 | Docente |
| Limpieza en edificio | 5 | 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. La vivienda del conserje se encuentra en el edificio principal en el sótano.

Edificio principal

| USO | Planta 0 | Planta 1 | Planta -1 | Sup. Total (m²) |
|-----------------|----------|----------|-----------|-----------------|
| Administrativo | 92,40 | -- | -- | 92,40 |
| Aseos | 39,30 | 77,40 | 66,00 | 182,70 |
| Aulas | 360,00 | 698,50 | 360,00 | 1.418,50 |
| Cocina-comedor | 89,00 | 3,30 | 8,00 | 100,30 |
| Usos múltiples | 177,18 | 39,00 | 57,00 | 273,18 |
| Zonas comunes | 246,00 | 390,50 | 104,00 | 740,50 |
| Sup. Total (m²) | 1.003,88 | 1.208,70 | 595,00 | 2.807,58 |

Tabla 4 Distribución de Superficie por usos – Edificio principal

Edificio prefabricado

| USO | Planta 0 | Sup. Total (m²) |
|-----------------|----------|-----------------|
| Administrativo | 9,00 | 9,00 |
| Aseos | 8,80 | 8,80 |
| Aulas | 82,00 | 82,00 |
| Zonas comunes | 10,00 | 10,00 |
| Sup. Total (m²) | 109,80 | 109,80 |

Tabla 5 Distribución de Superficie por usos – Edificio prefabricado

| | | |
|---|--|--------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA C.E.I.P. SANTA TERESA | 1306 |
| | | 43 |
| | | Rev.05 |

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 50% 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 25%.

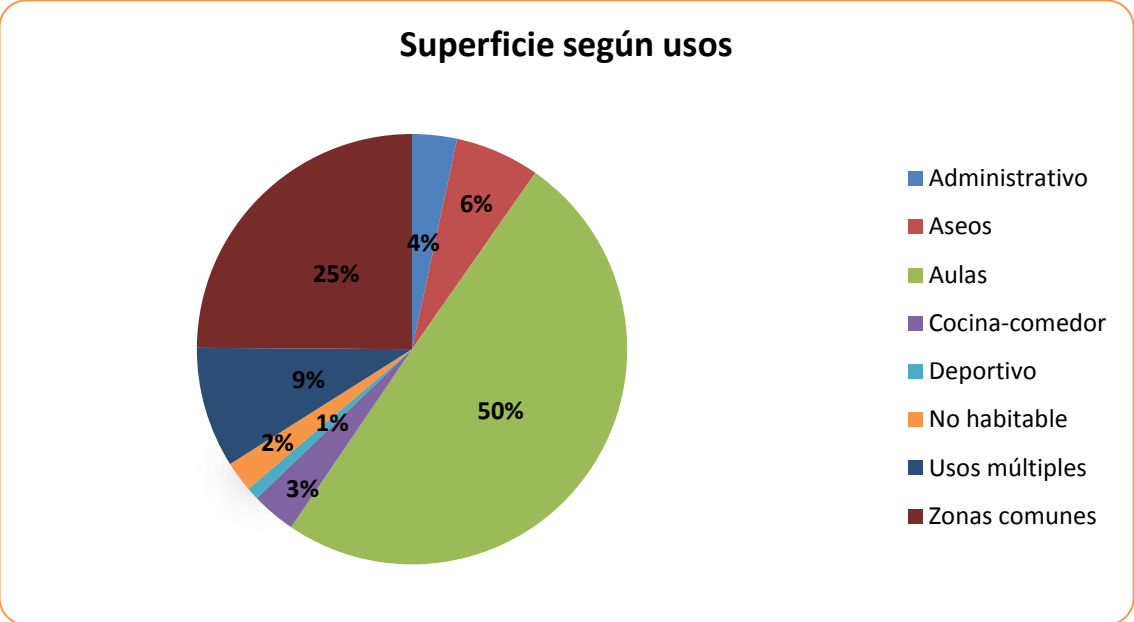
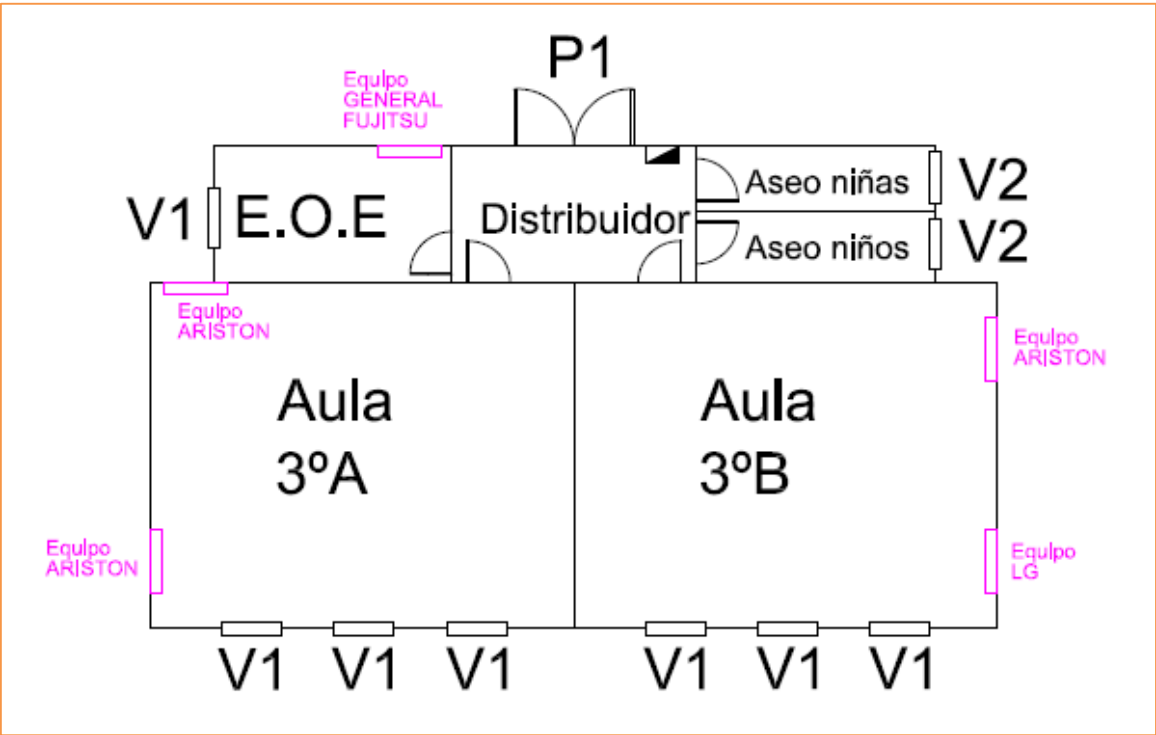
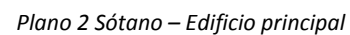


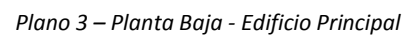
Gráfico 1 Superficie según Usos

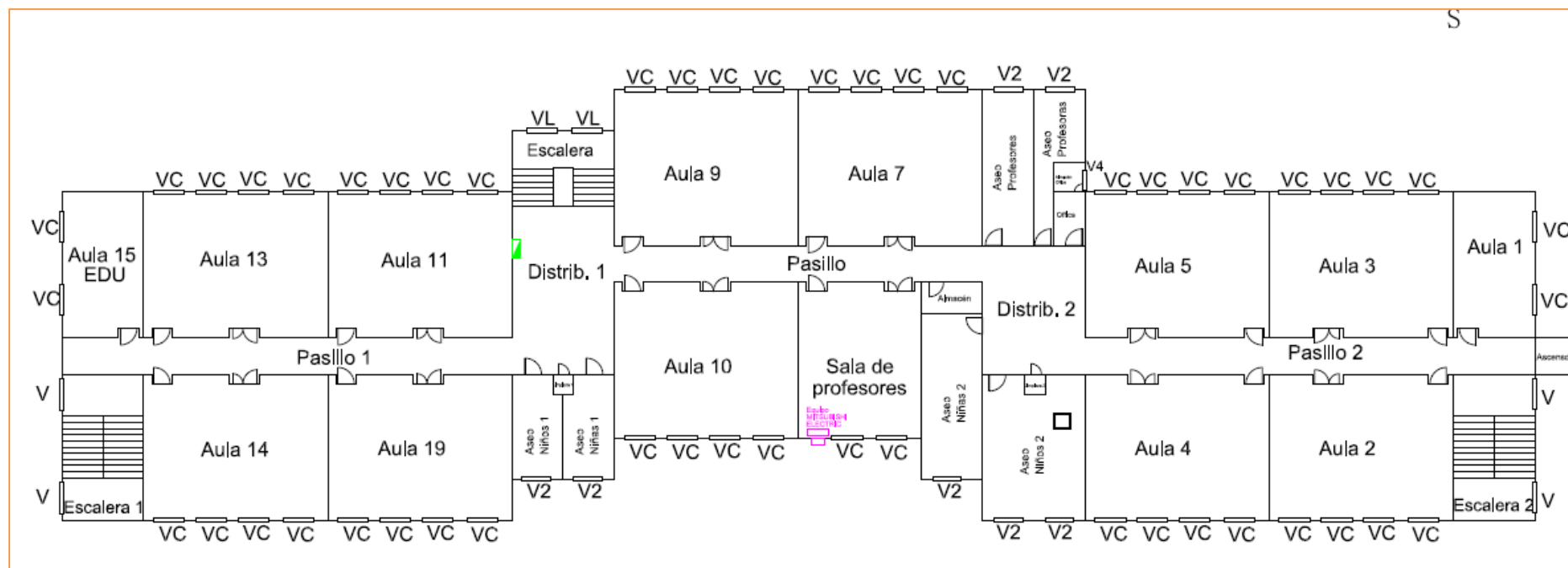
A continuación se muestran los planos por planta de la instalación:



Plano 1 Planta Baja – Edificio prefabricado







Plano 4 Planta Primera – Edificio principal

| | | |
|---|--|---------------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA C.E.I.P. SANTA TERESA | 1306 |
| | | 43 |
| | | Rev.05 |

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 1989; y por lo tanto lo hizo bajo la influencia de dichas Normas Básicas de la Edificación.

El edificio en planta tiene forma rectangular y está distribuido en tres plantas con acceso en su fachada norte. Todos los muros presentan las mismas características constructivas con cerramientos verticales lisis en color blanco y un acabado liso continuo con revoco verde.

La cubierta es plana donde alberga las instalaciones y presenta una capa de grava.

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



Imagen 3 Diferentes tipos de carpintería exterior

| | | |
|---|--|---------------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA C.E.I.P. SANTA TERESA | 1306 |
| | | 43 |
| | | Rev.05 |

1.4 Descripción de los sistemas de climatización y ACS

La climatización de este centro, tanto el servicio de calefacción como el de refrigeración, se lleva a cabo mediante sistemas tipo bomba de calor de expansión directa con unidades exteriores ubicadas en fachada y cubierta y unidades interiores de pared. Se trata de equipos autónomos tipo split 1x1.

El centro consta también de un sistema de calefacción complementario, 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 termos acumuladores eléctricos ubicados en las proximidades de los puntos de consumo.

1.4.1 Producción de ACS

A continuación se resumen las características de los termos-acumuladores eléctricos instalados en el centro para producción-acumulación de ACS de forma local y ubicados en las proximidades de los puntos de consumo:

| Edificio | Planta | Zona | Potencia eléctrica (kW) | Capacidad (litros) | Observaciones |
|--------------------|--------|--------------------------------------|-------------------------|--------------------|---------------|
| Edificio Principal | -1 | Vivienda conserje: Almacén Cocina | 1,50 | 100 | En servicio |
| Edificio Principal | -1 | Servicio A.E. | 1,60 | 100 | En servicio |
| Edificio Principal | 0 | Cocina | 1,60 | 75 | En servicio |
| Edificio Principal | 0 | Servicio cambiador | 1,20 | 100 | En servicio |

Tabla 6 Características producción-acumulación local de ACS



Imagen 4 Termos acumuladores eléctricos –Servicio A.E. y vivienda conserje



Imagen 5 Termos acumuladores eléctricos – Cocina y servicio cambiador

| | | |
|---|--|---------------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA C.E.I.P. SANTA TERESA | 1306 |
| | | 43 |
| | | Rev.05 |

1.4.2 Producción de frío y calor para climatización

A continuación se resumen las tipologías de equipos para la climatización de las diferentes estancias del centro:

| Nº generador | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---------------------------------|--|--|--|--|
| Generador | Autónomo de expansión directa tipo BdC - Split | Autónomo de expansión directa tipo BdC - Split | Autónomo de expansión directa tipo BdC - Split | Autónomo de expansión directa tipo BdC - Split |
| Edificio | Edificio principal | Edificio Prefabricado | Edificio Prefabricado | Edificio Prefabricado |
| Planta | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Ubicación equipo | Fachada Sur | Cubierta | Cubierta | Cubierta |
| Zona de tratamiento | Sala de profesores | EOE | Aula 3ºA | Aula 3ºA |
| Servicio | Calefacción y refrigeración | Calefacción y refrigeración | Calefacción y refrigeración | Calefacción y refrigeración |
| Combustible | Electricidad | Electricidad | Electricidad | Electricidad |
| Tipo funcionamiento | Aire-Aire | Aire-Aire | Aire-Aire | Aire-Aire |
| Condensación / Evaporación | Aire | Aire | Aire | Aire |
| Tecnología | Compresor Scroll | Compresor Scroll | Compresor Scroll | Compresor Scroll |
| Marca | mitsubishi electric | FUJITSU GENERAL | ARISTON | ARISTON |
| Modelo | MUZ-HJ50VA | AOH14USBC | A-MW18-HO | A-MW18-HO |
| Refrigerante | R410a | R410a | R22 | R22 |
| Tipo de unidad interior | Pared | Pared | Pared | Pared |
| Potencia Frigorífica (kW) | 5,00 | 4,25 | 5,00 | 5,00 |
| Potencia Abs. Frío (kW) | 2,05 | 1,38 | 2,31 | 2,31 |
| EER | 2,44 | 3,08 | 2,16 | 2,16 |
| Potencia Calorífica (kW) | 5,40 | 4,80 | 4,73 | 4,73 |
| Potencia Abs. Calor (kW) | 1,48 | 1,27 | 1,80 | 1,80 |
| COP | 3,65 | 3,78 | 2,63 | 2,63 |
| Mes inicio calefacción | Noviembre | Noviembre | Noviembre | Noviembre |
| Mes final calefacción | Febrero | Febrero | Febrero | Febrero |
| Mes inicio refrigeración | Mayo | Mayo | Mayo | Mayo |
| Mes final refrigeración | Septiembre | Septiembre | Septiembre | Septiembre |
| días/semana | L-V | L-V | L-V | L-V |
| horario funcionamiento | 09:00-14:00 | 09:00-14:00 | 09:00-14:00 | 09:00-14:00 |
| Sistema de gestión centralizado | No | No | No | No |
| Control - encendido / apagado | Manual | Manual | Manual | Manual |

Tabla 7 Características de los equipos de producción de frío y calor para climatización

| | | |
|---|--|---------------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA C.E.I.P. SANTA TERESA | 1306 |
| | | 43 |
| | | Rev.05 |

| Nº generador | 5 | 6 |
|---------------------------------|--|--|
| Generador | Autónomo de expansión directa tipo BdC - Split | Autónomo de expansión directa tipo BdC - Split |
| Edificio | Edificio Prefabricado | Edificio Prefabricado |
| Planta | 0 | 0 |
| Ubicación equipo | Cubierta | Cubierta |
| Zona de tratamiento | Aula 3ºB | Aula 3ºB |
| Servicio | Calefacción y refrigeración | Calefacción y refrigeración |
| Combustible | Electricidad | Electricidad |
| Tipo funcionamiento | Aire-Aire | Aire-Aire |
| Condensación / Evaporación | Aire | Aire |
| Tecnología | Compresor Scroll | Compresor Scroll |
| Marca | ARISTON | LG |
| Modelo | A-MW18-HO | E12EL.UA3 |
| Refrigerante | R22 | R410a |
| Tipo de unidad interior | Pared | Pared |
| Potencia Frigorífica (kW) | 5,00 | 3,50 |
| Potencia Absorbida Frío (kW) | 2,31 | 1,12 |
| EER | 2,16 | 3,13 |
| Potencia Calorífica (kW) | 4,73 | 3,80 |
| Potencia Absorbida Calor (kW) | 1,80 | 1,04 |
| COP | 2,63 | 3,65 |
| Mes inicio calefacción | Noviembre | Noviembre |
| Mes final calefacción | Febrero | Febrero |
| Mes inicio refrigeración | Mayo | Mayo |
| Mes final refrigeración | Septiembre | Septiembre |
| días/semana | L-V | L-V |
| horario funcionamiento | 09:00-14:00 | 09:00-14:00 |
| Sistema de gestión centralizado | No | No |
| Control - encendido / apagado | Manual | Manual |

Tabla 8 Características de los equipos de producción de frío y calor para climatización



Imagen 6 Equipos de producción de frío y calor para climatización – Edificio principal – Sistema autónomo de expansión directa tipo BdC (Split 1x1)

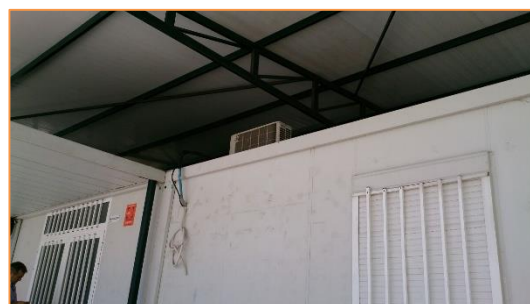


Imagen 7 Equipos de producción de frío y calor para climatización – Edificio prefabricado – Sistemas autónomos de expansión directa tipo BdC (Split 1x1)

A continuación se resumen la potencia térmica total instalada en el centro para este tipo de equipos:

| | |
|---------------|----------|
| Calefacción | 28,19 kW |
| Refrigeración | 27,75 kW |

Tabla 9 Resumen potencia térmica total instalada en equipos frigoríficos

1.4.3 Distribución - Grupos de bombeo

A continuación se resumen el grupo de bombeo existente en el centro:

| | |
|-----------------------------|---------------------------------|
| Nº bomba | 1 |
| Circuito | Grupo de presión agua sanitaria |
| Edificio | Edificio principal |
| Ubicación | Almacén Escalera |
| Denominación | B1 |
| Tipo | Rótor seco - simple |
| Marca | ESPA |
| Modelo | PRISMA 30/4 |
| Variador de frecuencia | No |
| Caudal (l/h) | 9.060,00 |
| Presión disponible (m.c.a.) | 50,0 |
| Potencia abs (kW) | 1,50 |

Tabla 10 Características grupos de bombeo

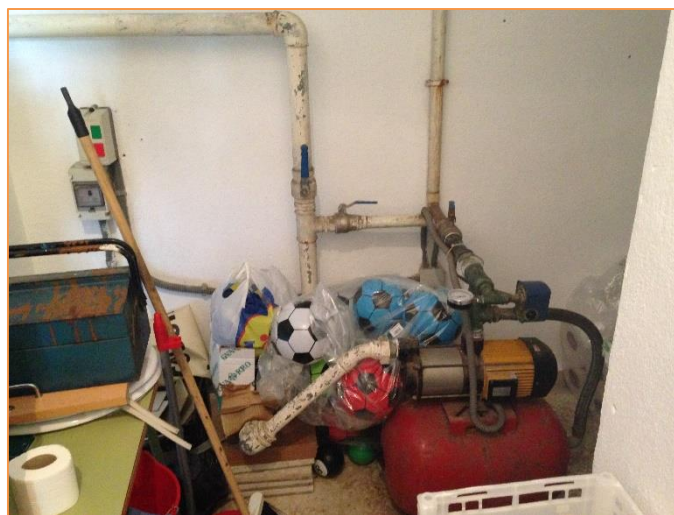
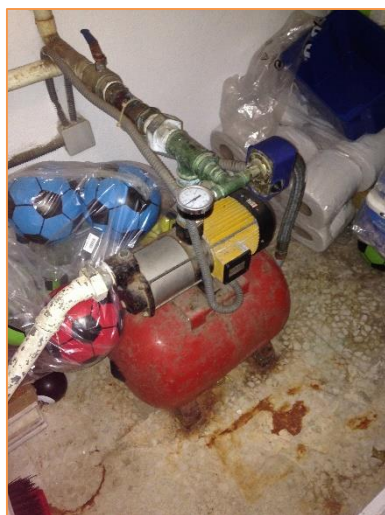


Imagen 8 Grupos de bombeo – Grupo de presión de agua sanitaria

| | | |
|---|--|---------------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA C.E.I.P. SANTA TERESA | 1306 |
| | | 43 |
| | | Rev.05 |

1.4.4 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 y refrigeración por zonas:

Unidades interiores – Expansión directa

El centro consta de unidades interiores de pared, como elementos destinados al tratamiento de calefacción y refrigeración de las diferentes estancias a las que dan servicio. Dichas unidades funcionan en combinación con las unidades exteriores (sistemas tipo split 1x1), como parte fundamental de los sistemas autónomos de climatización tipo bomba de calor de expansión directa descritos anteriormente.

Al tratarse de sistemas de climatización partidos (tipo split 1x1), las características técnicas de la unidad interior en el apartado térmico coincidirán con las de la exterior correspondiente y están recogidas en el apartado anterior. Por otra parte, el consumo eléctrico derivado de las unidades interiores se debe únicamente al ventilador de impulsión y en la mayoría de los casos están alimentadas eléctricamente desde el propio equipo exterior, por lo que su consumo eléctrico ya está incluido en el mismo.



*Imagen 9 Tipología de **unidades interiores** instaladas – De pared*

| | | |
|---|--|---------------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA C.E.I.P. SANTA TERESA | 1306 |
| | | 43 |
| | | Rev.05 |

Radiadores eléctricos

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

| Característica | 1 |
|-------------------------------|---|
| Unidad terminal | Radiador eléctrico |
| Tipo | Portátil |
| Servicio | Calefacción |
| Edificios | Edificio principal y prefabricado |
| Planta | P-1, P0 y P1 |
| Zonas de tratamiento | Aulas, administrativo y usos múltiples |
| Cantidad | 17 |
| Batería calor | Resistencia eléctrica |
| Pot. Calorífica Unitaria (kW) | 2,00 |
| Pot. Abs. (kW) | 34,00 |
| Regulación | Sin regulación |
| Tipo control | Usuario |

Tabla 11 Características de radiadores instalados



*Imagen 10 Tipología de **unidades interiores** instaladas- Radiadores eléctricos*

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

| Zona | Superficie Calefactada (m2) | Pot. Calorífica (kW) | Ratio (W/m2) |
|----------------|-----------------------------|----------------------|--------------|
| Administrativo | 96,00 | 12,80 | 133,33 |
| Aulas | 764,00 | 37,99 | 49,73 |
| Usos múltiples | 195,18 | 7,48 | 38,32 |
| Total | 1.055,18 | 58,27 | 55,22 |

Tabla 12 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:

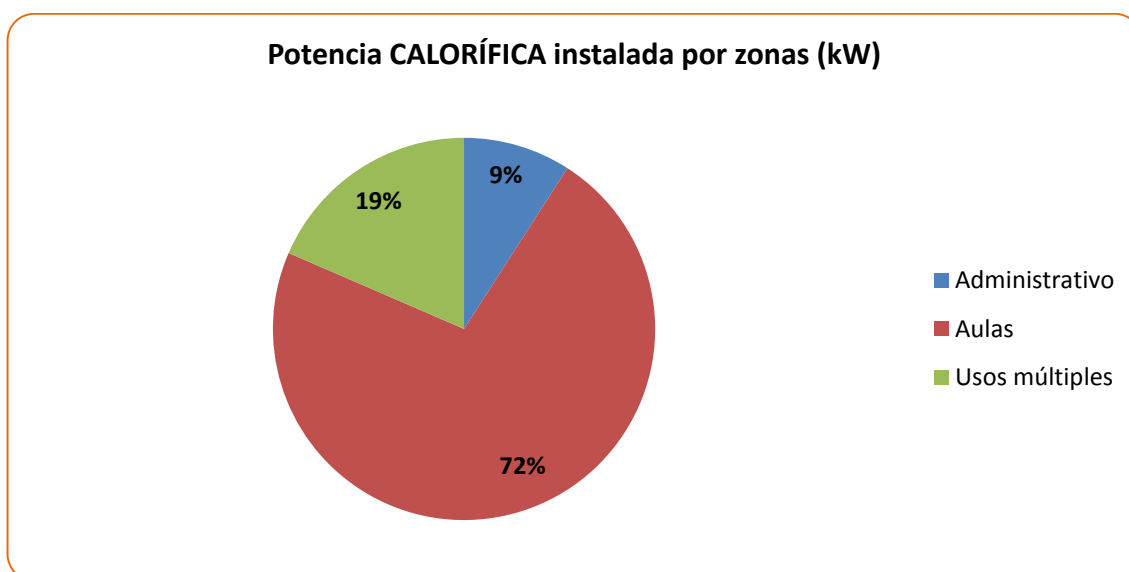


Gráfico 2 Porcentaje de potencia calorífica instalada por zonas

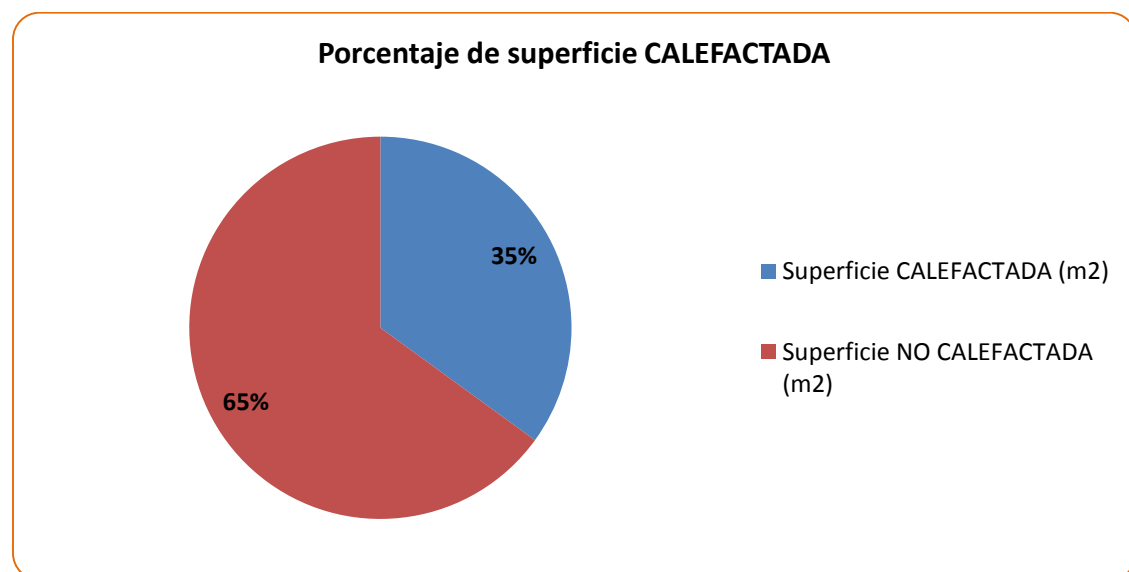


Gráfico 3 Porcentaje de superficie calefactada

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

| Zona | Superficie Refrigerada (m2) | Pot. Frigorífica (kW) | Ratio (W/m2) |
|----------------|-----------------------------|-----------------------|---------------|
| Administrativo | 9,00 | 4,25 | 472,22 |
| Aulas | 164,00 | 18,50 | 112,80 |
| Usos múltiples | 39,00 | 2,05 | 52,56 |
| Total | 212,00 | 24,80 | 116,98 |

Tabla 13 Resumen de potencia de frío instalada por zonas

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

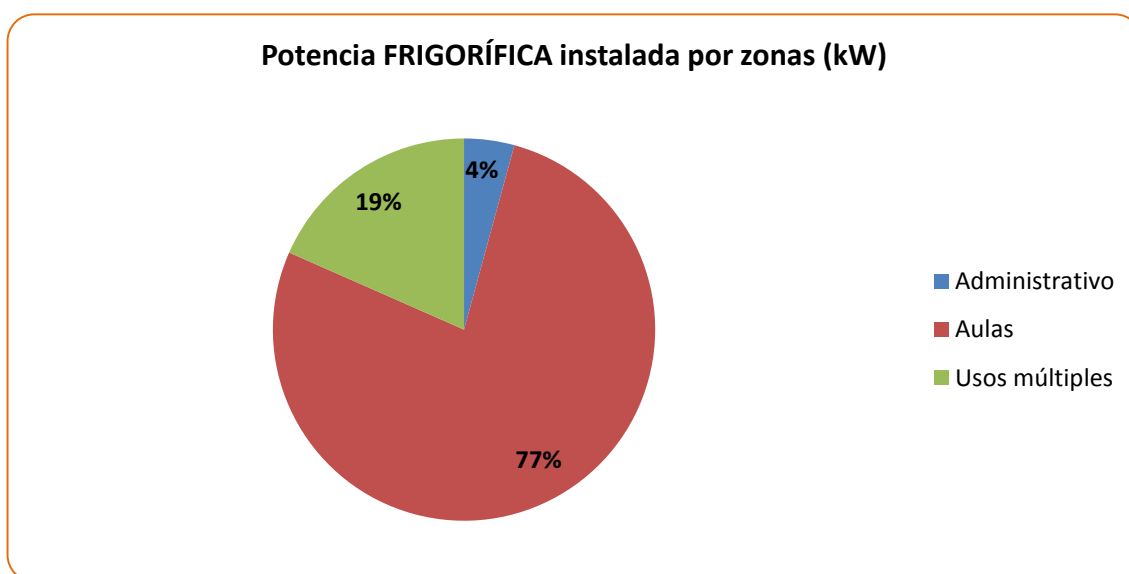


Gráfico 4 Porcentaje de potencia frigorífica instalada por zonas

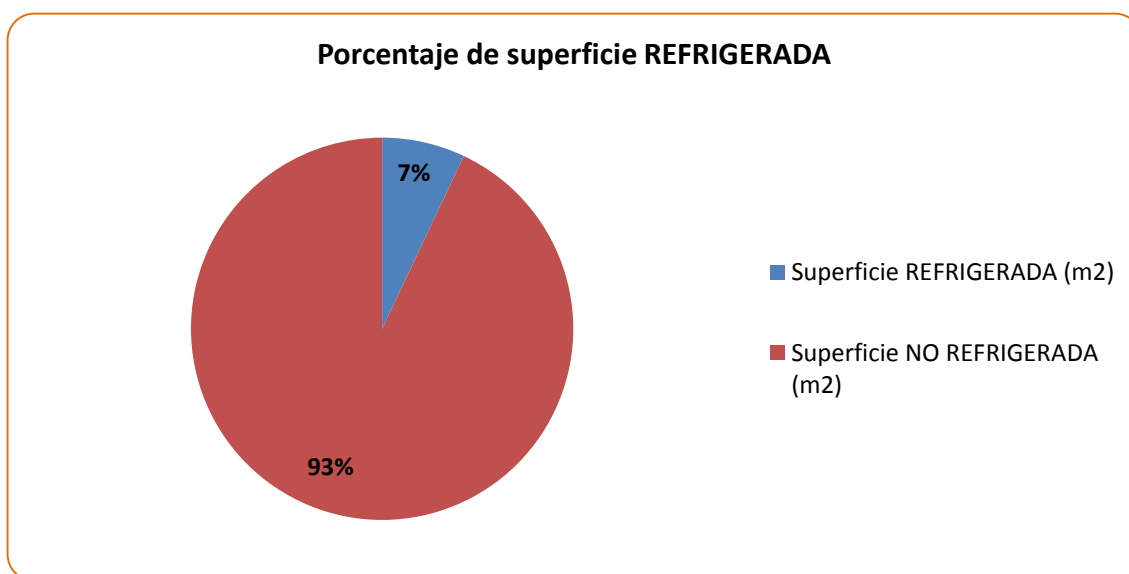


Gráfico 5 Porcentaje de superficie refrigerada

| | | |
|---|--|---------------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA C.E.I.P. SANTA TERESA | 1306 |
| | | 43 |
| | | Rev.05 |

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

1.5 Iluminación

La potencia total instalada es de 33,77 kW, que se distribuye según usos tal como se muestra en el siguiente gráfico.

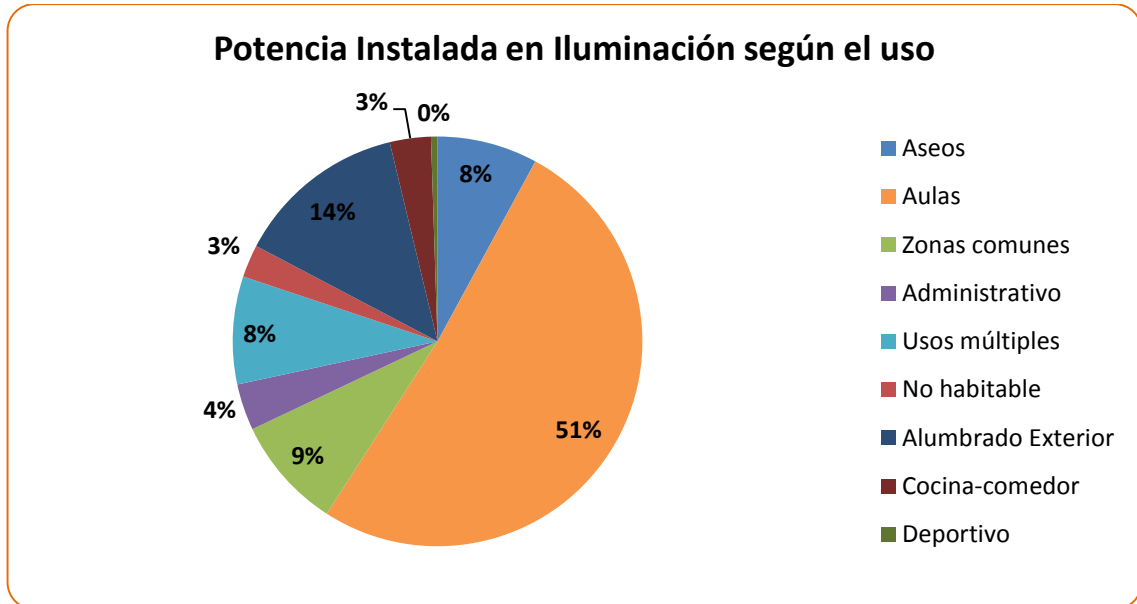


Gráfico 6 % Potencia instalada en iluminación según el uso

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.

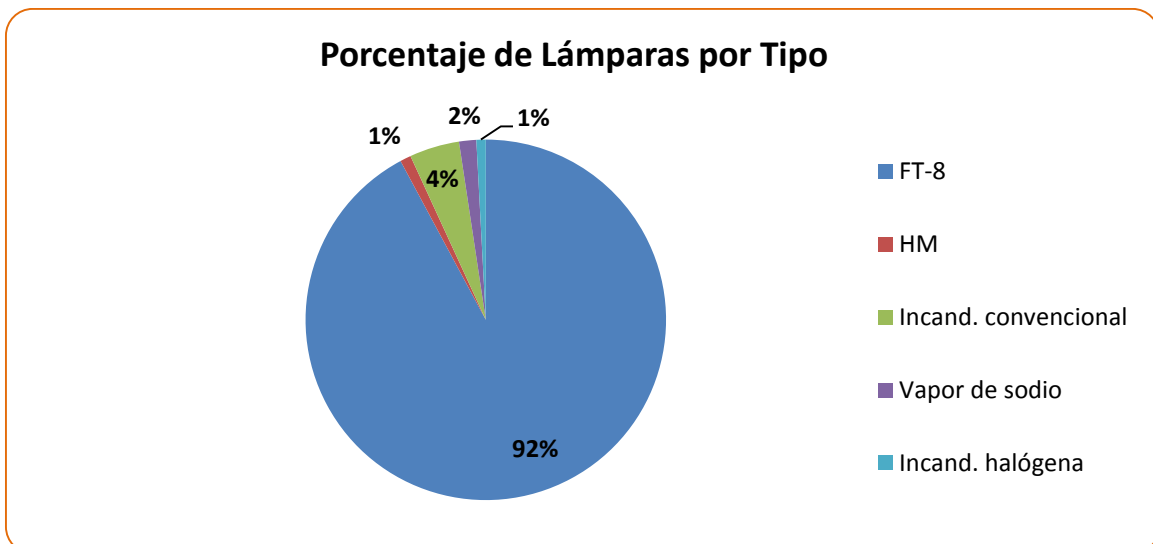


Gráfico 7 % de cada tipo de lámpara instalada

| | | |
|---|--|---------------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA C.E.I.P. SANTA TERESA | 1306 |
| | | 43 |
| | | Rev.05 |

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 | 317 | 24,95 |
| FT-8 | 317 | 24,95 |
| 1 | 55 | 2,35 |
| 36 | 54 | 2,33 |
| 18 | 1 | 0,02 |
| 2 | 262 | 22,59 |
| 36 | 261 | 22,55 |
| 18 | 1 | 0,04 |
| EL | 39 | 2,77 |
| FT-8 | 39 | 2,77 |
| 1 | 1 | 0,04 |
| 36 | 1 | 0,04 |
| 2 | 38 | 2,74 |
| 36 | 38 | 2,74 |
| | 25 | 1,48 |
| Incand. | 19 | 1,18 |
| 1 | 19 | 1,18 |
| 60 | 18 | 1,08 |
| 100 | 1 | 0,10 |
| Incand. halógena | 6 | 0,30 |
| 1 | 6 | 0,30 |
| 50 | 6 | 0,30 |
| Total general | 381 | 29,20 |

Tabla 14 Resumen de lámparas instaladas

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



Imagen 11 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) | |
|----------------------|-----------------|-------------|
| EM | 1 | 0,04 |
| FT-8 | 1 | 0,04 |
| 2 | 1 | 0,04 |
| 18 | 1 | 0,04 |
| - | 31 | 4,53 |
| Incand. convencional | 13 | 0,78 |
| 1 | 13 | 0,78 |
| 60 | 13 | 0,78 |
| Vapor de sodio | 11 | 1,65 |
| 1 | 11 | 1,65 |
| 150 | 11 | 1,65 |
| HM | 7 | 2,10 |
| 1 | 7 | 2,10 |
| 250 | 7 | 2,10 |
| Total general | 32 | 4,57 |

Tabla 15 Resumen de iluminación exterior

| | | |
|---|--|---------------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA C.E.I.P. SANTA TERESA | 1306 |
| | | 43 |
| | | Rev.05 |



Imagen 12 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.

| | | |
|---|--|---------------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA C.E.I.P. SANTA TERESA | 1306 |
| | | 43 |
| | | Rev.05 |

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 | 29 | 6,612 |
| DVD/CD | 2 | 0,04 |
| 20 | 2 | 0,04 |
| Proyector | 22 | 5,522 |
| 290 | 3 | 0,87 |
| 230 | 11 | 2,53 |
| 315 | 2 | 0,63 |
| 280 | 2 | 0,56 |
| 233 | 4 | 0,932 |
| Video VHS | 2 | 0,03 |
| 15 | 2 | 0,03 |
| Pizarra Digital | 1 | 0,42 |
| 420 | 1 | 0,42 |
| Televisión Tubo | 2 | 0,6 |
| 300 | 2 | 0,6 |
| Electrodoméstico | 14 | 23 |
| Horno | 1 | 12 |
| 12000 | 1 | 12 |
| Lavavajillas | 1 | 2 |
| 2000 | 1 | 2 |
| Mesa Caliente | 1 | 2 |
| 2000 | 1 | 2 |
| Microondas | 2 | 1,5 |
| 800 | 1 | 0,8 |
| 700 | 1 | 0,7 |
| Cafetera | 1 | 0,75 |
| 750 | 1 | 0,75 |
| Nevera | 2 | 0,31 |
| 220 | 1 | 0,22 |
| 90 | 1 | 0,09 |
| Tostador | 2 | 2 |
| 1000 | 2 | 2 |
| Kettle / Calienta agua | 2 | 2 |
| 1000 | 2 | 2 |
| Frigorífico | 2 | 0,44 |
| 220 | 2 | 0,44 |
| Informático | 62 | 22,87 |
| Ordenador sobremesa | 49 | 14,7 |
| 300 | 49 | 14,7 |
| Scanner | 2 | 0,053 |
| 30 | 1 | 0,03 |
| 23 | 1 | 0,023 |
| Fotocopiadora | 3 | 4,38 |
| 1500 | 1 | 1,5 |
| 1440 | 2 | 2,88 |
| Fax | 1 | 1,032 |
| 1032 | 1 | 1,032 |
| Impresora doméstica | 7 | 2,705 |
| 11 | 1 | 0,011 |
| 421 | 4 | 1,684 |
| 450 | 1 | 0,45 |
| 560 | 1 | 0,56 |
| Otros | 12 | 8,181 |
| Plastificadora | 1 | 0,265 |

| | | |
|---|--|---------------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA C.E.I.P. SANTA TERESA | 1306 |
| | | 43 |
| | | Rev.05 |

| Tipos de Equipos | Nº Equipos | Potencia total (kW) |
|--|------------|---------------------|
| 265 | 1 | 0,265 |
| Secador de manos | 4 | 5,05 |
| 1000 | 3 | 3 |
| 2050 | 1 | 2,05 |
| Trituradora de papel | 2 | 0,78 |
| 390 | 2 | 0,78 |
| Dispensador de agua | 1 | 0,1 |
| 100 | 1 | 0,1 |
| Grúa para discapacitados | 1 | 0,12 |
| 120 | 1 | 0,12 |
| Router + switch | 1 | 0,046 |
| 46 | 1 | 0,046 |
| Matamosquitos | 1 | 0,02 |
| 20 | 1 | 0,02 |
| Maquina expendedora café | 1 | 1,8 |
| 1800 | 1 | 1,8 |
| Sonido | 14 | 0,899 |
| Altavoz | 4 | 0,08 |
| 20 | 4 | 0,08 |
| Radio-CD | 6 | 0,089 |
| 10 | 1 | 0,01 |
| 20 | 2 | 0,04 |
| 15 | 1 | 0,015 |
| 12 | 2 | 0,024 |
| Equipo de música | 3 | 0,23 |
| 30 | 1 | 0,03 |
| 150 | 1 | 0,15 |
| 50 | 1 | 0,05 |
| Mesa de mezclas | 1 | 0,5 |
| 500 | 1 | 0,5 |
| Radiador eléctrico | 17 | 34 |
| Radiador eléctrico | 17 | 34 |
| 2 | 17 | 34 |
| Producción de frío y calor | 6 | 11,48 |
| Equipo autónomo de expansión directa tipo BdC - | | |
| Split | 6 | 11,48 |
| 2,05 | 1 | 2,05 |
| 1,38 | 1 | 1,38 |
| 2,31 | 3 | 6,93 |
| 1,12 | 1 | 1,12 |
| Distribución - Bombas | 1 | 1,5 |
| Bomba | 1 | 1,5 |
| 1,5 | 1 | 1,5 |
| ACS | 4 | 5,9 |
| Termo-acumulador eléctrico | 4 | 5,9 |
| 1,5 | 1 | 1,5 |
| 1,6 | 2 | 3,2 |
| 1,2 | 1 | 1,2 |
| Total general | 159 | 114,442 |

Tabla 16 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.

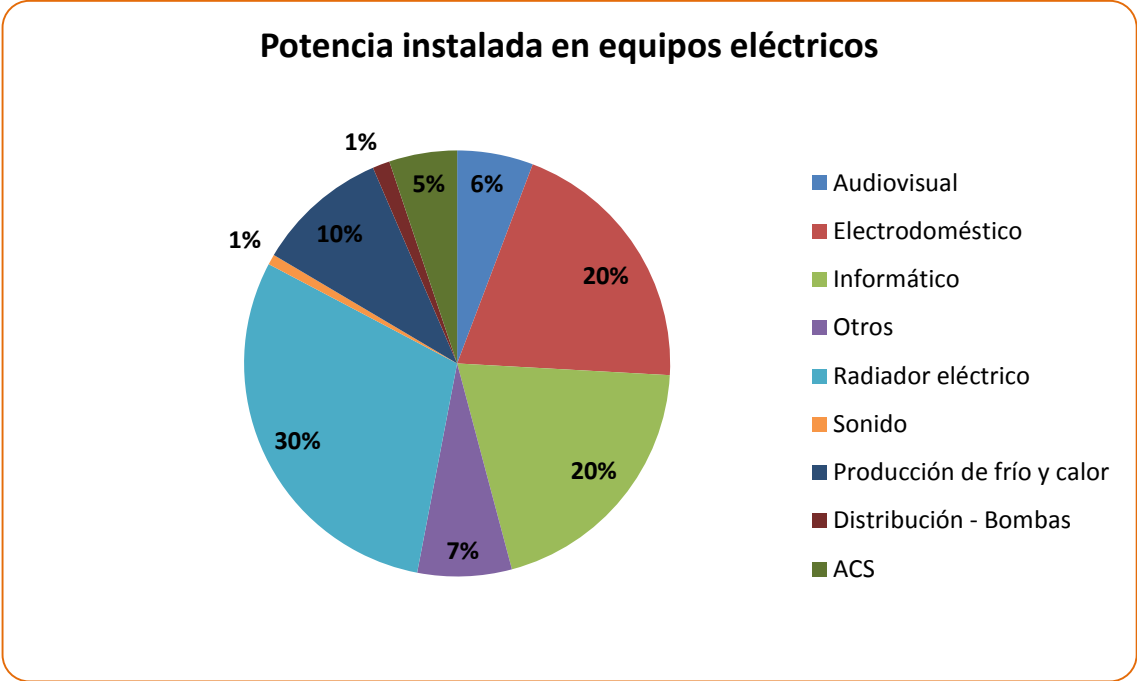


Gráfico 8 Potencia instalada por tipología de equipos

1.7 Resumen de potencias instaladas

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

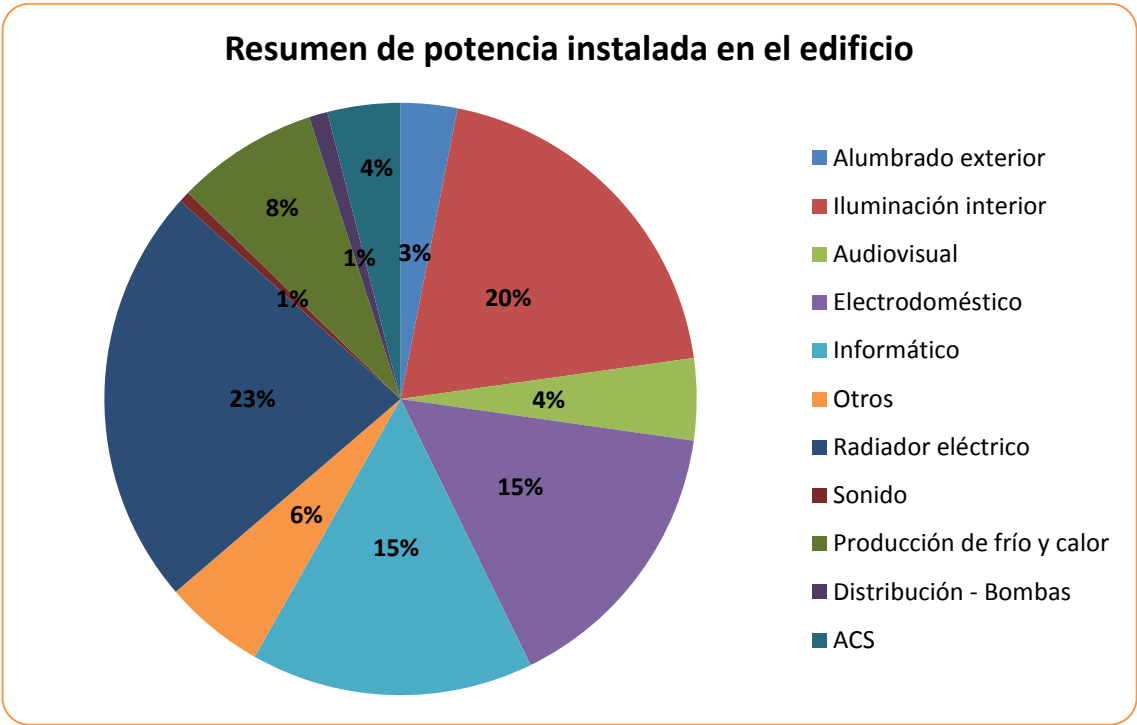


Gráfico 9 Potencia instalada por usos

| | | |
|---|--|---------------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA C.E.I.P. SANTA TERESA | 1306 |
| | | 43 |
| | | Rev.05 |

2. CONSUMOS ANUALES

2.1 Consumos eléctricos

El suministro eléctrico se encuentra contratado con la comercializadora Endesa.

Este centro consta con dos puntos de suministro, uno para el colegio y otro para la casa del conserje.

CONTRATO CUPS ES0031103006217001GB0F - CENTRO EDUCATIVO

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

| | | | |
|--------------------------------|------------------------|------------------|----------|
| CUPS | ES0031103006217001GB0F | Tarifa de acceso | 3.0 A |
| CONDICIONES DE CONTRATACION | | | |
| | P1 | P2 | P3 |
| Potencia contratada (kW) | 78,89 | 78,89 | 78,89 |
| Término de potencia (€/kW año) | 40,728525 | 24,437115 | 16,29141 |
| Término de energía (€/kWh) | 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 Diciembre del 2013 hasta Noviembre del 2014.

| Fecha inicio | Fecha Fin | Consumo P1 (kWh) | Consumo P2 (kWh) | Consumo P3 (kWh) | Potencia Maximétrica (kW) | Facturado Reactiva (€) | Base imponible (€) |
|--------------|------------|------------------|------------------|------------------|---------------------------|------------------------|--------------------|
| 31/12/2013 | 31/01/2014 | 734 | 5.324 | 303 | 27 /49 /7 | 119,13 | 1.348,62 |
| 31/01/2014 | 28/02/2014 | 638 | 4.183 | 323 | 26 /55 /8 | 94,76 | 1.148,51 |
| 28/02/2014 | 31/03/2014 | 843 | 4.647 | 311 | 33 /43 /6 | 176,11 | 1.364,01 |
| 31/03/2014 | 30/04/2014 | 1.825 | 2.813 | 355 | 41 /34 /7 | 160,91 | 1.269,03 |
| 30/04/2014 | 31/05/2014 | 2.014 | 3.054 | 335 | 39 /28 /7 | 189,40 | 1.367,82 |
| 31/05/2014 | 30/06/2014 | 1.661 | 2.349 | 329 | 37 /32 /11 | 146,34 | 1.186,90 |
| 30/06/2014 | 31/07/2014 | 227 | 413 | 195 | 11 /9 /3 | 6,22 | 619,32 |
| 31/07/2014 | 31/08/2014 | 121 | 514 | 196 | 12 /15 /5 | 7,71 | 617,07 |
| 31/08/2014 | 30/09/2014 | 1.856 | 2.668 | 266 | 37 /31 /5 | 161,69 | 1.262,53 |
| 30/09/2014 | 31/10/2014 | 1.852 | 3.374 | 368 | 38 /36 /6 | 175,30 | 1.380,80 |
| 31/10/2014 | 30/11/2014 | 695 | 4.499 | 343 | 21 /41 /6 | 171,10 | 1.317,83 |
| 30/11/2014 | 31/12/2014 | 583 | 3.346 | 362 | 24 /40 /5 | 114,59 | 1.129,81 |

Tabla 17 Facturación eléctrica

A partir de las facturas eléctricas se observa que existen **penalizaciones por energía reactiva**, siendo estas de **1.523,26 €/año**, por ello se recomienda colocar una batería de condensadores para eliminar estas penalizaciones en la facturación eléctrica (En el apartado de mejoras se puede ver la batería de condensadores recomendada).

| | P1 | P2 | P3 |
|--------------------------|-------|-------|-------|
| Potencia contratada (kW) | 78,89 | 78,89 | 78,89 |
| Potencia registrada (kW) | 41 | 55 | 11 |

Tabla 18 Potencias contratada y registrada

Respecto a la potencia contratada se observa, tanto por las lecturas del maxímetro como con por las mediciones realizadas, que la contratada es superior a la demandada. Por ello se recomienda realizar un ajuste de la potencia según las necesidades de la instalación.

El gasto anual de la facturación eléctrica es el siguiente:

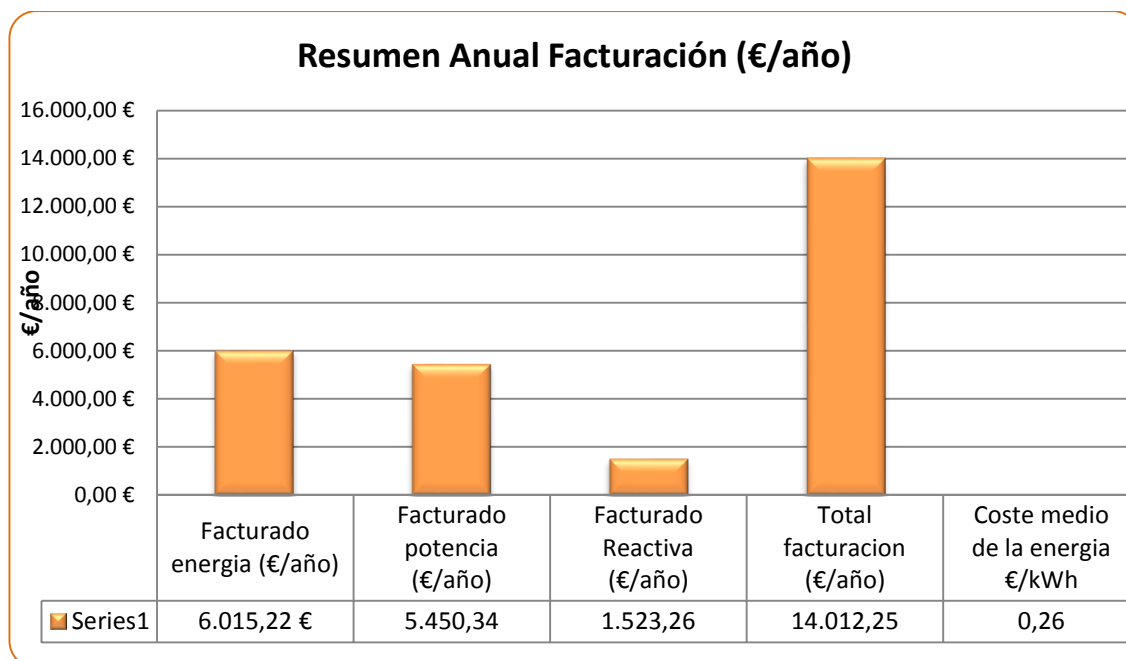


Gráfico 10 Resumen Anual de Facturación

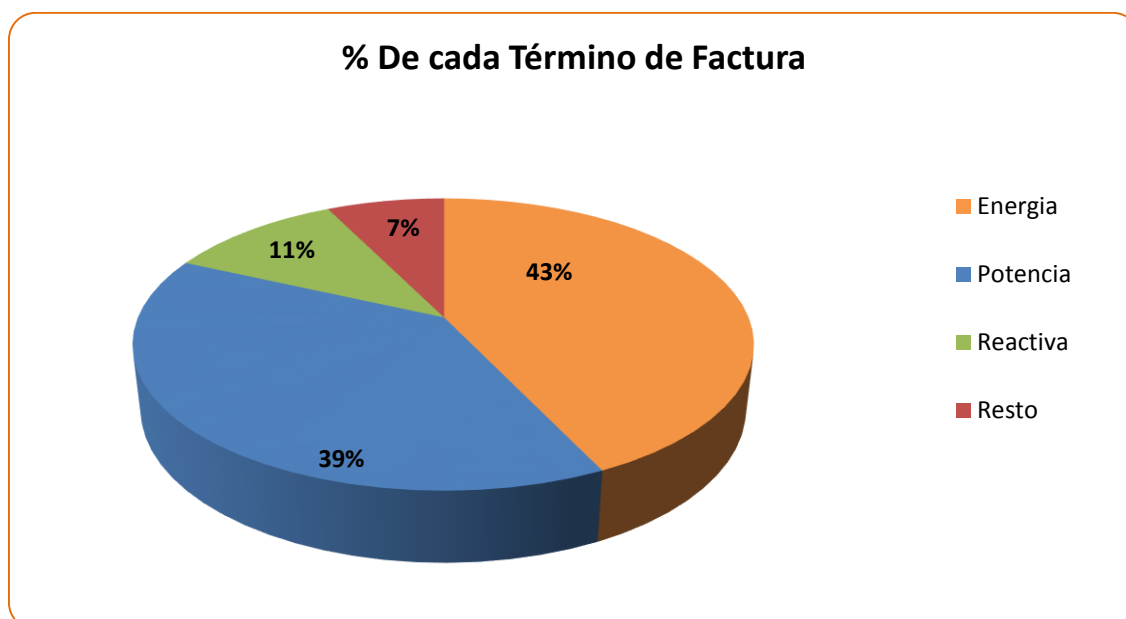


Gráfico 11 Resumen de los términos de Factura

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

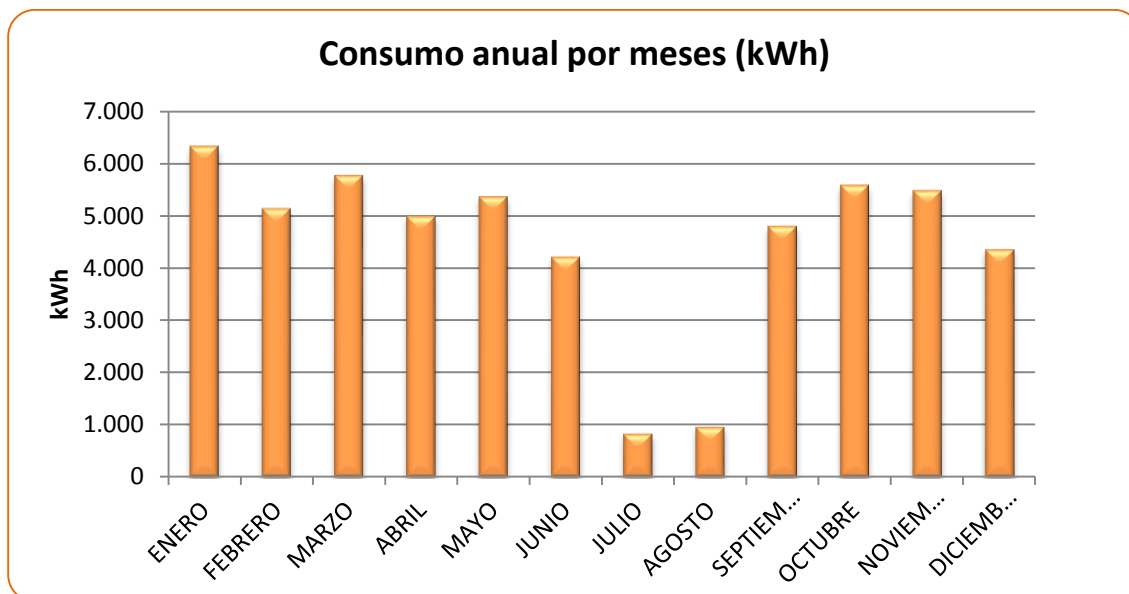


Gráfico 12 Consumo eléctrico mensual

El consumo anual por periodos se muestra a continuación:

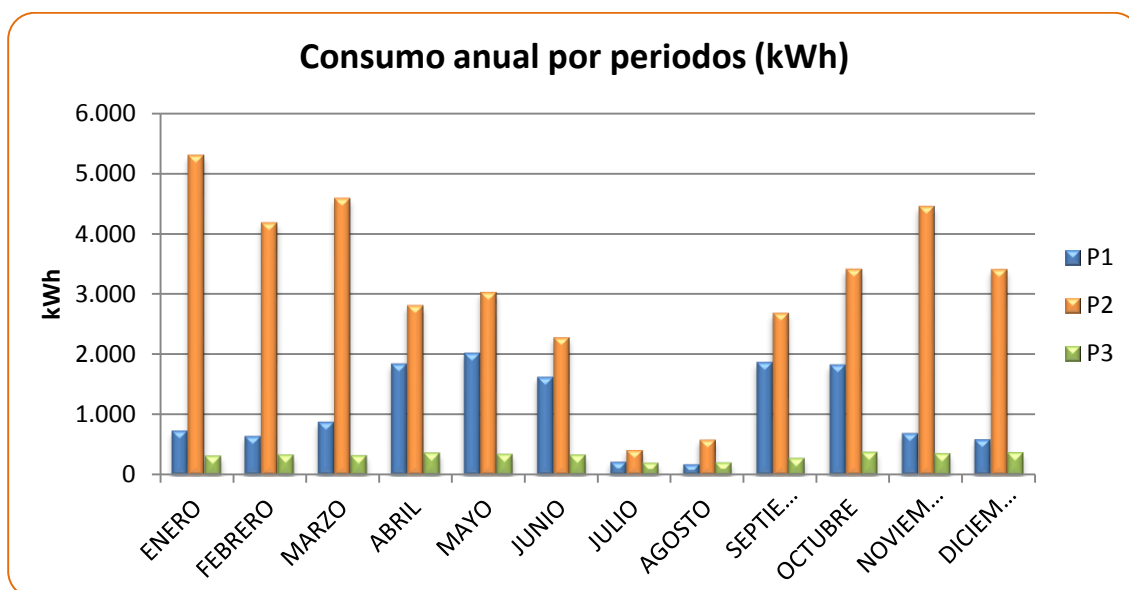


Gráfico 13 Consumo eléctrico por periodos

La siguiente tabla muestra los valores globales del periodo estudiado:

| | |
|------------------------------------|-----------|
| Total Consumo energía (kWh) | 53.919 |
| Total Facturación (€) | 14.012,25 |
| Media mensual de consumo (kWh/mes) | 4.493 |
| Media mensual de coste (€/mes) | 1.167,69 |
| Coste medio energía (€/kWh) | 0,260 |

Tabla 19 Resumen valores globales de la facturación eléctrica

| | | |
|---|--|---------------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA C.E.I.P. SANTA TERESA | 1306 |
| | | 43 |
| | | Rev.05 |

CONTRATO CUPS ES0031103006351001BJOF - CASA CONSERJE

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

| | | | |
|--------------------------------|------------------------|------------------|-------|
| CUPS | ES0031103006351001BJOF | Tarifa de acceso | 2.0 A |
| CONDICIONES DE CONTRATACION | | | |
| | | P1 | |
| Potencia contratada (kW) | | 4,4 | |
| Término de potencia (€/kW año) | | 42,043426 | |
| Término de energía (€/kWh) | | 0,123387 | |

Se ha realizado un análisis de los consumos eléctricos a partir de los datos de las facturas eléctricas recibidas. El periodo estudiado corresponde desde Diciembre del 2013 hasta Noviembre del 2014.

| Fecha inicio | Fecha Fin | Consumo P1 (kWh) | Potencia Maximétrica (kW) | Facturado Reactiva (€) | Base imponible (€) |
|--------------|------------|------------------|---------------------------|------------------------|--------------------|
| 26/12/2013 | 24/02/2014 | 0 | // | 0,00 | 29,23 |
| 24/02/2014 | 25/04/2014 | 0 | // | 0,00 | 32,01 |
| 25/04/2014 | 25/06/2014 | 21 | // | 2,37 | 36,61 |
| 25/06/2014 | 24/07/2014 | 0 | // | 0,00 | 15,47 |
| 24/07/2014 | 26/08/2014 | 0 | // | 0,00 | 17,61 |
| 26/08/2014 | 24/09/2014 | 0 | // | 0,00 | 15,47 |
| 24/09/2014 | 27/10/2014 | 0 | // | 0,00 | 21,31 |
| 27/10/2014 | 24/11/2014 | 0 | // | 0,00 | 18,08 |
| 24/11/2014 | 24/12/2014 | 0 | // | 0,00 | 16,00 |

Tabla 20 Facturación eléctrica

A partir de las facturas eléctricas se observa que no existen penalizaciones por energía reactiva.

| | |
|---|-------|
| P1 | |
| Potencia contratada (kW) | 4,4 |
| Potencia máxima registro trifásico (kW) | 45,27 |

Tabla 21 Potencias contratada y registrada

A partir del registro trifásico se observa que el pico máximo de potencia es de 45,27 kW, no concuerda con la potencia contratada de este punto de suministro debido a que solo se ha colocado un equipo registrador que cogía todo el centro educativo y por tanto no se puede disgregar los consumos de este contrato. Además, como se observa en la facturación, carece de consumo y puede considerarse prácticamente despreciable, por tanto, esta potencia máxima si concuerda con las lecturas de máxímetro del anterior contrato.

El gasto anual de la facturación eléctrica es el siguiente:

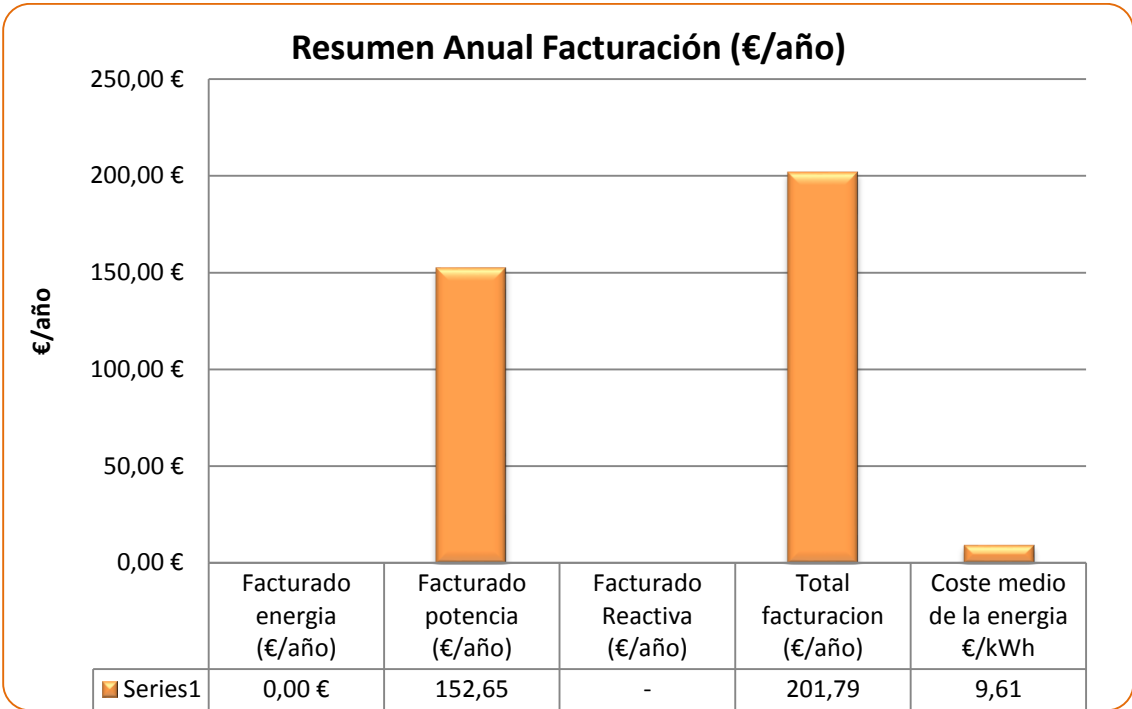


Gráfico 14 Resumen Anual de Facturación

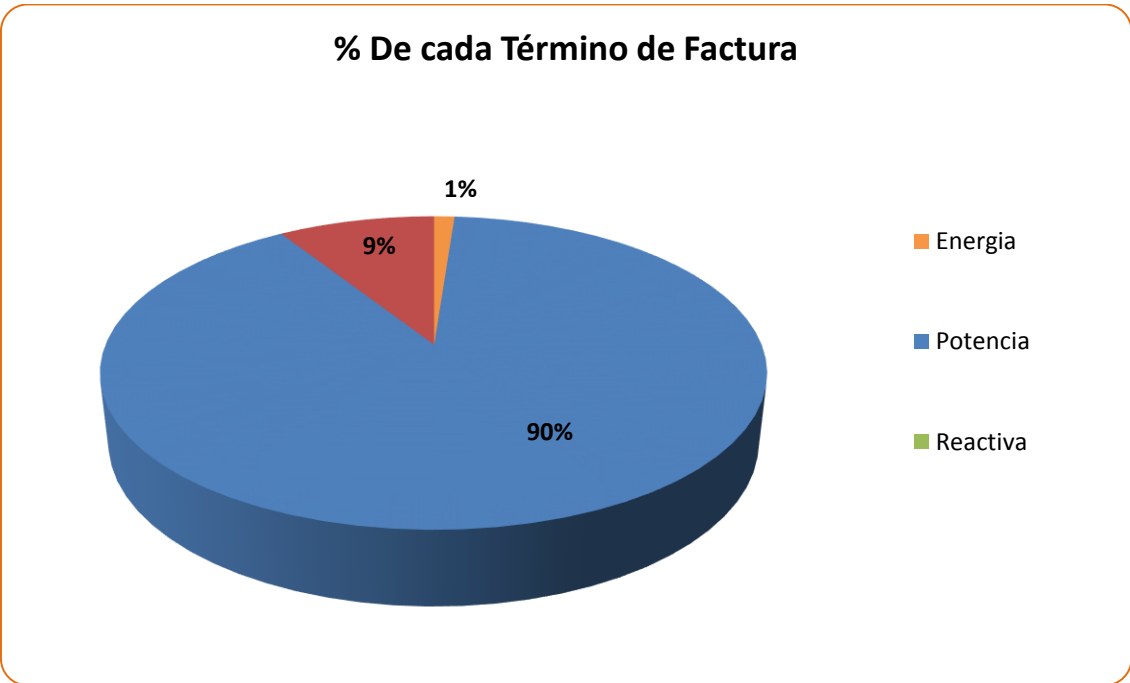


Gráfico 15 Resumen de los términos de Factura

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

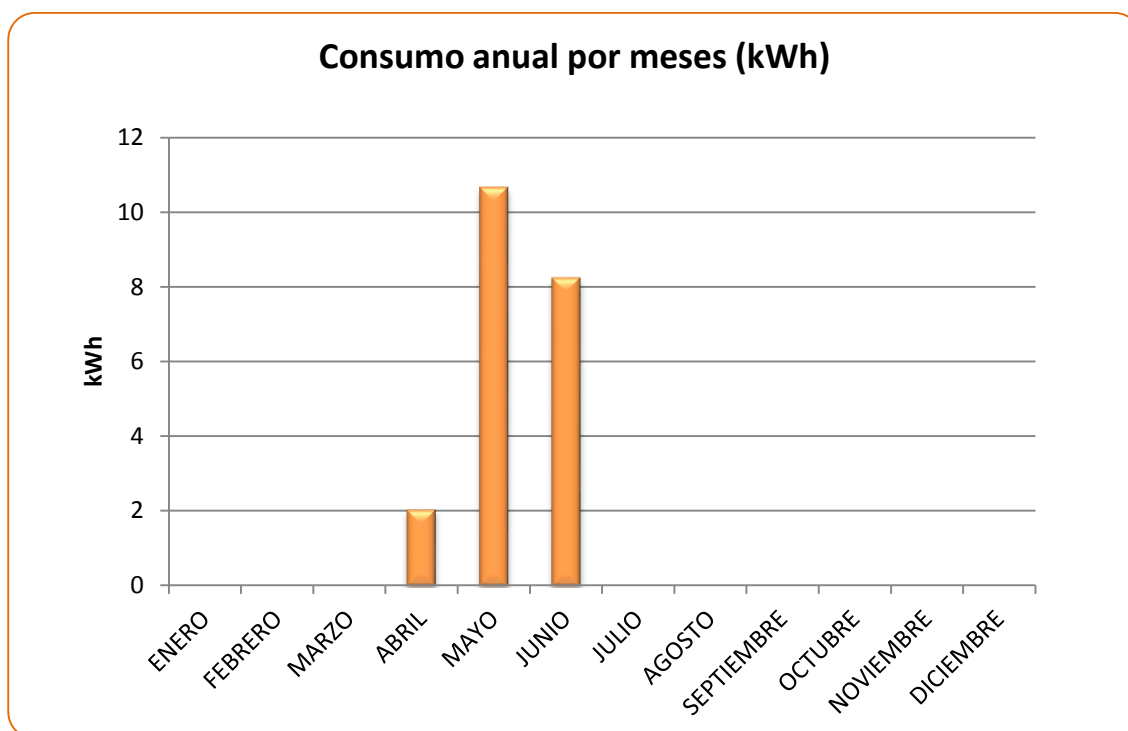


Gráfico 16 Consumo eléctrico mensual

La siguiente tabla muestra los valores globales del periodo estudiado:

| | |
|------------------------------------|--------|
| Total Consumo energía (kWh) | 21 |
| Total Facturación (€) | 201,79 |
| Media mensual de consumo (kWh/mes) | 2 |
| Media mensual de coste (€/mes) | 16,82 |
| Coste medio energía (€/kWh) | 9,609 |

Tabla 22 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

| | Electricidad | Combustible (PCI) | Total |
|-------------------|--------------|-------------------|-----------|
| Consumo (kWh/año) | 53.940 | - | 53.940 |
| Coste (€/año) | 14.214,04 | - | 14.214,04 |

Tabla 23 Consumos energéticos anuales totales

| | | |
|---|--|---------------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA C.E.I.P. SANTA TERESA | 1306 |
| | | 43 |
| | | Rev.05 |

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 Diciembre de 2013 y diciembre de 2014

| PARÁMETROS GENERALES ELÉCTRICOS | |
|--|----------|
| Nº de personas que utilizan la instalación | 570 |
| Superficie total (m²) | 3.014,28 |
| Pot. Instalada Iluminación Interior (kW) | 29,20 |
| Pot. Instalada Iluminación Exterior (kW) | 4,57 |
| Pot. Instalada Equipos Eléctricos (kW) | 114,44 |
| Pot. Eléctrica Total Instalada (kW) | 148,22 |

Tabla 24 Índices energéticos – Parámetros generales eléctricos

| ÍNDICES ELÉCTRICOS | |
|--------------------------|--------|
| kWh/año | 53.940 |
| €/kWh | 0,26 |
| kWh/m² Total | 17,89 |
| €/m² Total | 4,72 |
| kWh/persona uso | 94,63 |
| €/persona uso | 24,94 |
| Ton CO ₂ /año | 21,52 |
| Kg CO ₂ /m² | 7,14 |
| Pot. Iluminación en W/m² | 9,69 |

Tabla 25 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

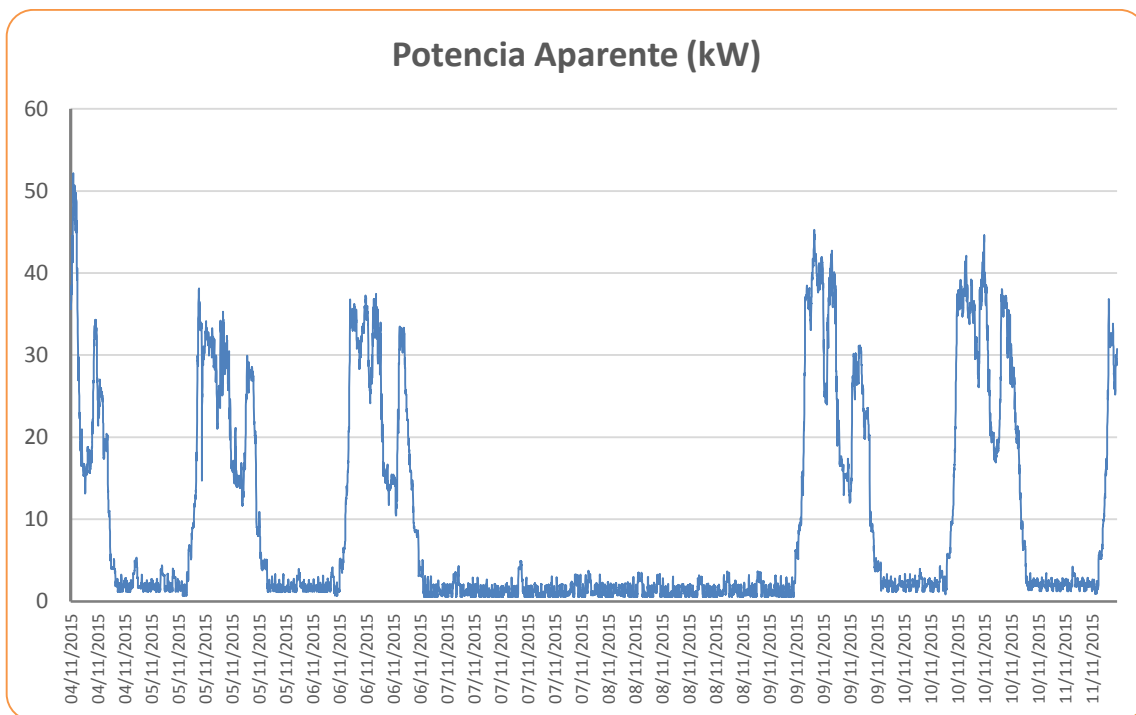


Gráfico 17 Datos de registro de potencia aparente desde el 04/11/2015 al 11/11/2015

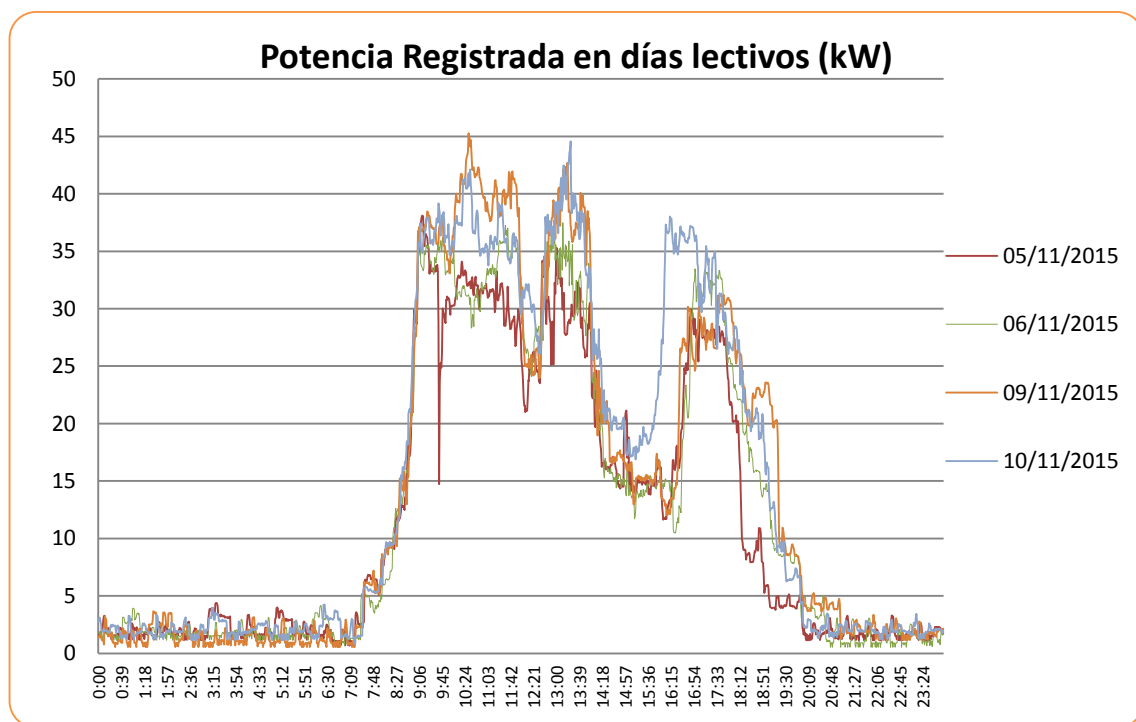


Gráfico 18 Potencia registrada en días lectivos (kW)

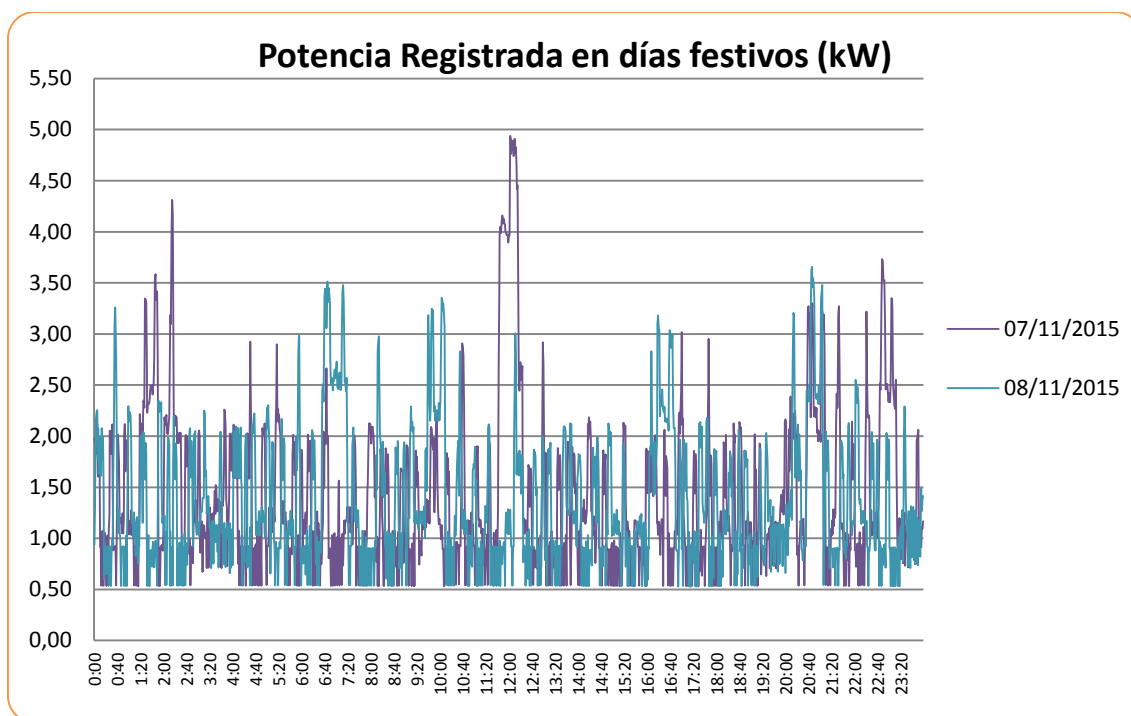


Gráfico 19 Potencia registrada en días festivos (kW)

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 0,5 kW debido a equipos que se mantienen conectados permanentemente.

Los días lectivos son muy homogéneos con una potencia máxima de 45,03 kW, en consonancia con las medidas de potencia maximétrica del último año de facturas eléctricas del primer punto de suministro como se ha comentado anteriormente, y un horario principal de uso entre 7:30 y 20:00.

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

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

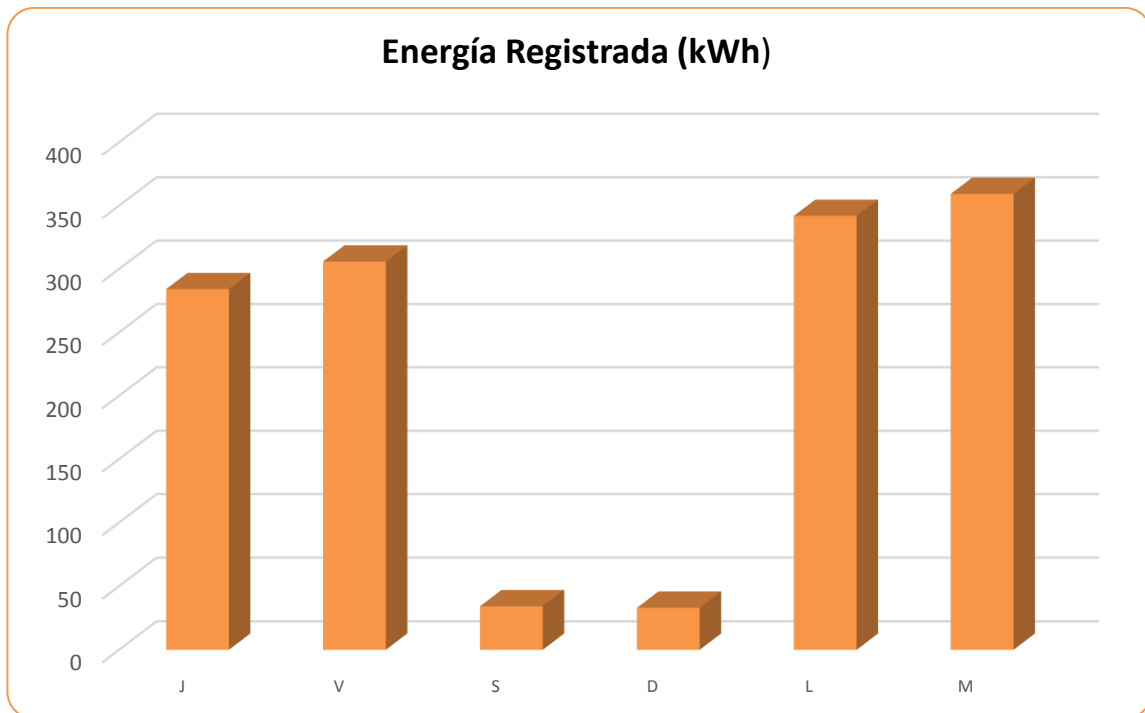


Gráfico 20 Energía consumida por cada día de la semana

El valor medio durante los días lectivos es de 6.456,42kWh y durante los días festivos de 335,52 kWh. Con estos valores obtenemos un consumo mensual de 5.490,85 kWh para el mes de abril, lo que representa un desvío respecto al valor facturado en noviembre de 2014 de un 23,70% superior; 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.

- Salón de actos

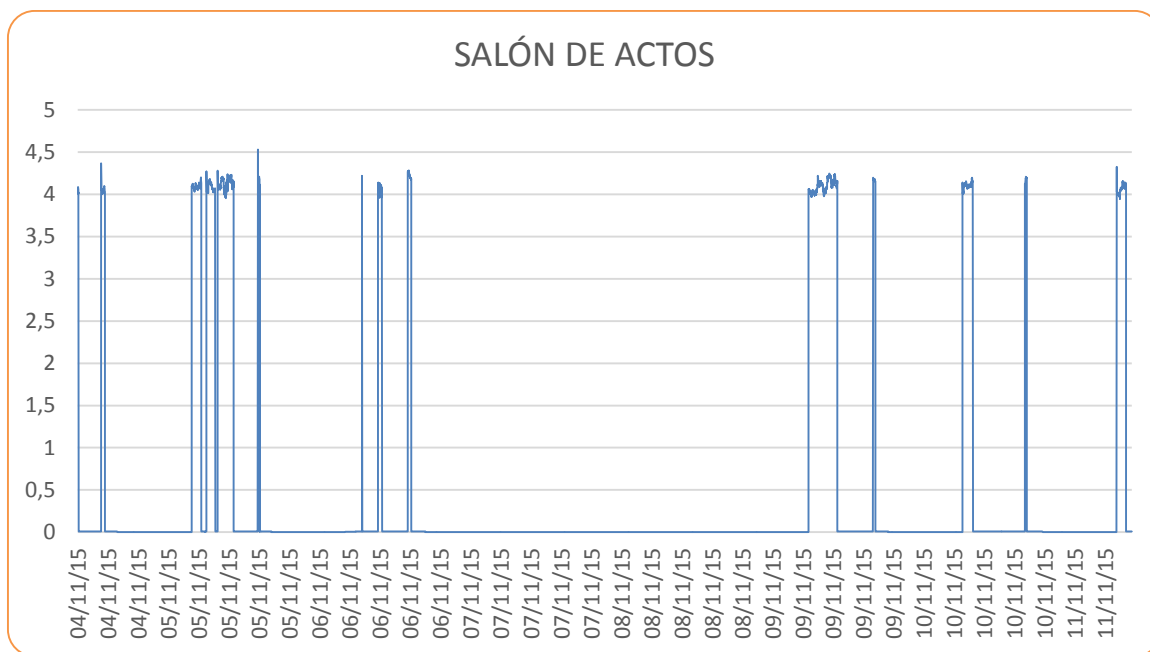


Gráfico 21 Registro de monofásico instalado en el salón de actos

- Aula específica

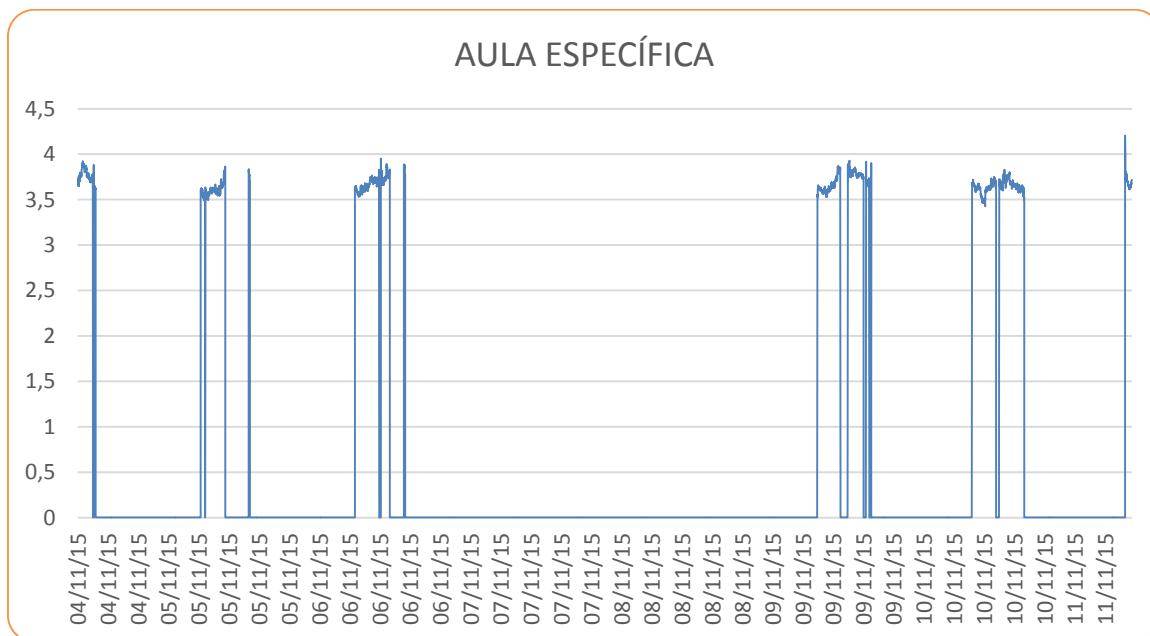


Gráfico 22 Registro de monofásico instalado en el aula específica

- **Pasillo 2**

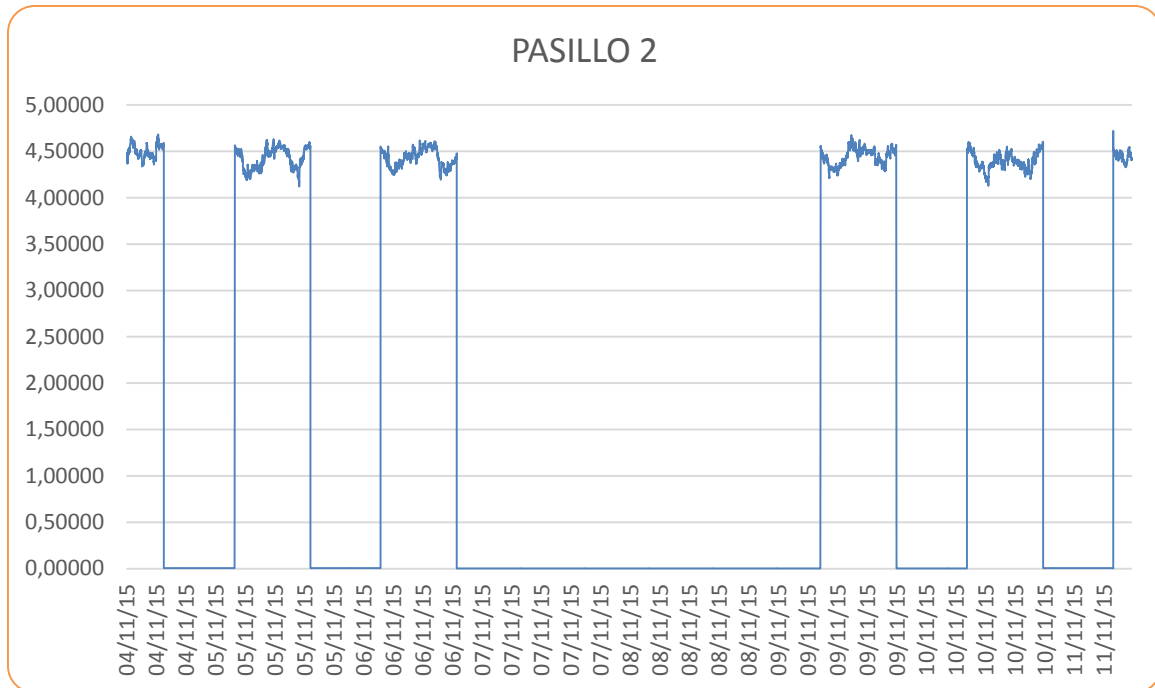


Gráfico 23 Registro de monofásico instalado en pasillo 2

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

- Salón de actos: 2,98 h
- Aula específica: 3,72 h
- Pasillo 2: 9,5 horas

| | | |
|---|--|---------------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA C.E.I.P. SANTA TERESA | 1306 |
| | | 43 |
| | | Rev.05 |

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^2) | Iluminancia Media (lux) | Valor s/ Norma (lux) | VEEI |
|------------------------|--------------|----------------|-------------------------|----------------------|-------|
| Aseo niños 1 | 144 | 15,00 | 328 | 150 | 2,93 |
| Aseo niñas 1 | 144 | 10,00 | 583 | 150 | 2,47 |
| Aseo profesores | 72 | 5,00 | 366 | 150 | 3,93 |
| Descansillo Escalera | 36 | 14,00 | 390 | 200 | 0,66 |
| Almacén Escalera | 60 | 8,00 | 75 | 100 | 10,00 |
| Servicio A.E. | 86,4 | 6,00 | 343 | 150 | 4,20 |
| Almacén deportes | 172,8 | 28,00 | 74 | 100 | 8,34 |
| Aseo niñas 2 | 72 | 16,00 | 1025 | 150 | 0,44 |
| Aseo niños 2 | 72 | 10,00 | 411 | 150 | 1,75 |
| Pasillo | 172,8 | 39,00 | 102 | 200 | 4,34 |
| Aula 34 | 691,2 | 60,00 | 451 | 300 | 2,55 |
| Aula 33 | 691,2 | 60,00 | 489 | 300 | 2,36 |
| Aula 32 | 691,2 | 60,00 | 427 | 300 | 2,70 |
| Aula 31 | 691,2 | 60,00 | 419 | 300 | 2,75 |
| Gimnasio | 172,8 | 28,00 | 236 | 300 | 2,62 |
| Almacén Escalera 2 | 21,6 | 7,00 | 62 | 100 | 4,98 |
| Descansillo Escalera 2 | 43,2 | 20,00 | 187 | 200 | 1,16 |
| Descansillo Escalera 1 | 43,2 | 22,00 | 187 | 200 | 1,05 |
| Pasillo 1 | 172,8 | 39,00 | 67 | 200 | 6,61 |
| Aula 16 P.T. | 172,8 | 19,00 | 385 | 300 | 2,36 |
| Aula 17 | 691,2 | 60,00 | 408 | 300 | 2,82 |
| Aula 18 | 691,2 | 60,00 | 458 | 300 | 2,52 |
| Aula 19 | 691,2 | 60,00 | 394 | 300 | 2,92 |
| Aula 21 | 691,2 | 60,00 | 437 | 300 | 2,64 |
| Distribuidor 1 | 86,4 | 19,50 | 314 | 200 | 1,41 |
| Aseo niños | 144 | 8,50 | 710 | 150 | 2,39 |
| Aseo niñas | 144 | 8,50 | 687 | 150 | 2,47 |
| Entrada | 432 | 42,50 | 721 | 200 | 1,41 |
| Pasillo | 172,8 | 39,00 | 257 | 200 | 1,72 |
| Salón de actos | 864 | 117,18 | 385 | 500 | 1,92 |
| Salón de actos | 200 | 117,18 | 385 | 500 | 0,44 |
| Salón de actos | 360 | 117,18 | 385 | 500 | 0,80 |
| Administración | 345,6 | 18,00 | 658 | 300 | 2,92 |
| Secretaría | 172,8 | 14,40 | 358 | 300 | 3,35 |
| Cuarto material | 172,8 | 12,00 | 327 | 100 | 4,40 |

| | | |
|---|--|---------------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA C.E.I.P. SANTA TERESA | 1306 |
| | | 43 |
| | | Rev.05 |

| Ubicación | Potencia (W) | Área (m²) | Iluminancia Media (lux) | Valor s/ Norma (lux) | VEEI |
|------------------------|--------------|-----------|-------------------------|----------------------|------|
| Aseo administración | 86,4 | 5,30 | 485 | 150 | 3,36 |
| Jefatura estudios | 288 | 30,00 | 441 | 300 | 2,18 |
| Dirección | 345,6 | 30,00 | 510 | 300 | 2,26 |
| Distribuidor 2 | 86,4 | 27,00 | 116 | 200 | 2,76 |
| Servicio cambiador | 144 | 7,00 | 210 | 150 | 9,80 |
| Aseo | 72 | 10,00 | 310 | 150 | 2,32 |
| Aseo | 72 | 10,00 | 310 | 150 | 2,32 |
| Pasillo 2 | 172,8 | 40,00 | 133 | 200 | 3,25 |
| Aula 25 Específica | 518,4 | 41,00 | 319 | 300 | 3,96 |
| Aula 24 Informática | 691,2 | 60,00 | 282 | 300 | 4,09 |
| Aula 27 Biblioteca | 691,2 | 60,00 | 273 | 300 | 4,22 |
| Comedor | 864 | 68,00 | 495 | 300 | 2,57 |
| Cocina | 144 | 21,00 | 204 | 300 | 3,36 |
| Descansillo Escalera 2 | 43,2 | 20,00 | 175 | 200 | 1,23 |
| Descansillo Escalera 1 | 43,2 | 22,00 | 316 | 200 | 0,62 |
| Pasillo 1 | 216 | 39,00 | 125 | 200 | 4,43 |
| Aula 15 EDU | 172,8 | 19,00 | 459 | 300 | 1,98 |
| Aula 13 | 691,2 | 60,00 | 438 | 300 | 2,63 |
| Aula 14 | 691,2 | 60,00 | 487 | 300 | 2,37 |
| Aula 11 | 691,2 | 60,00 | 498 | 300 | 2,31 |
| Aula 19 | 691,2 | 60,00 | 333 | 300 | 3,46 |
| Distribuidor 1 | 129,6 | 19,50 | 273 | 200 | 2,43 |
| Aseo niños 1 | 144 | 15,00 | 871 | 150 | 1,10 |
| Aseo niñas 1 | 144 | 10,00 | 926 | 150 | 1,56 |
| Pasillo | 216 | 39,00 | 219 | 200 | 2,53 |
| Aula 9 | 691,2 | 60,00 | 285 | 300 | 4,04 |
| Aula 10 | 691,2 | 60,00 | 349 | 300 | 3,30 |
| Aula 7 | 691,2 | 60,00 | 383 | 300 | 3,01 |
| Sala de profesores | 518,4 | 39,00 | 417 | 300 | 3,19 |
| Almacén | 43,2 | 4,30 | 210 | 100 | 4,78 |
| Distribuidor 2 | 86,4 | 27,00 | 278 | 200 | 1,15 |
| Aseo profesores | 216 | 5,00 | 542 | 150 | 7,97 |
| Aseo profesoras | 216 | 12,00 | 622 | 150 | 2,89 |
| Office | 43,2 | 3,30 | 242 | 300 | 5,41 |
| Aseo niñas 2 | 216 | 16,00 | 642 | 150 | 2,10 |
| Aseo niños 2 | 216 | 10,00 | 326 | 150 | 6,63 |
| Pasillo 2 | 129,6 | 40,00 | 194 | 200 | 1,67 |
| Aula 5 | 691,2 | 60 | 230 | 300 | 5,01 |
| Aula 4 | 691,2 | 60 | 498 | 300 | 2,31 |
| Aula 3 | 691,2 | 60 | 413 | 300 | 2,79 |
| Aula 2 | 691,2 | 60 | 491 | 300 | 2,35 |
| Aula 1 | 172,8 | 19,5 | 415 | 300 | 2,14 |

Tabla 26 Resumen medidas de iluminación en diferentes estancias

Se observa que los valores medidos de iluminancia son menores que los recomendados por la norma en varias zonas comunes y almacenes, el resto alcanzan el valor medio.

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 27 Condiciones interiores exigidas por el RITE

REGISTRO DE INVIERNO

Durante el periodo comprendido entre los días 04/11/2015 y 11/11/2015, se realizaron registros de temperatura y humedad en un espacio no calefactado por lo que no es representativo del centro. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Secretaría (Planta baja)

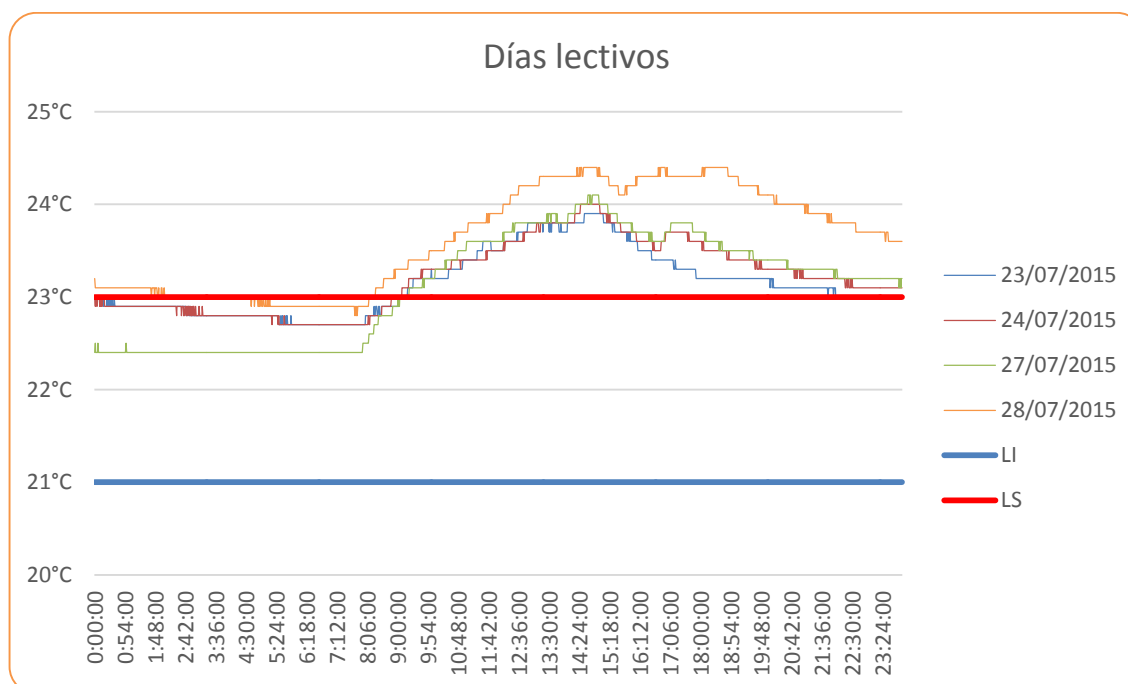


Gráfico 24 Registro de temperatura – INVIERNO – Días lectivos

Festivos y fines de semana

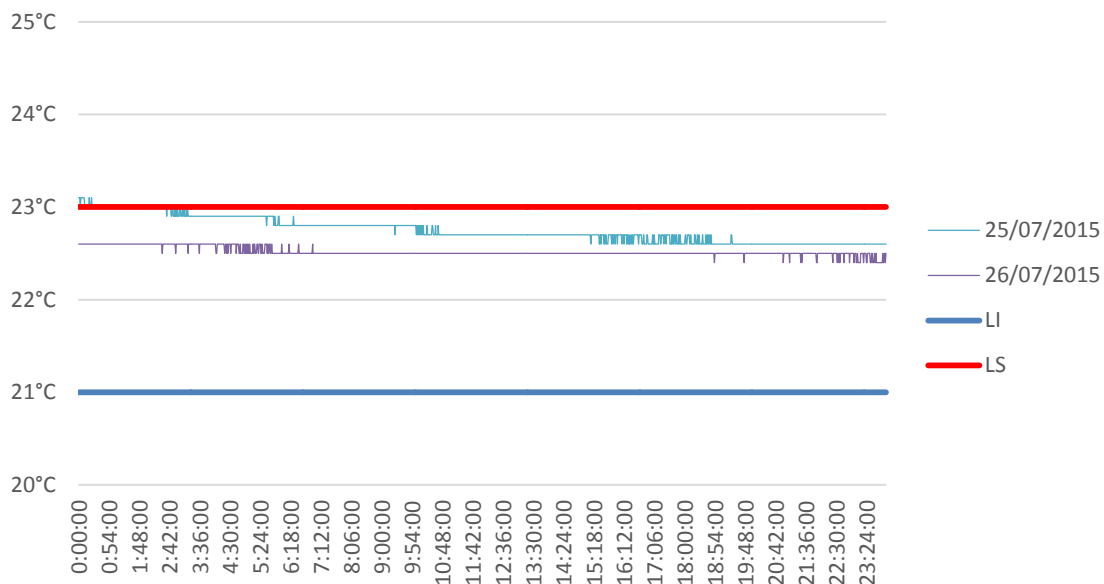


Gráfico 25 Registro de temperatura – INVERNO – Días festivos

Días lectivos

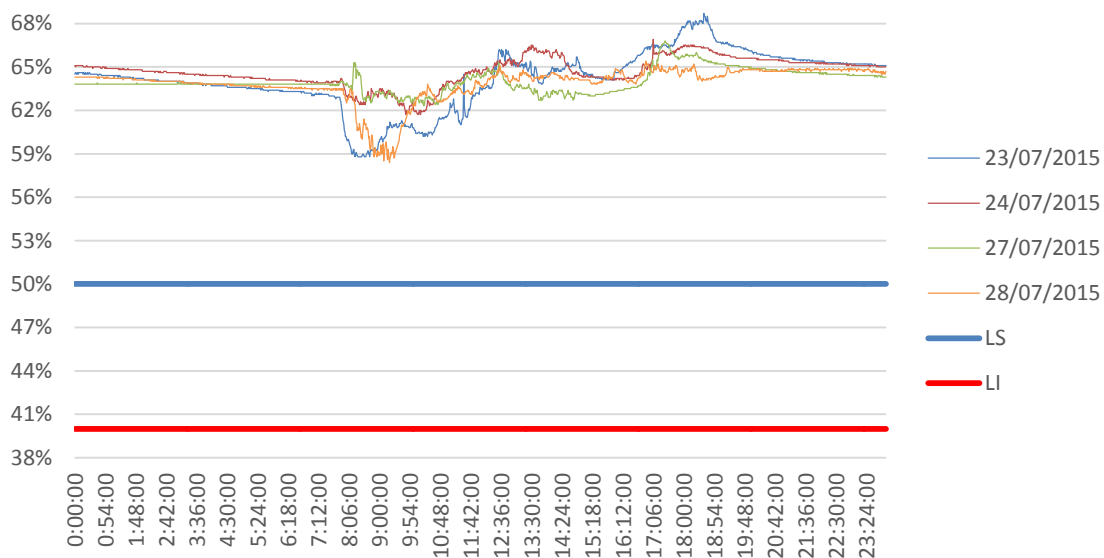


Gráfico 26 Registro de humedad relativa – INVERNO – Días lectivos



Gráfico 27 Registro de humedad relativa – INVIERNO – Días festivos

Esta estancia no se encuentra tratada mediante un sistema de climatización por lo que no es representativa del centro.

La temperatura comienza a ascender a partir de las 8:00h coincidiendo con la apertura del centro y el aumento de la carga térmica del edificio (iluminación, personas...).

Durante el periodo registrado la temperatura oscila entre los 23°C y los 24,5°C manteniéndose por encima del límite superior establecido por el RITE (23°C), aunque no es muy significativo.

La humedad se sitúa por encima del límite superior requerido por la normativa (50%) durante todo el horario de ocupación, oscilando entre el 60 y 70%.

Las principales conclusiones que se sacan son las siguientes:

- ☐ **Se aprecian aportaciones térmicas insuficientes.** En general las temperaturas se encuentran por encima de los 23°C durante los periodos de ocupación.
- ☐ Se observa como la temperatura sigue la pauta de ocupación del edificio, aumentando desde las 8:00 hasta las 14:30 y a partir de esa hora va disminuyendo.

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 de los edificios se han obtenido las siguientes calificaciones:

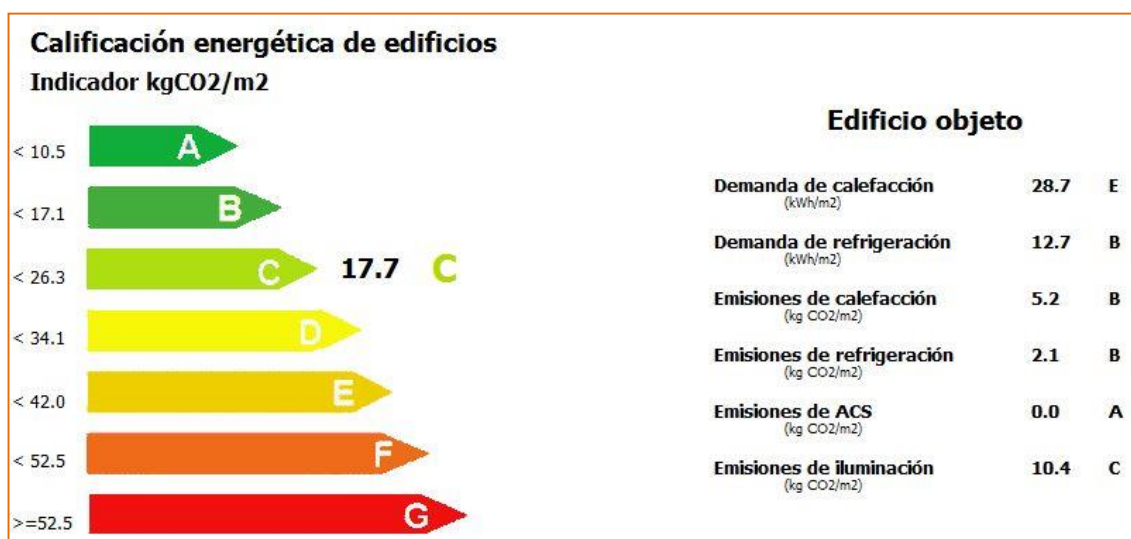


Imagen 13 Etiqueta Certificado Energético. Edificio Prefabricado

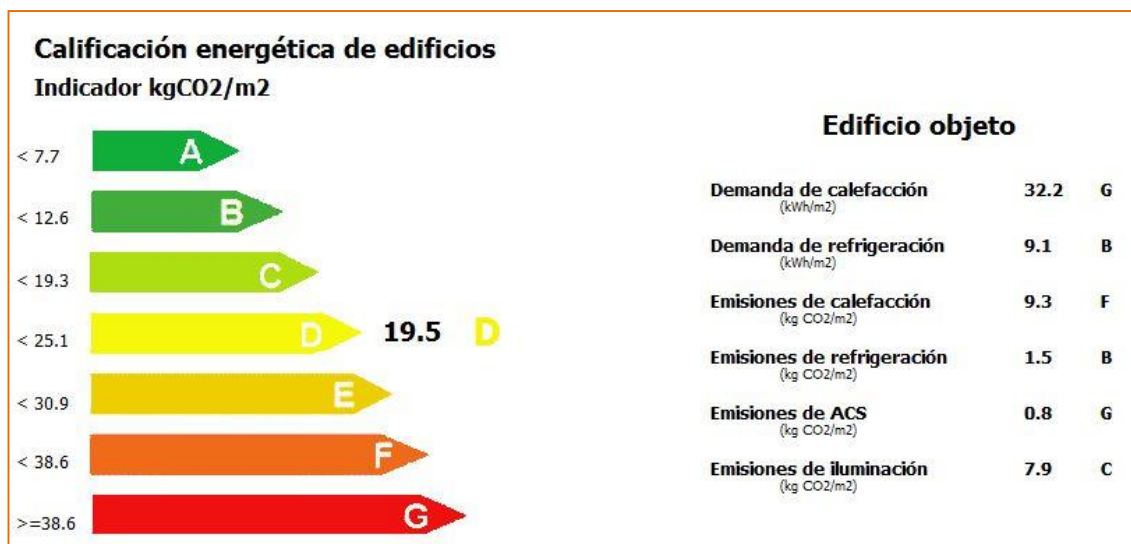


Imagen 14 Etiqueta Certificado Energético. Edificio Principal

En el anexo correspondiente se adjuntan los informes completos de las certificaciones.

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:

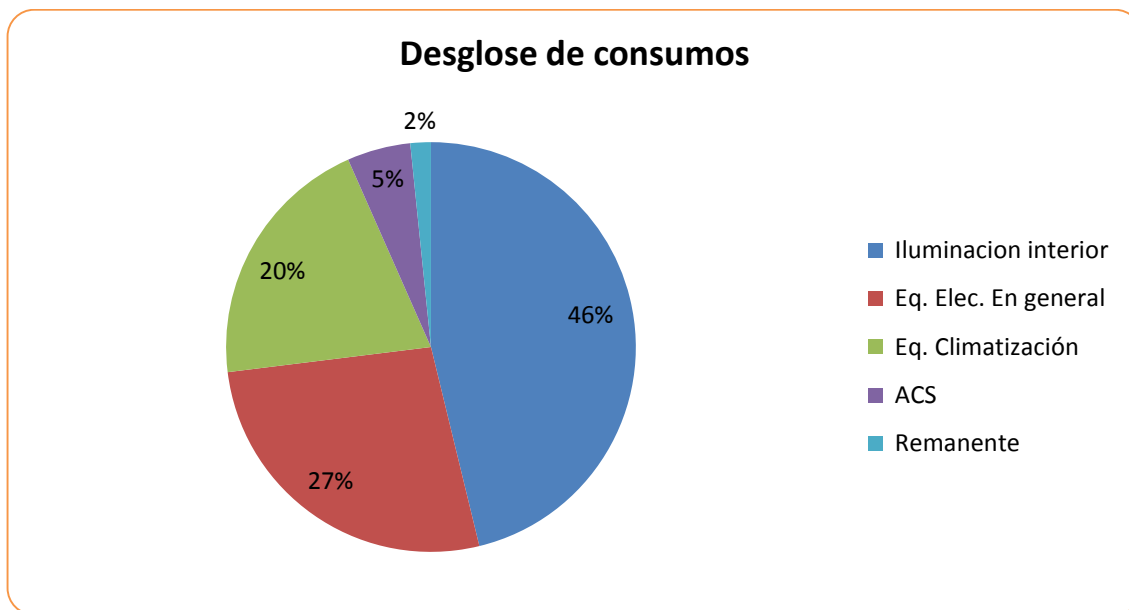


Gráfico 28 Desglose de consumos eléctricos

Los consumos más importantes son los referentes a la iluminación interior, equipos eléctricos y los equipos de climatización 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%.

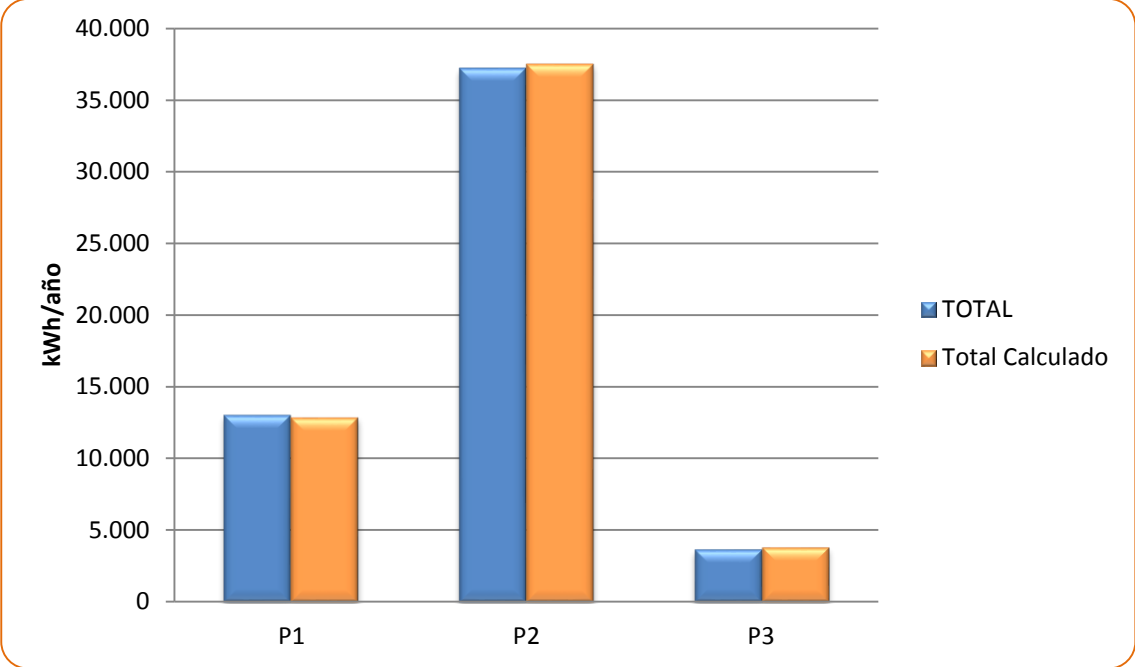


Gráfico 29 Desglose de consumos por periodo

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.

| | | |
|---|--|---------------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA C.E.I.P. SANTA TERESA | 1306 |
| | | 43 |
| | | Rev.05 |

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 15 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

| | | |
|---|--|---------------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA C.E.I.P. SANTA TERESA | 1306 |
| | | 43 |
| | | Rev.05 |

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 | 21,60% | 74,05% | 4,35% |

Los valores resultantes finales se muestran en la siguiente tabla:

| | |
|------------------------------------|----------|
| Precio de la energía (cent€/kWh) | 12,10163 |
| Precio de la potencia (€/kW y año) | 28,54 |

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 | | | |
| 13.432 | 53,55% | 24,91% | 1.625,37 € | 174,91 € | 1.800,28 € | 16.567,02 € | 9,20 | 5,36 |

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.

| | | |
|---|--|---------------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA C.E.I.P. SANTA TERESA | 1306 |
| | | 43 |
| | | Rev.05 |

5.2 Ajuste de la potencia eléctrica contratada

Descripción actuación: adecuación de la potencia contratada en cada periodo de facturación

Descripción de la mejora

Adecuación de la potencia eléctrica contratada con la compañía eléctrica a la potencia que realmente demanda la instalación para de esa forma disminuir el valor económico del término de potencia en la facturación.

Aplicación de la mejora

Se ha realizado un análisis tarifario a partir de los datos de las facturas eléctricas del último año. Se observa que la potencia demandada se encuentra en varios de los periodos facturados por debajo de la potencia contratada, por lo que se considera recomendable un ajuste de dicha potencia contratada.

Las siguientes gráficas presentan las potencias medidas por el maxímetro durante cada uno de los periodos frente a la potencia actualmente contratada, y la potencia óptima que se propone.



Gráfico 30 Potencias registradas y óptimas por periodo

Se ha realizado una simulación con los datos reales registrados por el maxímetro en el último año y diferentes valores de potencias contratadas. De esta forma se obtienen los valores que minimizan el importe en la facturación debida al término de potencia. Según dicho análisis se recomienda reducir la potencia contratada a **41 / 55 / 62,354 kW** para cada uno de los periodos.

Para tomar esta decisión es necesario estudiar si hay previsto un aumento o disminución de equipos que impliquen un cambio en la demanda actual. Cualquier modificación de potencia

instalada o del uso actual de las instalaciones invalida esta opción, que se considera idónea en las condiciones actuales.

Cálculo de ahorros

Para el cálculo del ahorro económico anual se ha tomado como precio del término de potencia fijado en el R.D. 1454/2005 del 2 de Diciembre para los contratos del Ayuntamiento de Marbella, al que se le ha añadido el 5,1127% de impuesto de electricidad.

| Tipo de tarifa | P1 (€/kW año) | P2 (€/kW año) | P3 (€/kW año) |
|----------------|---------------|---------------|---------------|
| 3.0 A | 42,81 | 25,69 | 17,12 |

La inversión de la medida puede considerarse prácticamente nula, ya que las comercializadoras eléctricas cobran una cantidad media inferior a los 20€ por la realización de las gestiones.

Ahorros económicos

| POT CONTRATADA | | | POTENCIA RECOMENDADA | | | Ahorro económico €/año |
|----------------|-------|-------|----------------------|----|--------|---------------------------|
| P1 | P2 | P3 | P1 | P2 | P3 | |
| 78,89 | 78,89 | 78,89 | 41 | 55 | 62,354 | 1.997,19 |

Compartiva Coste Término de Potencia (€/año)

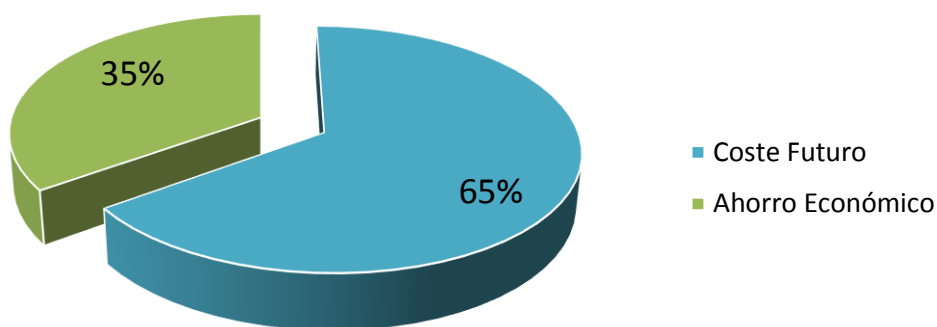


Gráfico 31 Ahorros obtenidos con el cambio de potencia

Riesgo técnico

Esta medida no presenta ningún riesgo técnico para su aplicación siempre que las condiciones de uso y de equipos instalados se mantengan.

| | | |
|---|--|---------------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA C.E.I.P. SANTA TERESA | 1306 |
| | | 43 |
| | | Rev.05 |

5.3 Instalación de batería de condensadores

Descripción actuación: instalar una batería de condensadores para conseguir compensar el consumo de energía inductiva producida por los equipos consumidores.

Descripción de la mejora

La energía reactiva está asociada a la energía inductiva generada por los campos magnéticos internos de motores, transformadores (receptores) y otros elementos. Estos absorben energía de la red durante la creación de los campos magnéticos necesarios para su funcionamiento, entregándola durante la destrucción de los mismos.

Existen algunos efectos negativos que se derivan del consumo de este tipo de energía:

- Costes económicos para el consumidor.
- Caídas de tensión.
- Pérdida de potencia.
- Sobrecargas en las redes de distribución.

Las compañías comercializadoras de energía eléctrica penalizan económicamente a sus clientes cuando se produce un exceso de consumo de ésta. Estas penalizaciones se aplican cuando el factor de potencia de la instalación es inferior a 0,95.

Ventajas de la compensación de la energía reactiva:

- Reducción en el recibo de electricidad.
- Aumento de la potencia disponible.
- Disminución de pérdidas por efecto Joule en los conductores y transformadores.
- Reducción de las caídas de tensión aguas arriba del punto de conexión del equipo de compensación.

Aplicación de la mejora

Con la instalación de la batería de condensadores se consigue que el factor de potencia de la instalación se encuentre por encima de 0,95 que es el valor mínimo exigido por la comercializadora eléctrica para no sufrir penalización económica.

A partir de los datos de las facturas eléctricas del último año se observa que existe penalización por energía reactiva, por lo que se recomienda la instalación de una batería de condensadores automática para la compensación global de la potencia reactiva en el cuadro general de la instalación.

En la siguiente tabla se muestran las características que tiene que tener la batería de condensadores necesaria para obtener un factor de potencia por encima de 0,95 y por tanto eliminar la penalización por energía reactiva existente en la facturación:

| | | |
|---|--|---------------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA C.E.I.P. SANTA TERESA | 1306 |
| | | 43 |
| | | Rev.05 |

| Penalización por reactiva | Composición | Potencia a 440V |
|---------------------------|-------------|-----------------|
| € | kVAr | kVAr |
| 134,5 | 5+10+2x20 | 55 |

Tabla 28 Características de batería de condensadores

Inversión

Al ser ésta una Auditoria en Grado de Inversión, para calcular la inversión necesaria y llevar a cabo la mejora se ha pedido presupuesto a los principales fabricantes. Con los datos anteriores se ha obtenido 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 es de 1.143,28 €.

La inversión incluye una batería de condensadores con regulación automática de la potencia calculada, interruptor y diferencial correspondiente, regulador de medida trifásico y la mano de obra correspondiente de montaje, conexionado y puesta en servicio.

Con los datos anteriores se obtienen los resultados de la siguiente tabla, donde se presentan los ahorros tanto energéticos como económicos con la implantación de la mejora, 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 | % | €/año | € ¹ | años | Ton/año |
| -- | -- | 1601,14 | 1.143,28 | 0,71 | -- |

Tabla 29 Ahorros obtenidos con la aplicación de la mejora

Riesgo en la obtención del ahorro esperado

Los principales riesgos son los debidos a la instalación de equipos de baja calidad o a un mal dimensionamiento de la potencia de la batería de condensadores.

¹ Todos los precios son sin IVA

| | | |
|---|--|---------------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA C.E.I.P. SANTA TERESA | 1306 |
| | | 43 |
| | | Rev.05 |

5.4 Sustitución de los equipos de climatización que utilizan R-22 como refrigerante

INTRODUCCIÓN

Tal y como se muestra en el apartado dedicado a la descripción de los equipos de producción de frío y calor, el centro consta de equipos de climatización que utilizan R-22 como refrigerante.

Durante más de cuarenta años, El R-22 (HCFC-22) ha sido el refrigerante de referencia para los sistemas de bomba de calor y aire acondicionado, sin embargo se ha demostrado que las emisiones a la atmosfera de este refrigerante (principalmente por fugas) contribuyen a la destrucción de la capa de ozono.

En consecuencia, las agencias medioambientales acordaron un calendario para la eliminación total del R-22, obligando a los productores de refrigerante y fabricantes de equipos de climatización a encontrar alternativas menos nocivas. El reglamento de la UE (1005/2009) que controla el uso en la UE de las sustancias que destruyen la capa de ozono, establece que a partir del 1 de enero de 2015 queda prohibida totalmente la utilización de R-22 (nuevo, reciclado o recuperado) en equipos o sistemas.

Esto significa que las unidades con este refrigerante que están actualmente el funcionamiento pueden seguir operativas, pero en caso de fallo por fugas o necesidad de otros servicios, estas unidades no se pueden reparar correctamente.

Las unidades con R-22 tienen una esperanza de vida de 10 años y la mayoría han alcanzado dos tercios de su vida útil por lo que lo más adecuado sería planificar una sustitución anticipada, en lugar de arriesgarse a un mayor coste y largos periodos de inactividad cuando la unidad antigua empiece a funcionar mal. Los fabricantes ofrecen la posibilidad de realizar una reconversión del sistema utilizando un refrigerante sustituto, sin embargo esta opción puede acarrear múltiples inconvenientes:

- Posible mal rendimiento del sistema por falta de control del recalentamiento y subenfriamiento del nuevo refrigerante.
- El aceite mineral utilizado con el R-22 puede crear una barrera térmica en el intercambiador, siendo necesario sustituirlo por otro tipo de aceite.
- Algunos sustitutos directos afectan negativamente a la capacidad y eficiencia del sistema, lo que implica mayor tiempo de funcionamiento del equipo en aplicaciones que funcionan de manera continua.
- Es usual tener que cambiar o reajustar la válvula de expansión.
- Para asegurar la fiabilidad del sistema es necesario realizar diversos ajustes y operaciones de mantenimiento.

| | | |
|---|--|---------------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA C.E.I.P. SANTA TERESA | 1306 |
| | | 43 |
| | | Rev.05 |

CRITERIOS DE DISEÑO

De forma general, para la realización de los cálculos se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones:

- Para equipos de más de 15 kW de capacidad se recomienda, como solución más rentable y menos perjudicial para el medio ambiente, invertir en una reforma completa de la instalación (circuito nuevo) diseñada específicamente para los sustitutos del R22, obteniéndose los siguientes beneficios:
 - Mayor fiabilidad de las nuevas instalaciones.
 - Mayor rendimiento, eficiencia y ahorro de energía.
 - Menores costes de mantenimiento/garantía del sistema.
 - Reducción de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂)
- En el caso de los equipos tipo split 1x1 en el rango de potencias consideradas como domésticas (<15kW), en algunos casos es posible realizar directamente la sustitución de la unidad exterior e interior tras realizar una limpieza con nitrógeno sin tener que reemplazar completamente el circuito de refrigerante, siempre y cuando coincida el diámetro de tubería y teniendo en cuenta que puede reducirse la longitud máxima de tubería entre ambas unidades.
- Las horas de funcionamiento equivalentes en modo calefacción y en modo refrigeración se han determinado mediante la aplicación de factores de carga que responden al horario de funcionamiento de los equipos, al estado actual de los mismos y a la severidad climática (grados día de calefacción HDD-15 y de refrigeración CDD-20) del municipio al que pertenece el centro. El factor de carga en este caso se sitúa en torno al 30-25%. Estas estimaciones se apoyan en las mediciones realizadas en equipos con similares condiciones de funcionamiento.
- El precio medio de la electricidad utilizado es de 0,104644238 €/kWh (calefacción) y 0,1116086 €/kWh. (refrigeración).
- El rendimiento medio estacional del equipo actualmente instalado se ha determinado partiendo del rendimiento nominal afectado por los siguiente factor reductor (este criterio se corresponde con el propuesto por el IDAE en los programas de certificación energética):
 - Factor de ponderación: Su valor se calcula en base a la tipología del equipo actualmente instalado, al horario de funcionamiento y a la zona climática a la que pertenece el centro.

| Intensidad | Fp .Calefacción | Fp .Refrigeración |
|------------|-----------------|-------------------|
| alta 8h | 0,751 | 0,860 |

Tabla 30 Factor de ponderación

- El dimensionamiento de los nuevos equipos propuestos a sustituir se ha realizado manteniendo la capacidad térmica del equipo actualmente instalado, comprobando que el ratio W/m² se adapta a las necesidades de la zona. Las características del nuevo equipo a implantar de deben adaptar a las condiciones técnicas de la instalación

| | | |
|---|--|---------------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA C.E.I.P. SANTA TERESA | 1306 |
| | | 43 |
| | | Rev.05 |

existente (por ejemplo en el caso de equipos de conductos con impulsión a rejillas lineales, difusores, toberas, multi-toberas, etc.).

- El rendimiento estacional considerado para los nuevos equipos propuestos es el recogido en la información técnica de los catálogos de las principales marcas calculado según la EN14825.
- Para el cálculo de la inversión se ha solicitado presupuesto a los principales fabricantes de equipos y a empresas instaladoras para obtener un valor promedio realista.

| | | |
|---|--|---------------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA C.E.I.P. SANTA TERESA | 1306 |
| | | 43 |
| | | Rev.05 |

RESUMEN DE PROPUESTAS – Equipos con R-22

A continuación se resumen el ahorro energético y económico, así como el periodo de amortización derivado de la sustitución de los equipos que utilizan R-22 como refrigerante instalados en el centro.

| Zona de tratamiento | Tipología de equipo | Horario | Capacidad Frigorífica (kW) | Capacidad Calorífica (kW) | horas anuales equivalentes - Refrig. | horas anuales equivalentes - Calef. | Ahorro energético (kWh) | Ahorro energético (%) | Ahorro económico (€) | Emisiones evitadas (tn CO2) | Inversión (€) | Periodo de retorno simple (años) | Actuación propuesta |
|---------------------|--|-------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------------|---------------|----------------------------------|---------------------|
| Aula 3ªA | Autónomo de expansión directa tipo BdC - Split | 09:00-14:00 | 5,00 | 5,80 | 128 | 168 | 354,13 | 59,2% | 40,40 | 0,14 | 1.889,35 | 46,76 | NO |
| Aula 3ªA | Autónomo de expansión directa tipo BdC - Split | 09:00-14:00 | 5,00 | 5,80 | 128 | 168 | 354,13 | 59,2% | 40,40 | 0,14 | 1.889,35 | 46,76 | NO |
| Aula 3ªB | Autónomo de expansión directa tipo BdC - Split | 09:00-14:00 | 5,00 | 5,80 | 128 | 168 | 354,13 | 59,2% | 40,40 | 0,14 | 1.889,35 | 46,76 | NO |
| | | | | | | | | | | | | | |

| | | |
|---|--|---------------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA C.E.I.P. SANTA TERESA | 1306 |
| | | 43 |
| | | Rev.05 |

RESUMEN DETALLADO

2xAULA 3ªA Y AULA 3ªB – Autónomo de expansión directa tipo bomba de calor – Split 1x1 - Pared

| Equipo | Capacidad de Refrigeración (kW) | Capacidad de Calefacción (kW) | EER | COP | SEER | SCOP |
|-----------|---------------------------------|-------------------------------|------|------|------|------|
| Actual | 5,00 | 4,73 | 2,16 | 2,63 | 1,86 | 1,97 |
| Propuesto | 5,00 | 5,80 | 3,29 | 3,63 | 5,63 | 4,08 |

Tabla 31 Características de los equipos a sustituir

| Capítulo | Descripción | Presup. |
|------------------------------------|--|-------------------|
| Producción | Unidad Exterior | 659,10 € |
| Tratamiento | Unidad interior | 510,25 € |
| Distribución térmica | Circuito frigorífico y conductos de distribución de aire | 178,20 € |
| Instalación eléctrica y de control | Instalación eléctrica y de control | 241,80 € |
| Mano de obra | Mano de obra, puesta en marcha y servicios auxiliares | 300,00 € |
| | TOTAL | 1.889,35 € |

Tabla 32 Resumen de inversión

| Demanda | | Consumo eléctrico | | Ahorro | | Inversión | Periodo retorno simple |
|-------------|---------------|-------------------|-----------|---------|-------|-----------|------------------------|
| Calefacción | Refrigeración | Actual | Propuesto | | | | |
| (kWh/año) | (kWh/año) | (kWh/año) | (kWh/año) | kWh/año | €/año | € | años |
| 595,59 | 551,48 | 598,06 | 243,93 | 354,13 | 40,40 | 1.889,35 | 46,76 |

Tabla 33 Ahorros energéticos y económicos

| Ahorro energético anual | | Ahorro económico | Inversión total | Retorno simple | Emisiones CO ₂ evitadas |
|-------------------------|----------------|------------------|-----------------|----------------|------------------------------------|
| kWh | % ² | €/año | € ³ | años | Ton/año |
| 354,13 | 59,2% | 40,40 | 1.889,35 | 46,76 | 0,14 |

Tabla 34 Resumen de resultados principales obtenidos

Al tratarse de una medida de ahorro energético que supera los 10-12 años de periodo de amortización, en estas condiciones no se considera incluirla como mejora propuesta.

² Sobre el consumo eléctrico anual

³ Todos los precios son sin IVA

| | | |
|---|--|---------------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA C.E.I.P. SANTA TERESA | 1306 |
| | | 43 |
| | | Rev.05 |

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.

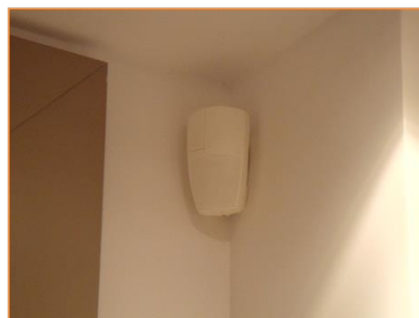


Imagen 16 Detectores de presencia

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. SANTA TERESA | 1306 |
| | | 43 |
| | | 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.

| | | |
|---|--|---------------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA C.E.I.P. SANTA TERESA | 1306 |
| | | 43 |
| | | Rev.05 |

6.2 Sustitución de los equipos de climatización que utilizan R-22 como refrigerante

Como puede comprobarse en el apartado dedicado a la descripción de los equipos de producción de frío y calor, el centro cuenta con equipos de climatización que utilizan R-22 como refrigerante.

Durante más de cuarenta años, El R-22 (HCFC-22) ha sido el refrigerante de referencia para los sistemas de bomba de calor y aire acondicionado, sin embargo se ha demostrado que las emisiones a la atmosfera de este refrigerante (principalmente por fugas) contribuyen a la destrucción de la capa de ozono.

En consecuencia, las agencias medioambientales acordaron un calendario para la eliminación total del R-22, obligando a los productores de refrigerante y fabricantes de equipos de climatización a encontrar alternativas menos nocivas. El reglamento de la UE (1005/2009) que controla el uso en la UE de las sustancias que destruyen la capa de ozono, establece que a partir del 1 de enero de 2015 queda prohibida totalmente la utilización de R-22 (nuevo, reciclado o recuperado) en equipos o sistemas.

Esto significa que las unidades con este refrigerante que están actualmente el funcionamiento pueden seguir operativas, pero en caso de fallo por fugas o necesidad de otros servicios, estas unidades no se pueden reparar correctamente.

Las unidades con R-22 tienen una esperanza de vida de 10 años y la mayoría han alcanzado dos tercios de su vida útil por lo que lo más adecuado sería planificar una sustitución anticipada, en lugar de arriesgarse a un mayor coste y largos periodos de inactividad cuando la unidad antigua empiece a funcionar mal. Los fabricantes ofrecen la posibilidad de realizar una reconversión del sistema utilizando un refrigerante sustituto, sin embargo esta opción puede acarrear múltiples inconvenientes:

- Posible mal rendimiento del sistema por falta de control del recalentamiento y subenfriamiento del nuevo refrigerante.
- El aceite mineral utilizado con el R-22 puede crear una barrera térmica en el intercambiador, siendo necesario sustituirlo por otro tipo de aceite.
- Algunos sustitutos directos afectan negativamente a la capacidad y eficiencia del sistema, lo que implica mayor tiempo de funcionamiento del equipo en aplicaciones que funcionan de manera continua.
- Es usual tener que cambiar o reajustar la válvula de expansión.
- Para asegurar la fiabilidad del sistema es necesario realizar diversos ajustes y operaciones de mantenimiento.

Por estos motivos, como solución más rentable y menos perjudicial para el medio ambiente, en esta auditoría se recomienda invertir en una reforma completa de la instalación (circuito nuevo) diseñada específicamente para los sustitutos del R22, obteniéndose los siguientes beneficios:

- Mayor fiabilidad de las nuevas instalaciones.
- Mayor rendimiento, eficiencia y ahorro de energía.
- Menores costes de mantenimiento/garantía del sistema.
- Reducción de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂).

| | | |
|---|--|---------------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA C.E.I.P. SANTA TERESA | 1306 |
| | | 43 |
| | | Rev.05 |

6.3 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.

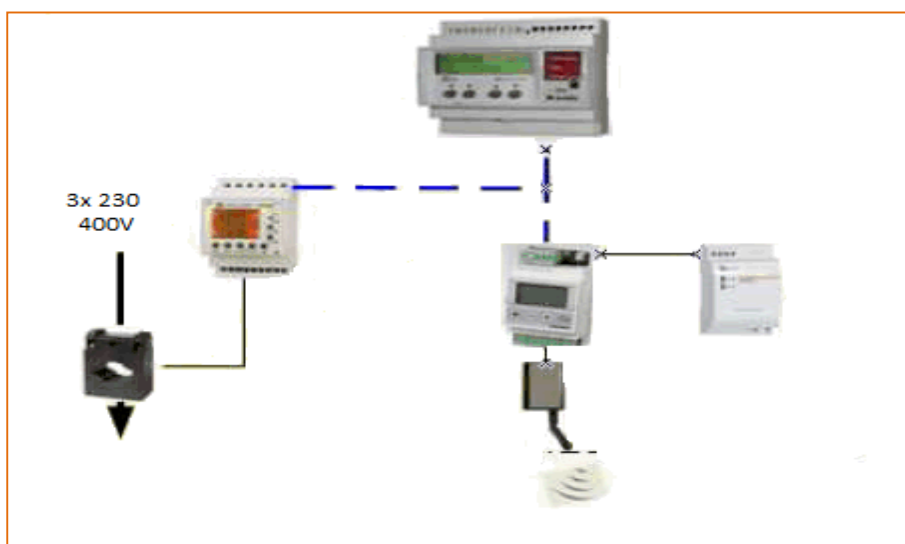


Imagen 17 Esquema de sistema de monitorización

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

| | | |
|---|--|---------------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA C.E.I.P. SANTA TERESA | 1306 |
| | | 43 |
| | | Rev.05 |

analizadores de redes que tomarán los datos de la instalación. Siempre que fuera posible, los 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. SANTA TERESA | 1306 |
| | | 43 |
| | | Rev.05 |

7. PROPUESTA DE IMPLANTACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES

7.1 Energía solar térmica

En los centros docentes 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 sistemas tipo bomba de calor de expansión directa y 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. SANTA TERESA | 1306 |
| | | 43 |
| | | 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 | % ⁴ | €/año | € ⁵ | años | Ton/año |
| Sustitución de iluminación existente por tecnología LED | 13.432 | 53,55 | 1.800,28 | 16.567,02 | 9,20 | 5,36 |
| Ajuste de potencia eléctrica contratada | - | - | 1.997,19 | - | - | - |
| Instalación de Batería de condensadores | - | - | 1.601,14 | 1.143,28 | 0,71 | - |
| TOTAL ELÉCTRICAS | 13.432 | - | 5.398,61 | 17.710,3 | 3,28 | 5,36 |

Tabla 35 Resumen de resultados de las actuaciones propuestas

En el apartado de **instalaciones térmicas**, no se incluye la sustitución de los equipos de climatización con R-22 como refrigerante, desarrollada en el apartado correspondiente, porque presenta un periodo de retorno superior a 10-12 años. Aun así se aconseja su renovación en el apartado de mejoras recomendadas.

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.
- Sustitución de los equipos de climatización que utilizan R-22 como refrigerante.
- 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.

⁴ Sobre el consumo eléctrico o térmico anual

⁵ Todos los precios son sin IVA