

# AUDITORÍA ENERGÉTICA

## CEIP MANUEL PEREZ

### INFORME DE RESULTADOS

Noviembre 2018



Cliente: Diputación de Huelva

Fecha de visita: Octubre 2018

Elaborado por:

Marta Martín Hurtado

Javier De Armentía

Carlos Hernández Leal

Consultor de Eficiencia Energética

Revisado por:

Alejandro Morell Fernández

Jefe de Proyecto (Ingeniero Certificado en  
Medición y Verificación (CMVP- EVO))

## ÍNDICE

1	RESUMEN EJECUTIVO .....	10
2	DATOS BÁSICOS DEL EDIFICIO .....	13
3	MOTIVACIÓN Y OBJETO.....	16
4	METODOLOGÍA .....	17
4.1	DESARROLLO DEL TRABAJO .....	17
4.2	CRITERIOS AMBIENTALES: NIVEL DE EMISIONES DE CO2 POR CONSUMO DE ENERGÍA .....	18
4.3	CRITERIOS ECONÓMICOS: CICLO DE VIDA DE LAS MEDIDAS CON INVERSIÓN .....	18
5	CONSUMOS ENERGÉTICOS .....	20
5.1	SUMINISTRO DE ELECTRICIDAD .....	20
5.2	SUMINISTRO DE GASÓLEO .....	22
5.3	SUMINISTRO DE PROPANO.....	23
6	DESCRIPCIÓN DE INSTALACIONES.....	24
6.1	CALEFACCIÓN .....	24
6.2	REFRIGERACIÓN.....	25
6.3	GENERACIÓN DE ACS .....	26
6.4	ILUMINACIÓN .....	27
6.5	EQUIPOS .....	29
6.6	ENVOLVENTE.....	31
7	BALANCE ENERGÉTICO.....	34
7.1	PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL BALANCE ENERGÉTICO .....	34
7.2	BALANCE ENERGÉTICO POR USOS.....	36
7.3	BALANCE ELÉCTRICO POR USOS.....	37
7.4	BALANCE DE GASÓLEO POR USOS .....	38
7.5	BALANCE DE PROPANO POR USOS.....	39
8	LÍNEA DE BASE .....	40
8.1	PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE LA LÍNEA BASE .....	40
8.1.1	SELECCIÓN DEL PERÍODO DE REFERENCIA .....	40
8.1.2	IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES QUE INFLUYEN EN EL COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO .....	40
8.1.3	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS MEDIANTE MODELOS DE REGRESIÓN .....	40
8.1.4	SELECCIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO MÁS REPRESENTATIVO.....	41
8.2	ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	42

8.3	LÍNEA DE BASE ESTABLECIDA.....	46
9	MEDIDAS DE AHORRO ESTUDIADAS .....	48
9.1	DESCRIPCIÓN DE MEDIDAS DE AHORRO RECOMENDADAS .....	49
9.1.1	CLIMATIZACIÓN .....	49
9.1.1.1	Instalación de válvulas cronotermostáticas en radiadores .....	49
9.1.2	PRODUCCIÓN DE ACS .....	50
9.1.2.1	Instalación de perlizadores y reductores volumétricos en grifos y duchas .....	50
9.1.3	ILUMINACIÓN .....	52
9.1.3.1	Sustitución de lámparas convencionales por LED .....	52
9.1.3.2	Instalación de detectores de presencia y sensores de luz natural.....	55
9.1.4	EQUIPOS .....	56
9.1.4.1	Instalación de sobre-enchufes (Plugwise).....	56
9.1.5	ENERGÍAS RENOVABLES .....	58
9.1.5.1	Solar Fotovoltaica .....	58
9.1.6	FACTURACIÓN ELÉCTRICA.....	67
9.1.6.1	Optimización de la potencia contratada .....	67
9.2	DESCRIPCIÓN DE MEDIDAS DE AHORRO NO RECOMENDADAS .....	68
9.2.1	CLIMATIZACIÓN .....	68
9.2.1.1	Sustitución de caldera actual por una de condensación de gas natural ...	68
9.2.1.2	Sustitución de bombas de calor por otras de mayor rendimiento .....	69
9.2.1.3	Aislamiento del cuerpo de la caldera .....	70
9.2.1.4	Aislamiento del cuerpo de las bombas.....	71
9.2.2	ILUMINACIÓN .....	73
9.2.2.1	Sustitución de lámparas convencionales por LED .....	73
9.2.3	EQUIPOS .....	74
9.2.3.1	Instalación de regletas eliminadoras de stand-by.....	74
10	MEDIDA DE GESTIÓN Y CONTROL ENERGÉTICO.....	76
10.1.1	TELEGESTIÓN DE LOS EQUIPOS CONSUMIDORES DE ENERGÍA.....	76
11	BUENAS PRÁCTICAS Y PROTOCOLOS DE ACTUACIÓN .....	77
11.1	REGULACIÓN DEL AIRE DE COMBUSTIÓN DE LAS CALDERAS.....	77
11.2	REGULACIÓN DE LA TEMPERATURA DE LAS ESTANCIAS.....	78
11.3	CONFIGURACIÓN CORRECTA DEL PROGRAMA ENERGY STAR .....	80
11.4	LIMPIAR LA PARTE TRASERA DE FRIGORÍFICOS Y CONGELADORES .....	81
11.5	DESCONGELAR SI SE FORMA ESCARCHA EN LOS FRIGORÍFICOS.....	82
12	CONCLUSIONES.....	83

12.1	MEDIDAS DE AHORRO ESTUDIADAS .....	83
12.2	MEDIDAS DE AHORRO RECOMENDADAS.....	88
12.3	FLUJO DE CAJA .....	90
12.4	REDUCCIÓN DE EMISIONES .....	91
12.5	PLAN DE ACTUACIÓN .....	92
13	ANEXOS .....	95
13.1	CALEFACCIÓN .....	95
13.2	REFRIGERACIÓN.....	98
13.3	GENERACIÓN DE ACS .....	100
13.4	EQUIPOS .....	101
13.5	ILUMINACIÓN .....	107
13.6	ENVOLVENTE.....	120
13.7	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS SOLAR FOTOVOLTAICA .....	123

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla resumen de medidas de ahorro recomendadas en el edificio CEIP MANUEL PEREZ.....	12
Tabla 2. Datos básicos de la instalación .....	15
Tabla 3. Indicadores calculados para el edificio .....	15
Tabla 4. Emisiones unitarias por kWh.....	18
Tabla 5. Consumos energéticos.....	20
Tabla 6. Características del suministro eléctrico .....	20
Tabla 7. Datos mensuales de consumo Electricidad .....	21
Tabla 8. Datos mensuales de consumo de Gasóleo .....	22
Tabla 9. Datos mensuales de consumo de Propano .....	23
Tabla 10. Características equipos calefacción .....	24
Tabla 11. Características equipos refrigeración .....	25
Tabla 12. Características equipos generación ACS .....	26
Tabla 13. Distribución del consumo y del número de lámparas.....	27
Tabla 14. Distribución de consumos .....	29
Tabla 15. Herramientas para el cálculo del balance energético .....	35
Tabla 16. Distribución global del consumo energético .....	36
Tabla 17. Distribución global del consumo eléctrico.....	37
Tabla 18. Distribución global del consumo de gasóleo.....	38
Tabla 19. Distribución global del consumo de propano .....	39
Tabla 20. Valores de aceptación del modelo matemático .....	42
Tabla 21. Consumo eléctrico y variables significativas para la línea base.....	43
Tabla 22. Análisis comparativo de los resultados de los modelos matemáticos para línea base.....	46
Tabla 23. Línea base de electricidad CEIP Manuel Pérez.....	47
Tabla 24. Listado de medidas estudiadas .....	48
Tabla 25. Instalación de válvulas cronotermostáticas .....	50
Tabla 26. Instalación de perlizadores en grifos .....	51
Tabla 27. Sustitución de fluorescentes por LED.....	53
Tabla 28. Sustitución de incandescentes por LED .....	54
Tabla 29. Instalación de detectores de presencia .....	56
Tabla 30. Instalación del sistema de control de apagado de equipos Plugwise.....	57
Tabla 31. Latitud y longitud .....	60
Tabla 32. Potencial solar mensual .....	60
Tabla 33. Presupuesto instalación solar fotovoltaica .....	65
Tabla 34. Resultados de la Instalación de solar fotovoltaica .....	66
Tabla 35. Características del suministro eléctrico .....	67
Tabla 36. Sustitución de la caldera actual por una de gas natural.....	68
Tabla 37. Sustitución bombas de calor actuales por bombas de calor eficientes .....	69
Tabla 38. Aislamiento del cuerpo de la caldera.....	70
Tabla 39. Aislamiento del cuerpo de las bombas .....	72
Tabla 40. Sustitución de fluorescentes compactas por LED.....	73
Tabla 41. Instalación de regletas eliminadoras del stand-by .....	75
Tabla 42. Pérdidas en los humos de la combustión del gasóleo .....	78
Tabla 43. Tabla resumen de medidas de ahorro estudiadas.....	84

Tabla 44. Ahorro energético anual de las medidas de ahorro estudiadas en el edificio.....	86
Tabla 45. Tabla resumen de medidas de ahorro recomendadas en el edificio CEIP MANUEL PEREZ.....	88
Tabla 46. Ahorro energético anual de las medidas de ahorro en el edificio CEIP MANUEL PEREZ.....	89
Tabla 47. Consumo y coste energético antes y después de la implantación de las medidas en el edificio.....	90
Tabla 48. Flujo de caja.....	90
Tabla 49. Emisiones contaminantes actualmente y tras la implantación de las medidas....	91
Tabla 50. Medidas con PRS bajo.....	92
Tabla 51. Medidas con PRS medio.....	92
Tabla 52. Medidas con PRS alto.....	94
Tabla 53. Inventario equipos centralizados calefacción .....	95
Tabla 54. Inventario equipos bombeo calefacción.....	95
Tabla 55. Inventario equipos individualizados calefacción .....	96
Tabla 56. Inventario equipos individualizados refrigeración .....	98
Tabla 57. Inventario equipos generación ACS .....	100
Tabla 58. Inventario equipos.....	101
Tabla 59. Inventario y propuestas iluminación .....	107
Tabla 60. Medidas de ahorro energético en la envolvente .....	120
Tabla 61. Características técnicas exigibles a los módulos de la instalación solar fotovoltaica .....	123

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Balance energético por usos .....	10
Gráfica 2. Evolución mensual del consumo de Electricidad .....	21
Gráfica 3. Distribución iluminación existente .....	27
Gráfica 4. Distribución del consumo de los equipos .....	29
Gráfica 5. Balance energético por usos .....	36
Gráfica 6. Balance eléctrico por usos.....	37
Gráfica 7. Balance de gasóleo por usos.....	38
Gráfica 8. Balance de propano por usos .....	39
Gráfica 9. Evolución del consumo eléctrico (2016-2018).....	44
Gráfica 10. Regresiones lineales para establecer la línea base de electricidad .....	45
Gráfica 11. Ajuste de la línea base y el consumo real.....	47
Gráfica 12. Escenarios de generación FV y aprovechamiento.....	61
Gráfica 13. Generación mensual de energía.....	62
Gráfica 14. Eficiencia de la cantidad de aire sobre el proceso de combustión .....	77
Gráfica 15. Ahorro energético anual de las medidas de ahorro estudiadas en el edificio ...	86
Gráfica 16. Flujo de caja .....	91
Gráfica 17. Ahorro de emisiones de CO <sub>2</sub> .....	92



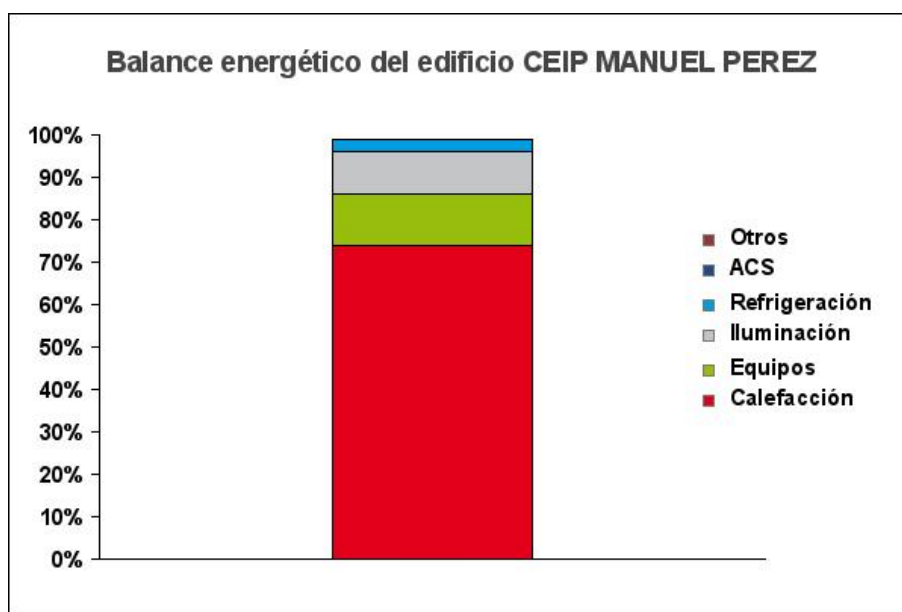
## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Plano de situación de las instalaciones.....	14
Ilustración 2. Fachada Principal de las instalaciones .....	14
Ilustración 3. Equipo centralizado de calefacción .....	24
Ilustración 4. Equipos autónomos de refrigeración.....	25
Ilustración 5. Termo eléctrico .....	26
Ilustración 6. Luminarias tipo .....	28
Ilustración 7. Equipos.....	30
Ilustración 8. Carpintería de las instalaciones .....	32
Ilustración 9. Estado actual del lucernario .....	33
Ilustración 10. Función simplificada o de una única variable .....	41
Ilustración 11. Función multivariable .....	41
Ilustración 12. Válvula cronotermostática para radiadores .....	49
Ilustración 13. Perlizadores y reductores de caudal de distintos modelos .....	51
Ilustración 14. Detector de presencia .....	55
Ilustración 15. Componentes del sistema de eliminación del modo stand-by de equipos ofimáticos .....	56
Ilustración 16. Imagen de una célula fotoeléctrica y de un panel fotovoltaico (compuesto de numerosas células).....	58
Ilustración 17. Imagen de una instalación fotovoltaica estática .....	59
Ilustración 18. Zona óptima para la ubicación de las placas fotovoltaicas .....	63
Ilustración 19. Ejemplo de estructura para placas fotovoltaicas en cubiertas inclinadas ....	64
Ilustración 20. Aislamiento tipo manta armada de lana de roca.....	70
Ilustración 21. Ejemplo ilustrativo de termografía de bombas de impulsión sin aislar.....	71
Ilustración 22. Ejemplo de aislamiento térmico en bombeo.....	72
Ilustración 23. Regleta con un maestro, cuatro esclavos y dos tomas convencionales .....	74
Ilustración 24. Ejemplo de un Sistema de Control Centralizado para climatización (Fuente: Creara) .....	76
Ilustración 25. Logotipo del programa ENERGY STAR de ahorro energético en ordenadores .....	80
Ilustración 26. Parte trasera de un frigorífico.....	81

## 1 RESUMEN EJECUTIVO

Creara a petición de la Diputación de Huelva, ha llevado a cabo una auditoría energética en detalle a las instalaciones del “CEIP MANUEL PEREZ” ubicado en la Calle Nerva, 2, 21710, Bollullos Par del Condado (Huelva).

Tras la visita y el estudio de los datos recopilados se ha determinado que el consumo energético total asciende a 136.130 kWh y se distribuye de la siguiente forma:



**Gráfica 1. Balance energético por usos**

El centro es un complejo educativo de Infantil y Primaria. Este se encuentra sectorizado en dos zonas distintas (Edificio Principal y Edificio de Infantil), distribuido tres plantas sobre rasante, además de contar con zonas de jardines, patios de recreo y canchas deportivas.

<b><u>Edificio Principal</u></b>			<b><u>Edificio Infantil</u></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planta baja: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Comedor</li> <li>- Cocina</li> <li>- Aulas</li> <li>- Sala de profesores</li> <li>- Oficinas</li> <li>- Cuartos técnicos</li> <li>- Biblioteca</li> <li>- Aseos</li> <li>- Espacios comunes</li> <li>- Almacenes</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planta primera: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aulas</li> <li>- Aseos</li> <li>- Salón de actos</li> <li>- Espacios comunes</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planta segunda: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aulas</li> <li>- Aseos</li> <li>- Espacios comunes</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planta baja: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aulas</li> <li>- Aseos</li> <li>- Espacios comunes</li> <li>- Cuarto técnicos</li> <li>- Almacenes</li> </ul> </li> </ul>

Se han detectado procesos eficientes desde el punto de vista energético, sin embargo, también se han encontrado posibilidades de mejora.

La implantación de las medidas recomendadas generaría un ahorro energético de 40.005 kWh (29,39% respecto al consumo energético total), lo cual supone un ahorro económico de 4.418 €/año con una inversión total de 33.055 €.

A continuación, se muestra una tabla con las medidas de ahorro que se proponen para su implementación.

De la totalidad de medidas estudiadas se recomienda la implementación de aquellas con un periodo de retorno inferior a 10 años<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Excepto para el caso de las energías renovables recomendadas.

**Tabla 1. Tabla resumen de medidas de ahorro recomendadas en el edificio CEIP MANUEL PEREZ**

Nº	Descripción de la mejora	Ahorro			Inversión	PRS	Emisiones	VAN	TIR	Vida útil
		kWh / año	% Total	€/ año	€	años	kg CO <sub>2</sub> / año	€	%	años
M1	Instalación de perlizadores en grifos	88	0,07	13	11	0,8	23	109	119,1	10
M2	Instalación de sobre-enchufes Plugwise	6.715	4,93	1.002	2.108	2,1	1.733	7.150	47,5	10
M3	Instalación de válvulas cronotermostáticas	19.651	14,44	1.284	8.723	6,8	5.247	3.259	8,6	10
M4	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de lámparas incandescentes por LED	37	0,03	6	44	7,1	9	12	6,9	15
M5	Instalación de detectores de presencia	1.269	0,93	197	1.820	9,2	327	28	2,3	10
M6	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de tubos fluorescentes por LED	7.702	5,66	1.207	11.528	9,5	1.987	-199	1,7	15
M7	Instalación de solar fotovoltaica	5.347	3,93	797	7.727	9,7	1.871	-1.316	-1,0	25
<b>TOTAL</b>		<b>40.005<sup>2</sup></b>	<b>29,39</b>	<b>4.418</b>	<b>31.961</b>	<b>7,2</b>	<b>10.976</b>	<b>9.043</b>	<b>7</b>	<b>-</b>

<sup>2</sup> El ahorro total no es igual a la suma del ahorro de cada media, debido a que existen efectos cruzados entre ellas

## 2 DATOS BÁSICOS DEL EDIFICIO

CEIP Manuel Pérez es un complejo educativo de Infantil y Primaria. Este se encuentra sectorizado en dos zonas distintas (Edificio Principal y Edificio de Infantil), distribuido tres plantas sobre rasante, además de contar con zonas de jardines, patios de recreo y canchas deportivas.

Las zonas están distribuidas de la siguiente forma:

<u>Edificio Principal</u>			<u>Edificio Infantil</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planta baja: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Comedor</li> <li>- Cocina</li> <li>- Aulas</li> <li>- Sala de profesores</li> <li>- Oficinas</li> <li>- Cuartos técnicos</li> <li>- Biblioteca</li> <li>- Aseos</li> <li>- Espacios comunes</li> <li>- Almacenes</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planta primera: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aulas</li> <li>- Aseos</li> <li>- Salón de actos</li> <li>- Espacios comunes</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planta segunda: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aulas</li> <li>- Aseos</li> <li>- Espacios comunes</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planta baja: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aulas</li> <li>- Aseos</li> <li>- Espacios comunes</li> <li>- Cuarto técnicos</li> <li>- Almacenes</li> </ul> </li> </ul>

Las instalaciones se encuentran ubicadas en la Calle Nerva, 2, 21710 Bollullos Par del Condado, Huelva, y cuentan con una superficie total construida de 3.152 m<sup>2</sup>, integrados en 3 niveles sobre rasante.



**Ilustración 1. Plano de situación de las instalaciones**



**Ilustración 2. Fachada Principal de las instalaciones**

De forma general, el horario del CEIP es de 7:30 a 18:00 h. La jornada se inicia a las 7:00 h con el encendido de la zona de entrada, pasillo y el aula matinal, a las 9:00 h se enciende el resto. Las aulas están en funcionamiento en horario lectivo de 9:00 a 14:00 horas, con cuatro sesiones antes del recreo (que es de 12:00 a 12:30 horas) y dos más después de este. Todas las sesiones tienen una duración de 45 minutos.

El horario de comedor es de 14:00 h a 16:00 h. Por las tardes, de lunes a jueves, se realizan actividades extraescolares y programas de refuerzo, en horario de 16:00 a 18:00 horas.

Los meses de julio y agosto el centro se encuentra cerrado. En este periodo solo se producen actividades de limpieza y mantenimiento esporádicos.

Las principales características del edificio objeto de estudio son las siguientes:

**Tabla 2. Datos básicos de la instalación**

<b>Dirección del edificio</b>	Calle Nerva, 2, 21710 Bollullos Par del Condado, Huelva
<b>Zona climática</b>	B4
<b>Nº de plantas</b>	3
<b>Superficie construida (m²)</b>	3.152
<b>Horario de funcionamiento</b>	7:00h – 18:00h
<b>Número de usuarios</b>	523
<b>Tipología edificatoria</b>	Escuela sin ducha
<b>Consumo energético anual (kWh)</b>	136.130

**Tabla 3. Indicadores calculados para el edificio**

<b>Indicador</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>
Consumo de energía de la instalación por superficie del edificio	[kWh / m²]	43,19
Emisiones CO <sub>2</sub> por superficie del edificio	[kg CO <sub>2</sub> / m²]	11,40



### 3 MOTIVACIÓN Y OBJETO

El consumo energético crece en paralelo al desarrollo económico; es por tanto primordial implantar medidas que optimicen la demanda energética. Desde una planta industrial, un pequeño comercio o un hogar, las medidas encaminadas a la eficiencia energética son múltiples, y a menudo, muy económicas.

La auditoría energética estudia de forma exhaustiva el grado de eficiencia energética de una instalación y analiza los equipos consumidores de energía, la envolvente térmica y los hábitos de consumo. De los resultados obtenidos, se recomiendan las acciones idóneas para optimizar el consumo en función de su potencial de ahorro, la facilidad de implementación y el coste de ejecución. Es decir; la auditoría energética facilita la toma de decisiones de inversión en ahorro y eficiencia energética.

La Diputación de Huelva concienciada con el ahorro y la eficiencia energética, solicita la realización de una auditoría energética en las instalaciones situadas en la Calle Nerva, 2, 21710 Bollullos Par del Condado, Huelva.

Los principales objetivos que se pretenden alcanzar con esta auditoría energética son los siguientes:

- Compilación de datos de diversa índole sobre el comportamiento energético de las instalaciones objeto de estudio.
- Evaluación del estado general de las instalaciones.
- Evaluación del aprovechamiento energético general de las instalaciones.
- Cuantificación, análisis y clasificación de los consumos energéticos.
- Identificación y cuantificación de las oportunidades de ahorro energético.
- Redacción de medidas para la reducción de los consumos energéticos.
- Cuantificación de los ahorros energéticos y económicos y propuesta de una metodología para la implementación de estas medidas.



## 4 METODOLOGÍA

La metodología utilizada para el desarrollo de esta auditoría energética cumple con los requisitos que establece el Real Decreto 56/2016 de 12 de febrero, por el que se transpone la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, en lo referente a auditorías energéticas, acreditación de proveedores de servicios y auditores energéticos y promoción de la eficiencia del suministro de energía.

Así mismo este documento también cumple con los requisitos de la UNE-EN 16247 “Auditorías Energéticas”.

### 4.1 DESARROLLO DEL TRABAJO

Fase I: Recopilación inicial de información.

- Datos de facturación de energía eléctrica y de combustibles.
- Inventario general de instalaciones.
- Superficie, distribución y número de usuarios en las instalaciones.

Fase II: Toma de datos.

- Toma de datos de las instalaciones consumidoras de energía.
- Toma de datos necesarios para la elaboración del informe de auditoría energética, con el alcance especificado.

Fase III: Análisis y evaluación del estado actual de la instalación.

- Análisis de los registros de energía realizados.
- Análisis técnico de la situación energética actual de las instalaciones.
- Elaboración de un balance energético global.
- Propuestas de mejora y potencialidad de cada mejora.

Fase IV: Elaboración de informe.

- Entrega del informe preliminar.
- Recepción de los comentarios.
- Entrega del informe definitivo.

## 4.2 CRITERIOS AMBIENTALES: NIVEL DE EMISIONES DE CO<sub>2</sub> POR CONSUMO DE ENERGÍA

El consumo energético puede tener impactos ambientales asociados con las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), por lo que cualquier reducción del consumo supondría una reducción de las emisiones contaminantes.

El empleo de fuentes de energía no renovables como gas natural, gasóleo, propano o butano, produce la emisión de gases contaminantes como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el monóxido de carbono (CO), el metano (CH<sub>4</sub>), entre otros. Así mismo, aunque la energía eléctrica no produzca emisiones en las instalaciones donde se consume, si se emiten gases contaminantes en las centrales de generación si estas no emplean fuentes renovables.

En España, gran parte de la electricidad se genera en centrales que emiten gases contaminantes (centrales térmicas de carbón, ciclos combinados, centrales de fuel / gas, etc.), si bien el porcentaje de fuentes de energía renovables es cada vez mayor (eólica, solar, etc.)

En la tabla siguiente se muestran las emisiones unitarias por kWh que se han utilizado en el presente informe.

**Tabla 4. Emisiones unitarias por kWh**

Fuente de energía	Unidades	<sup>3</sup> Emisión de CO <sub>2</sub>
Electricidad	kg CO <sub>2</sub> / kWh	0,26
Gasóleo	kg CO <sub>2</sub> / kWh	0,27
Propano	kg CO <sub>2</sub> / kWh	0,23

## 4.3 CRITERIOS ECONÓMICOS: CICLO DE VIDA DE LAS MEDIDAS CON INVERSIÓN

En cada una de las medidas de inversión, además de proporcionar parámetros económicos tales como el ahorro económico, energético, y las emisiones de CO<sub>2</sub>, se aportarán datos pormenorizados sobre el ciclo de vida de los activos de cada una de las medidas. En particular, se aportarán parámetros tales como el VAN para analizar con criterio de rentabilidad económica el análisis del coste del ciclo de vida, a fin de tener en cuenta el ahorro a largo plazo.

<sup>3</sup> Información obtenida de Red Eléctrica Española para el mix eléctrico peninsular de 2017 y en MITECO 2017 para gasóleo y propano.

A la hora de traducir los ahorros energéticos a ahorros económicos, se ha tomado únicamente el coste del término de energía con impuesto eléctrico (IEE), ya que se considera que sólo se ahorra en dicho concepto de la factura eléctrica (kWh), mientras que el término de potencia, el alquiler de equipos, etc. se seguirán pagando a pesar de la implementación de las medidas de ahorro recomendadas. Es cierto que, una vez implementadas medidas de ahorro como sustitución de lámparas actuales por tecnología LED, se puede posteriormente ajustar la potencia contratada, consiguiendo además un ahorro económico adicional en dicho concepto. De esta manera los resultados económicos presentados en este informe son conservadores.

A la hora del cálculo de la rentabilidad de las medidas de ahorro recomendadas, se han calculado diferentes indicadores, tales como el periodo de retorno simple (PRS), el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). Los criterios utilizados para el cálculo de estos indicadores son los siguientes:

- $PRS = \text{inversión total (€)} / \text{ahorro económico anual (€)}$ .
- VAN: es el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión.
  - Tasa de descuento: 2%
  - Duración proyecto: 10 años
- TIR: de una inversión es la media geométrica de los rendimientos futuros esperados de dicha inversión, es decir, es la tasa de descuento con la que el VAN es igual a cero.
  - Incremento del precio de la energía: 1%
  - Tasa de descuento: 2%
  - Duración proyecto: 10 años

## 5 CONSUMOS ENERGÉTICOS

Resumen energético de las instalaciones

La contabilidad energética, económica y en emisiones de CO<sub>2</sub> para el consumo energético evaluado en el presente informe es la siguiente:

**Tabla 5. Consumos energéticos**

Fuente energética	Consumo energético anual (kWh)	Coste energético anual (€)	Emisiones de CO <sub>2</sub> anuales (kg)
Electricidad	35.473	5.295	9.152
Gasóleo	98.257	6.420	26.235
Propano	2.400	215	552
<b>Total</b>	<b>136.130</b>	<b>11.930</b>	<b>35.939</b>

### 5.1 SUMINISTRO DE ELECTRICIDAD

El CEIP Manuel Pérez cuenta con un único suministro eléctrico y tiene una tarifa 2.1DHA con dos periodos de facturación: día y noche. El resto de las características del suministro eléctrico se puede ver en la siguiente tabla:

**Tabla 6. Características del suministro eléctrico**

CUPS	Potencia actual		
	P1 (kW)	P2 (kW)	P3 (kW)
ES0031102149169002ST0F	13,164	-	-

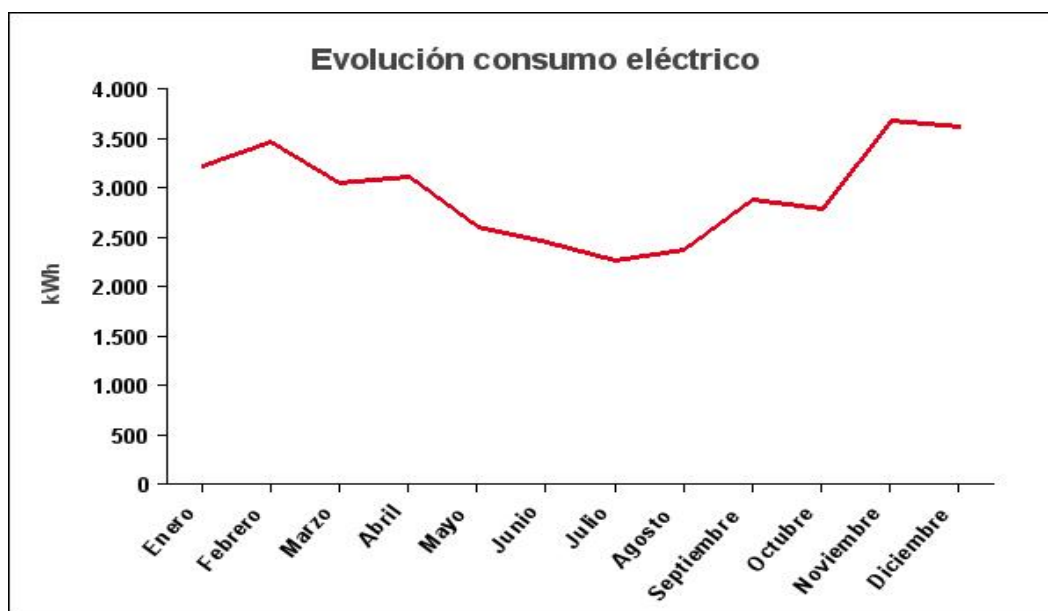
En el edificio no existen contadores instalados aparte de los de la compañía distribuidora.

Se han facilitado las facturas eléctricas del último año disponibles, desde marzo 2017 hasta febrero 2018. A continuación, se muestra una tabla con el consumo eléctrico mensual de las instalaciones "CEIP MANUEL PEREZ".

**Tabla 7. Datos mensuales de consumo Electricidad**

Mes	Consumo eléctrico (kWh)	Coste (€)
Marzo 2017	3.045	458
Abril 2017	3.114	460
Mayo 2017	2.593	377
Junio 2017	2.439	345
Julio 2017	2.268	315
Agosto 2017	2.373	334
Septiembre 2017	2.883	422
Octubre 2017	2.788	422
Noviembre 2017	3.675	569
Diciembre 2017	3.612	561
Enero 2018	3.216	498
Febrero 2018	3.467	533
<b>Total</b>	<b>35.473</b>	<b>5.295<sup>4</sup></b>

El coste promedio de la energía es de 0,15 €/kWh. A continuación, se muestra un gráfico con la evolución del consumo eléctrico mensual del edificio “CEIP MANUEL PEREZ”.


**<sup>5</sup>Gráfica 2. Evolución mensual del consumo de Electricidad**

<sup>4</sup>El coste de la electricidad incluye el coste del término de energía con impuesto eléctrico (IEE).

<sup>5</sup>Los meses de consumo se muestran en año natural

El gráfico anterior muestra un mayor consumo en los meses lectivos del centro. Se observa una disminución de consumo en los meses de vacaciones, en julio y agosto por vacaciones de verano. En los meses de invierno se ve un aumento del consumo, debido a un mayor uso del sistema de iluminación ya que hay menos horas de sol en estos meses y al apoyo eléctrico a la calefacción mediante las bombas de calor individuales.

Se puede observar que incluso en los meses de verano el consumo se mantiene por encima de los 2.000 kWh, debido entre otros a los equipos ofimáticos 24h, iluminación exterior o equipos de conservación de comida.

## 5.2 SUMINISTRO DE GASÓLEO

A la hora de redactar este informe, no se dispone de facturas de recarga de gasóleo. Por lo que, para el análisis de este punto, se ha estimado el consumo teniendo en cuenta los equipos consumidores de gasóleo y las horas de uso teóricas que nos han facilitado los responsables del centro.

A continuación, se muestra una tabla con el consumo estimado de gasóleo durante el 2017:

**Tabla 8. Datos mensuales de consumo de Gasóleo**

Mes	Consumo gasóleo (litros)	Coste (€)
<b>Total, litros</b>	<b>9.558</b>	<b>6.420</b>
<b>Total, kWh</b>	<b>98.257<sup>6</sup></b>	<b>6.420</b>

Al no disponer de facturas, ni del coste del consumo anual de gasóleo, se ha tenido que estimar el coste promedio de la energía mediante las facturas de otros centros educativos que entran dentro del mismo proyecto y de los que si se dispone de facturas. El coste promedio estimado de la energía es de 0,07 €/kWh.

<sup>6</sup> Consumo en kWh teniendo en cuenta un PCI de 10,28 kWh/l. Este valor es el que se utilizará para el análisis y los cálculos de las instalaciones.

### 5.3 SUMINISTRO DE PROPANO

A la hora de redactar este informe, no se dispone de facturas de propano. Por lo que, para el análisis de este punto, se ha estimado el consumo teniendo en cuenta los equipos consumidores de propano y las horas de uso teóricas que nos han facilitado los responsables del centro.

A continuación, se muestra una tabla con el consumo estimado de propano durante el 2017:

**Tabla 9. Datos mensuales de consumo de Propano**

Mes	Consumo (Kg)	Coste (€)
<b>Total, Kg</b>	<b>187</b>	<b>215</b>
<b>Total, kWh</b>	<b>2.400<sup>7</sup></b>	<b>215</b>

Al no disponer de facturas, ni del coste del consumo anual de propano, se ha tenido que estimar el coste promedio de la energía mediante coste medio del suministro en la zona de referencia. El coste promedio estimado de la energía es de 0,09 €/kWh.

<sup>7</sup> Consumo en kWh teniendo en cuenta un PCI de 12,86 kWh/Kg. Este valor es el que se utilizará para el análisis y los cálculos de las instalaciones.

## 6 DESCRIPCIÓN DE INSTALACIONES

### 6.1 CALEFACCIÓN

Las características de los principales equipos de generación de calor se muestran a continuación:

**Tabla 10. Características equipos calefacción**

Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia térmica (W)	Rto.	Potencia eléctrica (W) <sup>8</sup>	Refrig.
Caldera	BAXI / CPA 230-BT	1	230.000	0,95	300	-
Caldera	ROCA / Lidia 60 GT EM	1	58.100	0,95	300	-



**Caldera de gasóleo**



**Conductos de distribución**



**Radiador**

**Ilustración 3. Equipo centralizado de calefacción**

El resto de los equipos de calefacción se encuentran detallados en el inventario.

<sup>8</sup>Hace referencia a la potencia del quemador en el caso de las calderas y a la potencia absorbida en el caso de las bombas de calor.



## 6.2 REFRIGERACIÓN

Durante la visita a las instalaciones, se observó que la demanda de refrigeración no se cubre mediante ningún equipo centralizado, sino que se hace mediante equipos independientes, distribuidos por las diferentes estancias del edificio.

Las características de los principales equipos de generación de frío se muestran a continuación:

**Tabla 11. Características equipos refrigeración**

Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia térmica (W)	Rto.	Potencia eléctrica (W) <sup>9</sup>	Refrig.
Bomba de calor	Daitsu / ASD12U	17	3.516	3,14	1.120	R410A
Bomba de calor	Fuji / RY-36LA	2	10.011	2,43	4.120	R410A



Unidad interior



Unidades exteriores

**Ilustración 4. Equipos autónomos de refrigeración**

La relación de equipos, con sus características técnicas, se encuentra descrita en el inventario de instalaciones como anexo.

<sup>9</sup>Hace referencia a la potencia del quemador en el caso de las calderas y a la potencia absorbida en el caso de las bombas de calor.

### 6.3 GENERACIÓN DE ACS

Las características de los principales equipos de generación de ACS se muestran a continuación:

**Tabla 12. Características equipos generación ACS**

Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia eléctrica (W)	Capacidad (litros)
Termo eléctrico	Gesco	1	1.200	30
Termo eléctrico	Aparici / 50RI	1	2.000	50



**Ilustración 5. Termo eléctrico**

El resto de los equipos asociados a la generación de ACS se encuentran en el inventario.

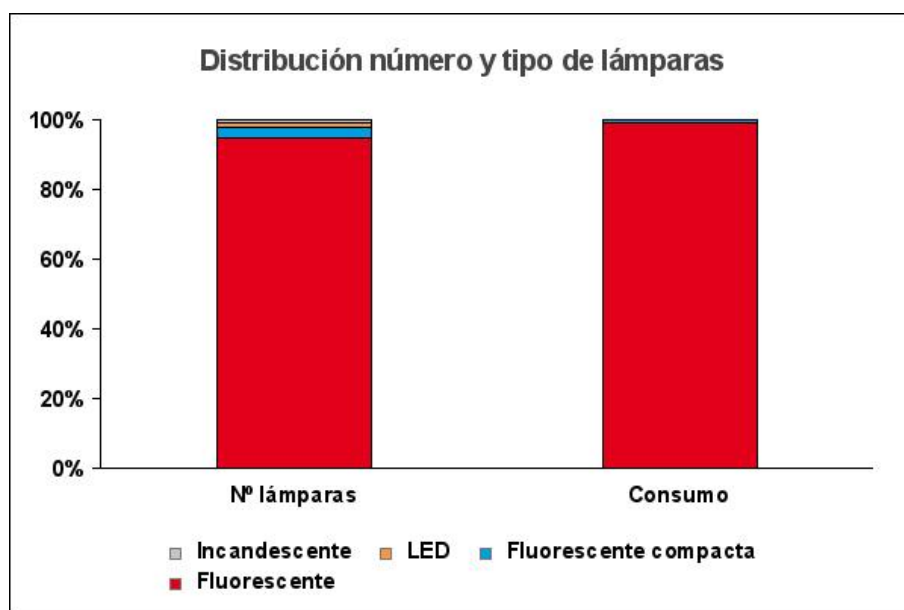
## 6.4 ILUMINACIÓN

La potencia total instalada en el edificio es de 28,28 kW. A continuación, se adjunta una tabla que determina la representatividad de las lámparas y su consumo en el edificio:

**Tabla 13. Distribución del consumo y del número de lámparas**

Tecnología	Lámparas		Consumo	
	Unidades	%	kWh	%
Fluorescente compacta	18	2,52	112	0,80
Fluorescente	684	95,93	13.851	98,67
Incandescente	4	0,56	43	0,31
LED	7	0,98	31	0,22
<b>Total</b>	<b>713</b>	<b>100%</b>	<b>14.037</b>	<b>100%</b>

La distribución de iluminación, en función de la potencia total instalada por tipo de lámpara, se muestra en la siguiente gráfica.



**Gráfica 3. Distribución iluminación existente**



Pantalla empotrada



Pantalla adosada

### **Ilustración 6. Luminarias tipo**

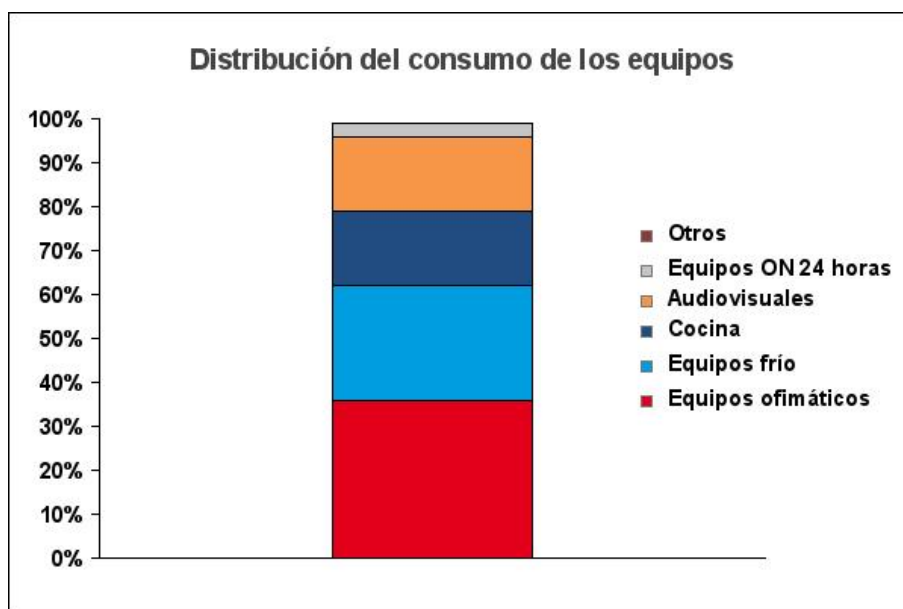
En el anexo se dispone de un inventario detallado de los equipos de iluminación por estancia.

## 6.5 EQUIPOS

A continuación, se adjunta una tabla que determina la representatividad de los equipos y su consumo en el edificio:

**Tabla 14. Distribución de consumos**

Servicio energético	Consumo (kWh)	%
Cocina	3.264	17,33
Equipos frío <sup>10</sup>	4.957	26,31
Audiovisuales	3.132	16,62
Equipos ofimáticos	6.786	36,02
Equipos ON 24 horas <sup>11</sup>	657	3,49
Otros <sup>12</sup>	44	0,23
<b>Total</b>	<b>18.839</b>	<b>100%</b>



**Gráfica 4. Distribución del consumo de los equipos**

<sup>10</sup> Dentro de este grupo se engloban aquellos equipos relacionados con la generación y conservación del frío.

<sup>11</sup> Dentro de este grupo se engloban aquellos equipos que están 24 horas disponibles.

<sup>12</sup> Dentro de este grupo se engloban todos aquellos equipos que no han podido incluirse en ninguno de los otros grupos de consumo.



Proyector



Equipos de cocina



Equipos ofimáticos

### **Ilustración 7. Equipos**

En el anexo se muestra un inventario detallado de los equipos por estancia.

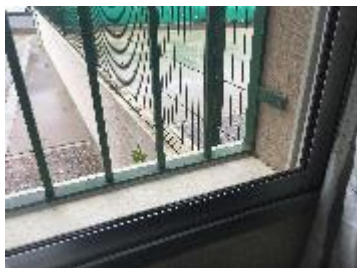
## 6.6 ENVOLVENTE

Para evaluar la envolvente del edificio, es importante conocer los elementos que la forman, estos datos son difíciles de conseguir, ya que no se suelen conocer por parte del personal de mantenimiento y no se tiene acceso al proyecto del edificio. Para realizar una evaluación de la envolvente del edificio se realiza una inspección ocular de la misma, en caso de no ser suficiente, con los datos catastrales (año de construcción del edificio, zona climática y normativa constructiva aplicable) se conocen las exigencias mínimas de la misma.

La envolvente térmica viene determinada principalmente por los cerramientos exteriores de las instalaciones. En este centro existen dos etapas edificatorias, por lo tanto, se distinguen dos sistemas constructivos diferentes. Los principales sistemas constructivos son:

- Edificación original (Edificio Principal), datado en 1983 (según catastro):
  - Muros exteriores compuestos por fábrica de ladrillo perforado + aislamiento térmico + fábrica de ladrillo hueco. Guarnecidos y enlucidos interiormente con yeso y enfoscado exteriormente con mortero de cemento y acabados con pinturas plásticas decorativas.
  - Cubiertas:
    - Cubiertas inclinadas compuestas por forjados unidireccionales de hormigón armado, sobre los que se levantan los tabiques palomeros de ladrillo hueco. Sobre estos se apoyan los rasillones cerámicos, la impermeabilización con tela asfáltica y la teja cerámica curva, sujeta a los tableros mediante mortero de agarre.
    - Lucernario de policarbonato a dos aguas sobre estructura metálica.
- Edificio infantil, datado en 2003/2005:
  - Muros exteriores compuestos por fábrica de ladrillo perforado + aislamiento térmico + fábrica de ladrillo hueco. Guarnecidos y enlucidos interiormente con yeso y enfoscado exteriormente con mortero de cemento y acabados con pinturas plásticas decorativas.
  - Cubiertas:
    - Cubiertas plana no transitable compuesta por forjado unidireccional + aislante térmico, + hormigón de pendientes + impermeabilización.

Los elementos de acristalamiento están formados por láminas de vidrio simple sobre carpintería metálica sin rotura del puente térmico.



Ventana tipo



Ventana y persianas enrollables



Lamas horizontales

### **Ilustración 8. Carpintería de las instalaciones**

Las carpinterías cuentan con persianas enrollables en el edificio principal y lamas horizontales en el edificio infantil.

La fachada principal está orientada hacia el Oeste, pero todas sus fachadas son determinantes, debido a la tipología edificatoria de las instalaciones, ya que todas sus fachadas albergan zonas habitables.

Se trata de un conjunto de edificios aislados en los que no existen otros edificios externos que arrojen sombras alrededor de sus fachadas.

Las estructuras de las instalaciones están formadas por forjados unidireccionales de viguetas y bovedillas, con vigas y pilares de hormigón armado de secciones variables.

Las fábricas exteriores, por si solas, resultan ineficientes en el aislamiento térmico de una fachada, por lo que es necesario aislar los cerramientos. Estas actuaciones favorecen la reducción de la demanda de refrigeración, por lo que son muy recomendables en zonas climáticas cálidas, priorizando las fachadas orientadas sur, este y oeste, limitando la demanda de la refrigeración. Igualmente favorecen la reducción de la demanda de calefacción, por lo que también es muy recomendable aislar la fachada norte.

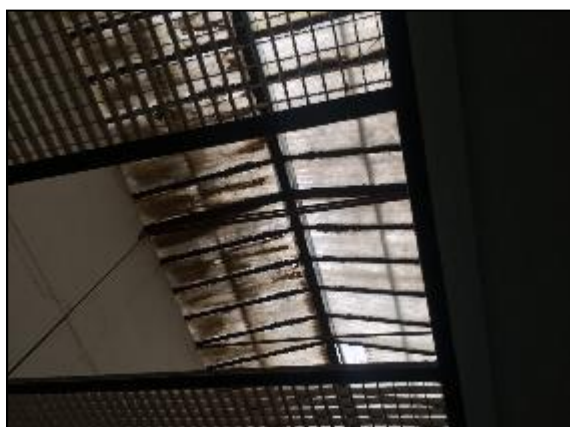
Por otro lado, las instalaciones cuentan con grandes superficies acristaladas, lo que es determinante en el balance energético del edificio. Ya que, debido a su transparencia, las ganancias y pérdidas de calor a través de estos son muy grandes. La luz solar que incide de manera directa al interior del edificio puede ocasionar unas elevadas ganancias de calor en el ambiente interior, produciendo lo que se conoce como efecto invernadero, cosa que obliga a forzar el sistema de refrigeración.

Por lo que se recomienda las siguientes actuaciones:

- Sistema de aislamiento térmico:
  - Aplicar en la fachada del edificio un revestimiento aislante protegido por un mortero, fijándose al soporte mecánicamente.
  - Un sistema con fachada ventilada, formado por un aislamiento rígido o semirrígido, generalmente lana mineral, fijado a la fachada existente, y una hoja de protección (formada por vidrios, bandejas, composite, etc.) separada del aislamiento, formando una cámara por donde circula el aire por simple convección.
  - Aplicar el aislante térmico por el interior del edificio y revestirlo con material adecuado.



- Aplicar el aislante térmico en la cámara de aire.
- Sistema de carpintería:
  - Sustituir la carpintería existente por una con doble cristal, con rotura del puente térmico y con gas noble en la cámara, generalmente argón, con un coeficiente de transmisión térmica menor que el aire.
  - Instalación de parasoles verticales compuestos por lamas orientables, en la fachada este, que situadas en direcciones SE o SO protegerán de la salida y puesta del sol en el solsticio de verano sin obstruir el soleamiento en el solsticio de invierno.
  - La orientación norte no suele necesitar de protección solar.
  - Para orientación sur se recomienda la instalación de protección solar mediante parasoles fijos horizontales, que aportan sombra sin interrumpir la visión.
  - Aislamiento de cajas de persiana mediante láminas aislantes de neopor, celulosa, EPS o similar.
  - Se recomienda un mantenimiento y limpieza periódico del lucernario del edificio principal. Ya que ahora mismo se encuentra en estado de abandono, por lo que no se permite el paso de luz a través de ella, impidiendo su función de ahorro energético en la iluminación de las zonas de paso.



**Ilustración 9. Estado actual del lucernario**

Estas acciones de mejora del aislamiento de la envolvente para reducir la demanda de las instalaciones son efectivas, pero dichas medidas son bastante costosas y poco rentables. Por este motivo no se incluyen estas acciones en la auditoría. En el anexo se muestra una tabla resumen con la descripción de las actuaciones recomendadas.

## 7 BALANCE ENERGÉTICO

### 7.1 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL BALANCE ENERGÉTICO

El balance energético global muestra la distribución de los consumos energéticos en función de las diferentes variables. En un edificio, por ejemplo, es interesante diferenciar su consumo en función de los principales usos, distribuyendo así el consumo anual en climatización, iluminación, equipos, producción de agua caliente sanitaria, etc.

El método utilizado para el cálculo del balance energético se basa en la fórmula de cálculo del consumo. El consumo sigue la siguiente fórmula:

$$\text{Consumo energético (kWh)} = \text{Potencia (kW)} \times \text{Tiempo (h)}$$

Por lo tanto, para calcular el consumo que se produce en cada área estudiada, es necesario conocer la potencia de los equipos y el tiempo de utilización, es decir las horas en las que están funcionando cada uno de los equipos consumidores de energía.

Para cada uno de los siguientes grupos de consumo es conveniente tener en cuenta:

- Iluminación: es necesario conocer la potencia de la lámpara, el tipo de equipo auxiliar y las horas de funcionamiento.
- Calefacción: la potencia de los equipos, en este caso las calderas y los equipos de aire acondicionado, así como las bombas de recirculación, etc. También es necesario conocer el factor de uso y el horario de funcionamiento.
- Refrigeración: la potencia de los equipos de aire acondicionado, así como las bombas de recirculación, etc. También es necesario conocer el factor de uso y el horario de funcionamiento.
- Equipos: para calcular el consumo de estos equipos es necesario conocer la potencia de cada uno de ellos, así como el factor de uso. Por último, se requiere conocer las horas de funcionamiento.
- Producción de agua caliente sanitaria (ACS): la potencia de las calderas, el número de usuarios y el tipo de actividad que se da en el edificio, así como las horas de funcionamiento de las calderas.

Los cálculos de las distribuciones de consumo se realizan utilizando la potencia de los equipos consumidores de energía y el horario de funcionamiento obtenido a través de varias vías, como las entrevistas con los usuarios de la instalación y con el personal de mantenimiento. El consumo obtenido se contrasta con los valores de consumo que reflejan las facturas.

Parte del consumo queda englobado dentro del apartado de “otros” que incluye aquellos elementos que, dadas sus características, no se engloban en ninguno de los grupos anteriormente mencionados, tales como iluminación de emergencia, equipos externos conectados puntualmente a la red, etc.

Esta toma de datos se resume en la siguiente tabla:

**Tabla 15. Herramientas para el cálculo del balance energético**

Áreas de consumo	Información de potencia	Información de tiempo
Iluminación	Inventario de equipos Toma de datos in situ	Entrevistas con el personal mantenimiento y mediciones de parámetros eléctricos Listado de equipos con horarios de funcionamiento Datos del sistema de control
Calefacción	Inventario de equipos Toma de datos in situ	
Refrigeración	Inventario de equipos Toma de datos in situ	
Equipos	Inventario de equipos Toma de datos in situ	
Producción de ACS	Inventario de equipos Toma de datos in situ	

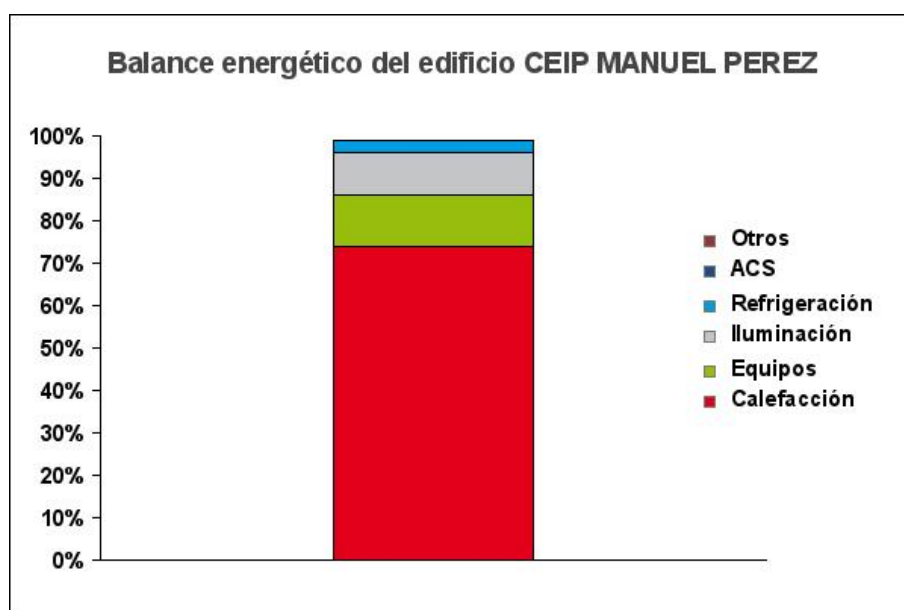
## 7.2 BALANCE ENERGÉTICO POR USOS

La siguiente tabla muestra la distribución del consumo energético anual.

**Tabla 16. Distribución global del consumo energético**

Uso energético	Consumo (kWh)	Consumo (%)
Iluminación	14.037	10,31
Calefacción	98.945	72,68
Refrigeración	3.794	2,79
ACS	439	0,32
Equipos	18.839	13,84
Otros	76	0,06
<b>Total</b>	<b>136.130</b>	<b>100%</b>

Esta distribución por usos queda reflejada en la siguiente gráfica:



**Gráfica 5. Balance energético por usos**

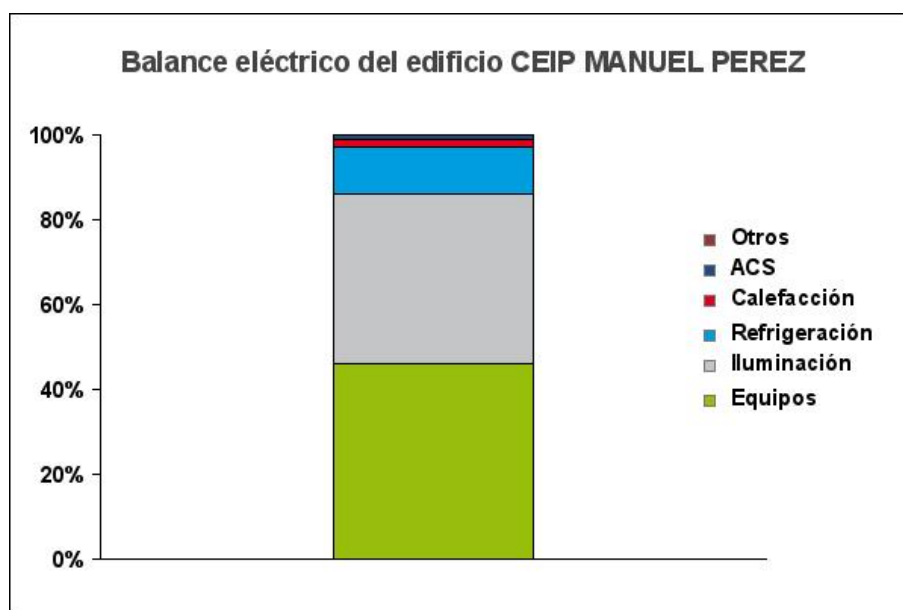
### 7.3 BALANCE ELÉCTRICO POR USOS

La siguiente tabla muestra la distribución del consumo eléctrico anual.

**Tabla 17. Distribución global del consumo eléctrico**

Uso energético	Consumo (kWh)	Consumo (%)
Iluminación	14.037	39,57
Calefacción	687	1,94
Refrigeración	3.794	10,70
ACS	439	1,24
Equipos	16.439	46,34
Otros	76	0,21
<b>Total</b>	<b>35.473</b>	<b>100%</b>

Esta distribución por usos queda reflejada en la siguiente gráfica:



**Gráfica 6. Balance eléctrico por usos**

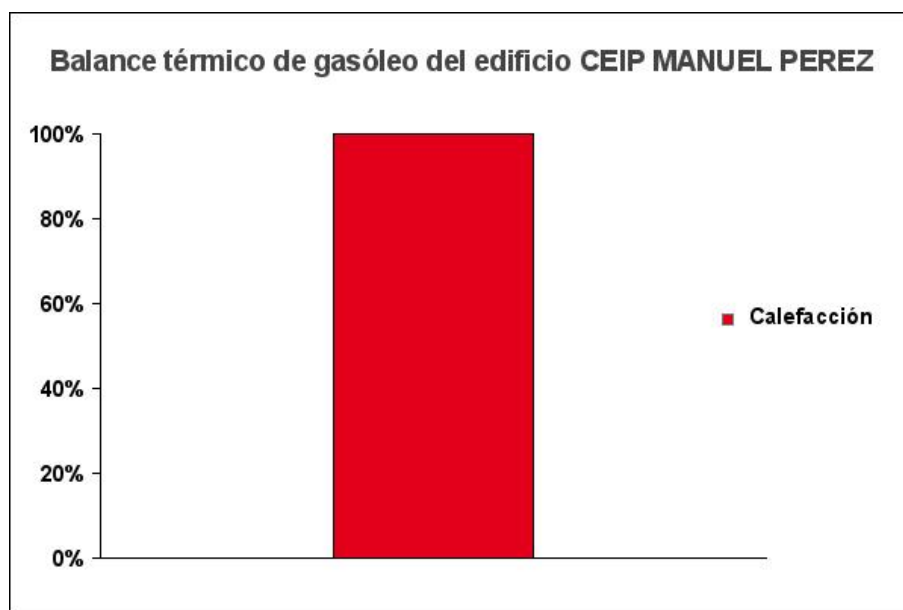
## 7.4 BALANCE DE GASÓLEO POR USOS

La siguiente tabla muestra la distribución del consumo estimado de gasóleo anual.

**Tabla 18. Distribución global del consumo de gasóleo**

Uso energético	Consumo (kWh)	Consumo (%)
Calefacción	98.257	100,00
<b>Total</b>	<b>98.257</b>	<b>100%</b>

Esta distribución por usos queda reflejada en la siguiente gráfica:



**Gráfica 7. Balance de gasóleo por usos**

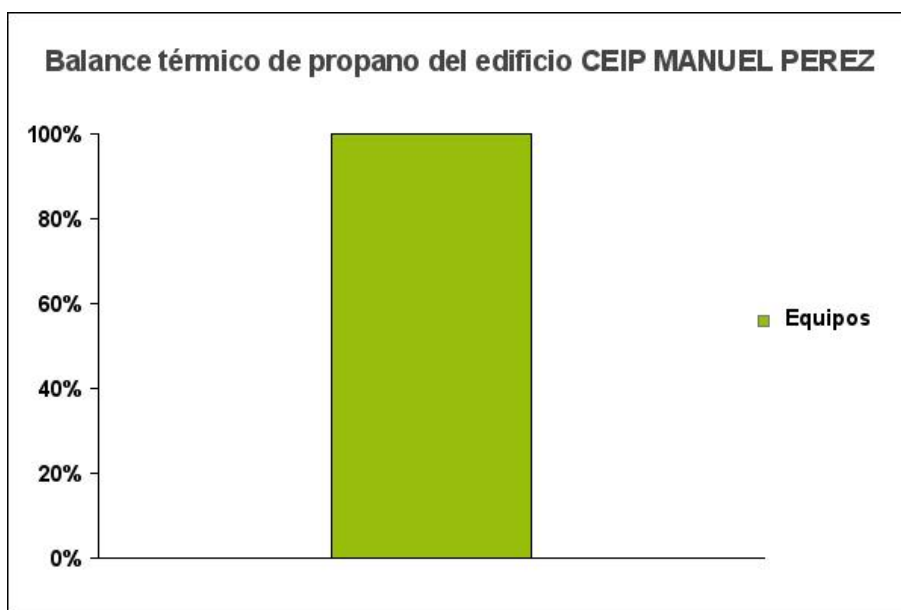
## 7.5 BALANCE DE PROPANO POR USOS

La siguiente tabla muestra la distribución del consumo estimado de propano anual.

**Tabla 19. Distribución global del consumo de propano**

Uso energético	Consumo (kWh)	Consumo (%)
Equipos	2.400	100,00
<b>Total</b>	<b>2.400</b>	<b>100%</b>

Esta distribución por usos queda reflejada en la siguiente gráfica:



**Gráfica 8. Balance de propano por usos**

## 8 LÍNEA DE BASE

De cara a establecer los ahorros que se generen mediante la implantación de las MAES, se ha desarrollado una línea base del consumo. Esta línea es una relación entre el consumo del centro y las variables de las que éste depende.

### 8.1 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE LA LÍNEA BASE

El establecimiento de las líneas de base de la energía se realiza a partir del análisis de los consumos de energía y las variables de mayor influencia sobre los mismos. Para ello, empleará la siguiente metodología:

#### 8.1.1 SELECCIÓN DEL PERÍODO DE REFERENCIA

La línea base es el consumo energético a lo largo de un periodo de referencia adecuado para las instalaciones en las que se realiza el análisis. De forma general, se tomará como período de referencia doce meses (enero a diciembre).

#### 8.1.2 IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES QUE INFLUYEN EN EL COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO

A continuación, será necesario identificar las variables que tengan mayor relación con el consumo energético. Para ello, se tendrá en cuenta los diferentes usos de la energía:

- **Climatización:** el consumo de electricidad o combustibles para climatización está relacionado con los grados-día<sup>13</sup> de calefacción y refrigeración.
- **ACS:** el consumo de electricidad o combustibles para agua caliente sanitaria está relacionado con la ocupación y los grados-día de calefacción y refrigeración.
- **Cocinas:** el consumo de electricidad o combustibles en cocinas está relacionado con el número de comidas servidas.
- **Otros:** siempre que sea posible se realizarán otros análisis específicos.

#### 8.1.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS MEDIANTE MODELOS DE REGRESIÓN

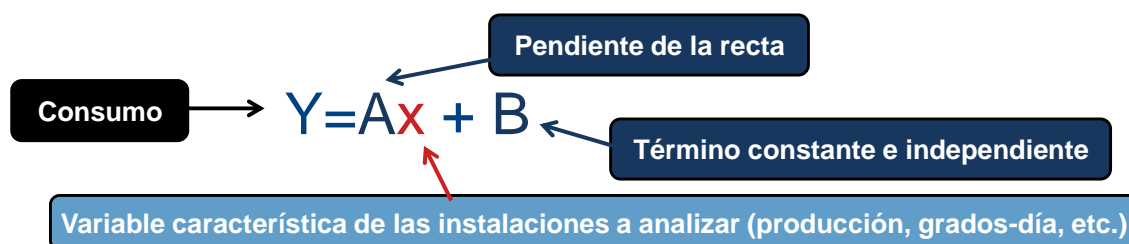
Se analizarán las variables mediante un método estadístico para determinar cuáles son aquellas de cuya variación depende más fuertemente el consumo. El modelo más empleado es la regresión lineal tanto de una variable como multivariable. Este método relaciona una variable dependiente Y (consumo de energía) con las variables independientes Xi (producción, grados días, etc.) y un término constante:

---

<sup>13</sup> Indicador del grado de rigurosidad climática de una ubicación determinada. Relaciona la temperatura exterior con una cierta temperatura para el interior de una instalación (temperatura de referencia interior). Pueden definirse para calefacción y refrigeración.

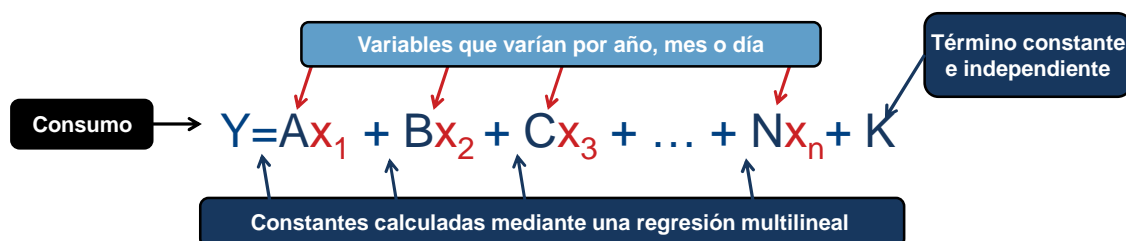


Función simplificada o de una única variable



**Ilustración 10. Función simplificada o de una única variable**

Función multivariable



**Ilustración 11. Función multivariable**

Las regresiones lineales se realizan utilizando las funciones predeterminadas de la herramienta de cálculo Excel.

Hay que tener en cuenta que, para que el análisis sea válido, los datos de consumo energético a analizar deben ser reales (provenientes de facturas y/o contadores), no estimados.

#### 8.1.4 SELECCIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO MÁS REPRESENTATIVO

Para encontrar aquella ecuación que mejor representa el desempeño energético se debe comprobar el valor del coeficiente de correlación múltiple y, en caso necesario, la bondad del ajuste del modelo matemático mediante el análisis de la desviación promedio entre el valor real del consumo y el valor estimado aplicando la ecuación.

El modelo matemático se comporta correctamente y puede seleccionarse para representar la línea de base de la energía en base a los siguientes valores:

**Tabla 20. Valores de aceptación del modelo matemático**

Parámetro	Valor aceptable
Coeficiente de correlación múltiple	> 0,75
Desviación promedio	< 10%
Valor crítico de F	< 0,05 y mejor cuanto más bajo

La desviación (o error) se emplea para comprobar la validez del modelo matemático mediante la comparación del consumo real frente al calculado al aplicar la ecuación establecida para la línea de base. Este cálculo se realiza uno a uno para todos los datos de consumo disponibles y, posteriormente, se calcula el valor promedio de todos ellos.

El valor estadístico F se emplea en análisis de varianza para realizar las pruebas de significancia conjunta de las variables. El valor crítico de F aporta información sobre la probabilidad de que el valor ocurra por azar. Para un nivel de significancia del análisis estadístico del 5%, tal y como se considera para el análisis de línea base, debe ser <0,05.

## 8.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En un centro educativo, las variables más significativas en cuanto al consumo de energía son:

- Temperatura exterior – Grados día
- Ocupación del edificio –mes laborable (en función de si es un mes lectivo o no) y número de días laborables del mes

La siguiente tabla muestra los datos de consumo y variables utilizados en el análisis:

**Tabla 21. Consumo eléctrico y variables significativas para la línea base**

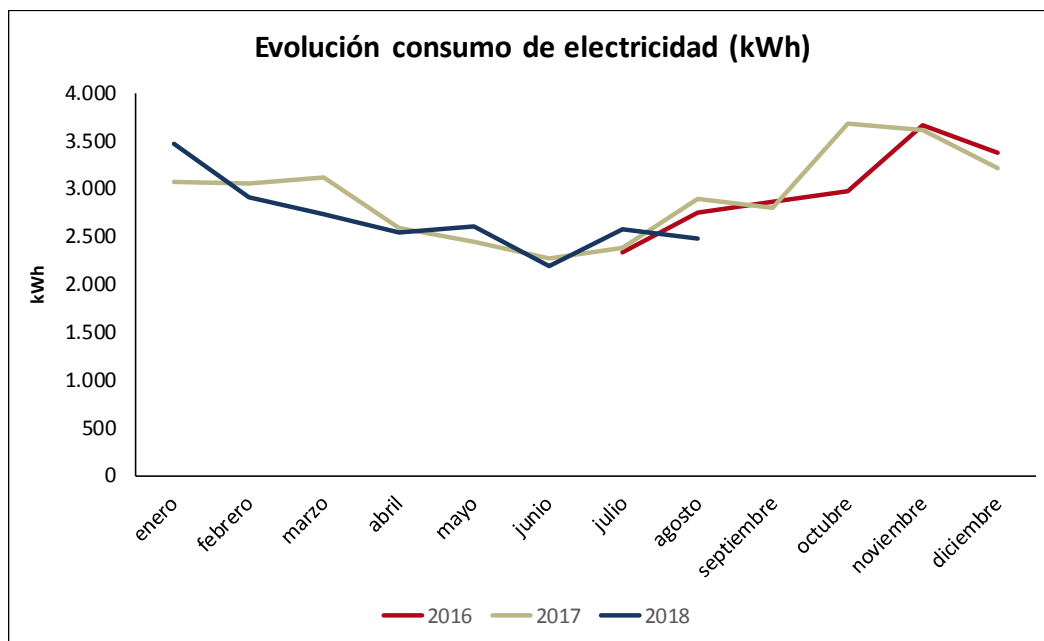
Mes	Consumo	GDR <sup>14</sup>	GDC <sup>15</sup>	Mes laborable	Días laborables	GDT <sup>16</sup>
Julio 2016	2.326	335	0	0	22	335
Agosto 2016	2.752	334	0	0	23	334
Septiembre 2016	2.862	145	1	0,5	21	146
Octubre 2016	2.973	59	24	1	20	83
Noviembre 2016	3.656	4	88	1	21	92
Diciembre 2016	3.371	0	155	1	12	155
Enero 2017	3.070	0	159	1	20	159
Febrero 2017	3.045	15	68	1	18	83
Marzo 2017	3.114	44	66	1	20	110
Abril 2017	2.593	71	9	1	19	80
Mayo 2017	2.439	200	1	1	21	201
Junio 2017	2.268	280	0	0,5	22	280
Julio 2017	2.373	313	0	0	22	313
Agosto 2017	2.883	319	0	0	23	319
Septiembre 2017	2.788	174	1	0,5	20	175
Octubre 2017	3.675	95	25	1	21	121
Noviembre 2017	3.612	13	117	1	21	130
Diciembre 2017	3.216	2	101	1	10	103
Enero 2018	3.467	1	173	1	22	175
Febrero 2018	2.898	2	89	1	18	91
Marzo 2018	2.737	8	82	1	17	91
Abril 2018	2.541	46	36	1	21	82
Mayo 2018	2.602	79	6	1	22	85
Junio 2018	2.178	214	0	0,5	21	214
Julio 2018	2.574	297	0	0	23	297
Agosto 2018	2.472	271	0	0	22	271

<sup>14</sup> Grados día de refrigeración, dependientes del calor en verano, obtenidos de la estación meteorológica de San Pablo (Sevilla).

<sup>15</sup> Grados día de calefacción, dependientes del frío en invierno, obtenidos de la estación meteorológica de San Pablo (Sevilla).

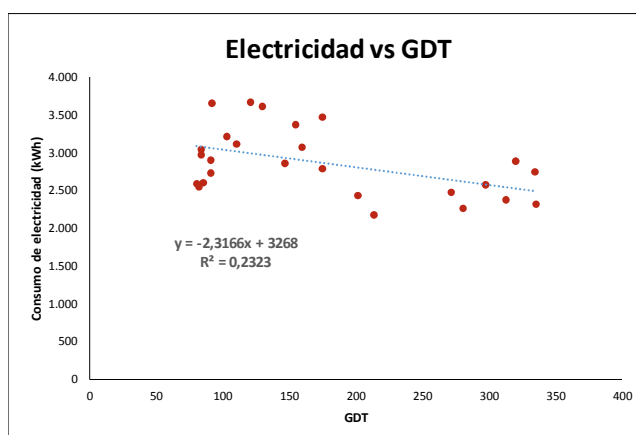
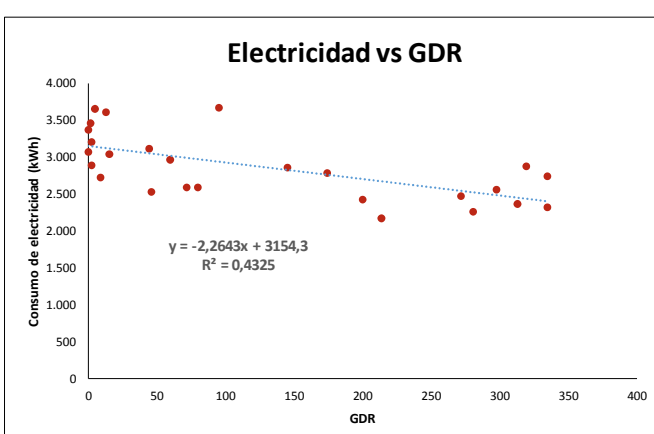
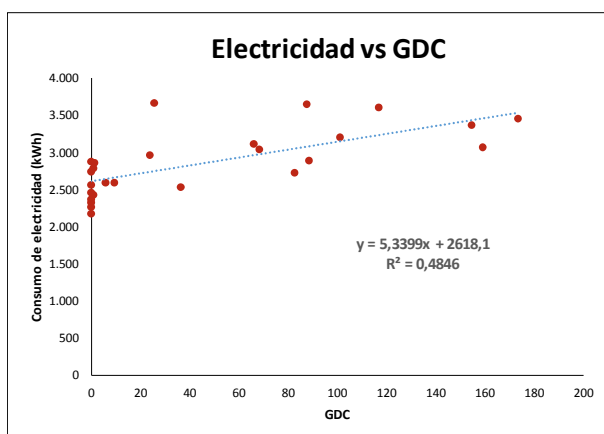
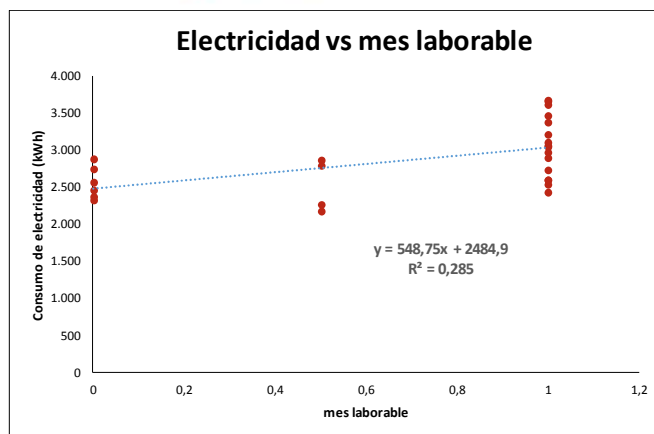
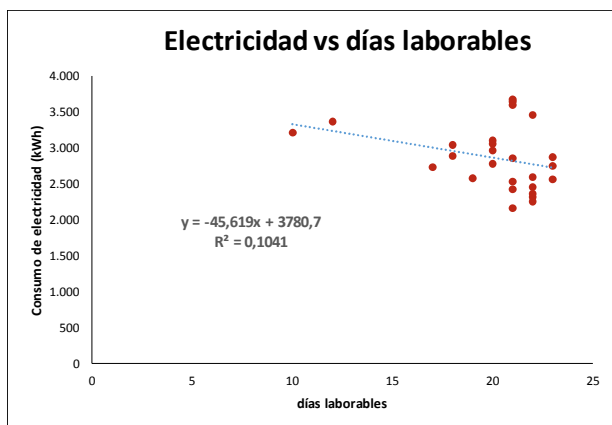
<sup>16</sup> Grados día totales, suma de los GDC y GDR.

En la siguiente gráfica se representa el histórico de los consumos desde julio de 2016. Puede observarse cómo el consumo sigue una tendencia similar durante los 3 años de estudio.



**Gráfica 9. Evolución del consumo eléctrico (2016-2018)**

Las siguientes gráficas representan el resultado del ajuste de los consumos de electricidad a una ecuación lineal en base a la variable seleccionada ( $y=abab$ ). Para que la función sea válida matemáticamente  $R^2$  debe ser  $>0,75$ .



**Gráfica 10. Regresiones lineales para establecer la línea base de electricidad**

Ninguno de los modelos matemáticos proporciona una  $R^2 > 0,75$ , por lo que se realiza también el análisis de las funciones multivariantes con las variables que mejor ajuste lineal presentan, siendo en este caso: mes laborable, GDC y GDR.

En la tabla a continuación se comparan los valores estadísticos obtenidos en los diferentes modelos matemáticos analizados:

**Tabla 22. Análisis comparativo de los resultados de los modelos matemáticos para línea base**

Ecuación	Coeficiente de correlación múltiple	Parámetro		
		R2 ajustado	Valor crítico de F	Desviación promedio (%)
Electricidad vs mes laborable	-	0,2850	-	-
Electricidad vs días laborables	-	0,1041	-	-
Electricidad vs GDC	-	0,4846	-	-
Electricidad vs GDR	-	0,4325	-	-
Electricidad vs GDT	-	0,2323	-	-
Electricidad vs mes laborable y GDC	0,7102	0,4614	0,0003	8,4
Electricidad vs mes laborable y GDR	0,6862	0,4249	0,0007	8,2

Los parámetros estadísticos de las funciones estudiadas no cumplen con los valores de aceptación definidos en el punto 8.1.4, por tanto, con los datos disponibles actualmente no es posible representar la línea de base de electricidad del centro con un modelo matemático.

### 8.3 LÍNEA DE BASE ESTABLECIDA

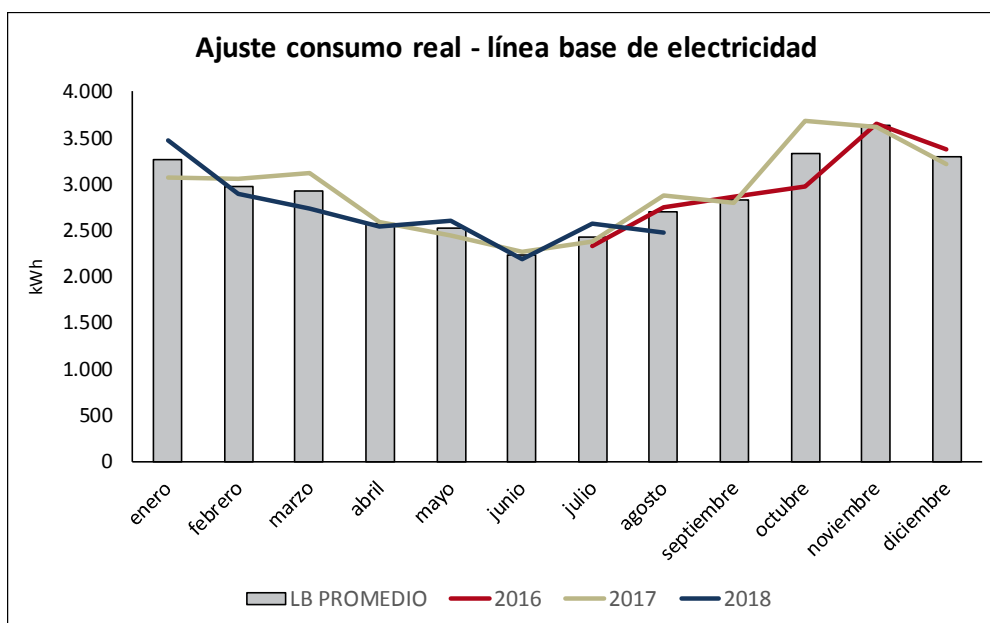
La línea de base de electricidad para el CEIP Manuel Pérez se ha definido a partir de los valores promedio de los consumos de electricidad de los 3 últimos años para cada uno de los meses, ya que no existe ningún modelo matemático que cumpla con los criterios de aceptación tal y como se ha analizado en el apartado anterior.

A continuación, se muestra una tabla con la línea base de electricidad para el edificio "CEIP Manuel Pérez":

**Tabla 23. Línea base de electricidad CEIP Manuel Pérez**

Mes	Consumo eléctrico esperado (kWh)
Enero	3.269
Febrero	2.972
Marzo	2.926
Abril	2.567
Mayo	2.521
Junio	2.223
Julio	2.424
Agosto	2.702
Septiembre	2.825
Octubre	3.324
Noviembre	3.634
Diciembre	3.294
<b>Desviación promedio<sup>17</sup> (%)</b>	<b>4,2</b>

La siguiente gráfica representa los consumos reales de electricidad de los años 2016, 2017 y 2018 frente a la línea base establecida:


**Gráfica 11. Ajuste de la línea base y el consumo real**

Puede observarse que la línea base establecida proporciona un ajuste adecuado (desviación promedio < 10%) para todos los meses, siendo el mes de octubre el que presenta una mayor desviación (10%).

<sup>17</sup> Promedio de la diferencia entre el consumo real frente al consumo esperado según la línea base establecida.

## 9 MEDIDAS DE AHORRO ESTUDIADAS

Las medidas de ahorro estudiadas son todas aquellas que, dadas las características de las instalaciones son susceptibles de llevarse a cabo desde el punto de vista técnico, sin entrar a valorar la rentabilidad a lo largo de su ciclo de vida. Estas medidas se clasificarán en dos grupos atendiendo a diferentes criterios.

A continuación, se presenta un listado de todas las medidas estudiadas, independientemente de los resultados que arrojen.

**Tabla 24. Listado de medidas estudiadas**

Descripción de la mejora	Ahorro (kWh / año)
Instalación de perlizadores en grifos	88
Instalación de regletas eliminadoras de stand-by	1.813
Instalación de sobre-enchufes Plugwise	6.715
Instalación de válvulas cronotermostáticas	19.651
Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de lámparas incandescentes por LED	37
Instalación de detectores de presencia	1.269
Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de tubos fluorescentes por LED	7.702
Instalación de solar fotovoltaica	5.347
Aislamiento del cuerpo de las bombas de calefacción y ACS	600
Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de lámparas de bajo consumo por LED	66
Sustitución de caldera actual por una de condensación de gas natural	9.997
Aislamiento del cuerpo de la caldera	312
Sustitución de bombas de calor por otras de mayor rendimiento	1.048
Optimización de la potencia contratada	-

Entre las **medidas de ahorro recomendadas** se incluyen aquellas que, habiéndose estudiado, su implantación se considera interesante desde alguno de los siguientes puntos de vista: ahorro económico, ahorro energético, rentabilidad, cumplimiento normativa, etc.

En el siguiente punto del informe, se describe en qué consiste cada una de las medidas y, se analizan los resultados obtenidos y se realiza una comparación con el conjunto de medidas recomendadas.

Las **medidas de ahorro no recomendadas** son las que siendo posible su instalación, no se propone ejecutar, ya que desde el punto de vista económico no son rentables. En este apartado se describe cada una de las medidas y se presentan los resultados obtenidos.



## 9.1 DESCRIPCIÓN DE MEDIDAS DE AHORRO RECOMENDADAS

### 9.1.1 CLIMATIZACIÓN

#### 9.1.1.1 Instalación de válvulas cronotermostáticas en radiadores

Las válvulas cronotermostáticas en los radiadores regulan la emisión de cada uno de los mismos, cerrando y abriendo el paso en función de la demanda. Estas válvulas permiten establecer temperaturas de consigna y horarios de funcionamiento independientes para cada radiador y estancia, permitiendo incluso la regulación en función de la ocupación prevista para cada estancia, pudiéndose programar un descenso de la temperatura de consigna para los momentos en que ésta se queda vacía. De esta manera, se aúna el confort térmico con el ahorro energético.

El cabezal de la válvula posee una rueda que permite ajustar una temperatura de confort de la estancia. La válvula funciona automáticamente y consta de tres piezas: un sensor de temperatura, un módulo de radiofrecuencia y una carcasa de válvula. La carcasa de la válvula se monta directamente en el radiador o sobre la tubería de suministro del radiador. El sensor puede contar con un sensor remoto o integrado. El módulo de radiofrecuencia sirve para comunicarse con el Gateway y otros elementos que pudiera haber en la sala.

El sensor de temperatura funciona mediante un fuelle lleno de gas que se calienta a medida que aumenta la temperatura de la habitación y provoca el desplazamiento de un pasador situado en la carcasa de la válvula, reduciendo el caudal de agua que atraviesa el radiador. La distancia que existe entre el pasador y el fuelle se puede modificar haciendo girar el elemento sensor, modificándose como consecuencia el punto de ajuste de la temperatura de la sala.



**Ilustración 12. Válvula cronotermostática para radiadores**

Los cabezales se pueden gestionar remotamente a través de un Gateway con el que se comunica a través de radiofrecuencia. El módulo de control se conecta a la red para hacer accesible el manejo de los cabezales a través de una plataforma. Cada Gateway puede controlar hasta 10 estancias y 50 módulos de radiofrecuencia, además tiene un alcance de hasta 100 metros en espacios abiertos.

El ahorro energético de aplicar esta medida estará dado por el menor tiempo de funcionamiento de los radiadores, con el consiguiente ahorro económico debido al ahorro de combustible utilizado por la caldera. La inversión que se ha considerado para el cálculo de los ahorros incluye la válvula cronotermostáticas, el Gateway, el coste de la plataforma de gestión, la mano de obra y otros costes indirectos.

Se ha evaluado la instalación de válvulas en 114 radiadores.

Los resultados de la implantación de esta medida son los siguientes:

**Tabla 25. Instalación de válvulas cronotermostáticas**

<b>Instalación de válvulas cronotermostáticas</b>		
<b>Ahorro</b>		
<b>Ahorro energético</b>		<b>Ahorro económico</b>
kWh / año	%	Eu / año
19.651	14,69	1.284
<b>Inversión</b>		
<b>Inmovilizado</b>	<b>Mano de obra</b>	<b>Total</b>
Eu	Eu	Eu
5.303	3.420	8.723
<b>Resultados económicos</b>		
<b>PRS</b>	<b>Vida útil</b>	<b>VAN</b>
años	años	Eu
6,8	10	3.259
<b>Resultados ambientales</b>		
<b>Reducción de emisiones contaminantes</b>		
kg CO <sub>2</sub> / año		
5.247		

## 9.1.2 PRODUCCIÓN DE ACS

### 9.1.2.1 Instalación de perlizadores y reductores volumétricos en grifos y duchas

La instalación de perlizadores en grifos y reductores volumétricos en duchas generan una mezcla de aire y agua que disminuye el caudal de agua sin que esto suponga una reducción de la presión de salida, consiguiendo no solo un ahorro considerable en agua, sino también un ahorro de la energía necesaria para calentarla.

Se instalan en la boca de salida de agua del grifo, en sustitución de los filtros convencionales, por lo que en instalaciones muy antiguas es posible que no se pueda llevar a cabo la sustitución directa de los filtros actuales por perlizadores. En esos casos se deberá sustituir la grifería al completo.

Los ahorros energéticos y económicos se producen por la disminución de la cantidad de agua gastada que previamente ha tendido que calentarse. La inversión de la medida considera el coste del total de equipos a instalar.



**Ilustración 13. Perlizadores y reductores de caudal de distintos modelos**

Para el presente edificio se propone instalar perlizadores en:

- 2 grifos
- 0 duchas

Los resultados de la implantación de los perlizadores en grifos son los siguientes:

**Tabla 26. Instalación de perlizadores en grifos**

Instalación de perlizadores en grifos		
Ahorro		
Ahorro energético		Ahorro económico
kWh / año	%	Eu / año
88	0,07	13
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
11	0	11
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
0,8	10	109
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO <sub>2</sub> / año		
23		

### 9.1.3 ILUMINACIÓN

#### 9.1.3.1 Sustitución de lámparas convencionales por LED

El LED es un tipo de luz que usa diodos semiconductores. Cuando un LED se encuentra en polarización directa, los electrones pueden recombinarse con los huecos en el dispositivo, liberando energía en forma de fotones. Este efecto es llamado electroluminiscencia y el color de la luz (correspondiente a la energía del fotón), se determina a partir de la banda de energía del semiconductor. La energía contenida en un fotón de luz es proporcional a su frecuencia, es decir, su color. Cuanto mayor sea el salto de banda de energía del material semiconductor que forma el LED, más elevada será la frecuencia de la luz emitida.

Las lámparas LED presentan las siguientes ventajas:

- El LED se alimenta a baja tensión, consumiendo así poca energía y por lo tanto emitiendo poco calor. Esto es debido a que el LED es un dispositivo que opera a baja temperatura en relación con la luminosidad que proporciona. Los demás sistemas de iluminación en igualdad de condiciones de luminosidad que el LED emiten mucho más calor.
- Larga vida útil (50.000 h).
- Baja depreciación luminosa, del 30% a 50.000 h.
- Índice de reproducción cromática superior a 80.
- Luz blanca a temperaturas de calor entre 3.000 K y 6.000 K.
- No emiten radiación ultravioleta ni infrarroja.
- Encendido instantáneo.
- Excelente direccionalidad de la luz, lo que permite un mayor factor de utilización y mínima contaminación lumínica.
- No contienen componentes contaminantes (mercurio, plomo, etc.).
- Gran capacidad de producción de energía lumínica, por cada vatio consumido 90-113 lm/W.

Sin embargo, estas lámparas presentan los siguientes inconvenientes:

- Alto coste de las luminarias es previsible una disminución importante durante los próximos años.
- La vida útil presenta alta variabilidad en función de la intensidad de corriente y la temperatura.

El ahorro energético se ha calculado como la diferencia entre el consumo eléctrico actual y el consumo eléctrico que tendría tras la propuesta.

El ahorro económico se obtiene como la diferencia del coste económico del consumo energético del sistema de iluminación actual y el coste económico del consumo energético del sistema de iluminación propuesto incluyendo el ahorro por reposición debido a la mayor vida útil de las lámparas LED.

El coste de los equipos se obtiene a partir de los precios obtenidos por Creara con el distribuidor, mientras que la inversión necesaria se calcula como la suma de todos los costes existentes: costes de equipos y costes de mano de obra.

Las sustituciones de iluminación por LED que se han contemplado se muestran a continuación:

### Sustitución de lámparas fluorescentes por LED

Este tipo de lámparas son de vapor de mercurio a baja presión de elevada eficacia y vida. Las cualidades de color y su alto rendimiento las hacen idóneas para interiores de altura reducida. La mejora consiste en la sustitución de las lámparas fluorescentes actuales, existiendo varias posibilidades de sustitución, las más comunes son:

- Fluorescentes T8 de 18W y/o T5 de 14W por tubos LED de 10W.
- Fluorescentes T8 de 36W y/o T5 de 28W por tubos LED de 20W.

**Tabla 27. Sustitución de fluorescentes por LED**

Sustitución de fluorescentes por LED		
Ahorro		
Ahorro energético		Ahorro económico
kWh / año	%	Eu / año
7.702	5,66	1.207
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
5.372	6.156	11.528
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
9,5	15	-
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO <sub>2</sub> / año		
1.987		

## Sustitución de lámparas incandescente por LED

Estas lámparas están constituidas por un filamento de wolframio sobre el cual se hace pasar una corriente eléctrica, éste alcanza una temperatura elevada que emite radiaciones en el espectro visible. Es un tipo de iluminación muy utilizada un uso doméstico por su bajo coste, sin embargo, tienen poca vida útil, alto consumo y emiten calor en su funcionamiento. Se recomienda sustituir estas lámparas por LED, cuyas ventajas, inconvenientes, se han descrito anteriormente:

Para esta medida, las posibilidades de sustitución son las siguientes:

- Incandescentes de 25W por LED de 4W.
- Incandescentes de 40W por LED de 5,5W.
- Incandescentes de 60W por LED de 9W.
- Incandescentes de 75W por LED de 10,5W.
- Incandescentes de 100W por LED de 15W.

**Tabla 28. Sustitución de incandescentes por LED**

Sustitución de incandescentes por LED		
Ahorro		
Ahorro energético		Ahorro económico
kWh / año	%	Eu / año
37	0,03	6
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
28	16	44
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
7,1	15	12
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO <sub>2</sub> / año		
9		

### 9.1.3.2 Instalación de detectores de presencia y sensores de luz natural

El detector de presencia es un equipo que permite reducir el consumo energético apagando aquella iluminación que permanece encendida durante más tiempo del necesario en zonas como pasillos, aseos o ascensores. Por otro lado, los sensores de luz natural son elementos que detectan la luz natural existente en las estancias y, en caso de que las condiciones meteorológicas aporten los niveles de luz necesarios, apagan la iluminación. La unión de estos dos elementos permite un ahorro energético considerable.

La instalación de estos equipos en lámparas que tengan como equipo auxiliar balastos electromagnéticos, como son las lámparas fluorescentes y las de bajo consumo, pueden disminuir la vida útil de las mismas debido al mayor número de encendidos. Para minimizar este tipo de consecuencias negativas, se recomienda la instalación de balastos electrónicos previamente. Hay que tener en cuenta que algunos tipos de lámparas de bajo consumo y los LED ya disponen de esta tecnología para evitar que la vida útil de las lámparas se vea reducida.

El estudio de esta medida consiste en la instalación de detectores de presencia con sensores crepusculares (de luz natural) que controlen electrónicamente el encendido y apagado de las lámparas según un tiempo de retardo programable en función que detecte presencia o no y el aporte de luz natural. Los ahorros que se obtienen por la instalación de estos elementos son debidos a la reducción de horas de funcionamiento.



**Ilustración 14. Detector de presencia**

Se ha evaluado la instalación de 26 detectores de presencia en el centro. En el anexo 13.5 puede verse qué luminarias se propone controlar mediante estos detectores. [las que se incluye una descripción en la columna: propuesta tiempo].

Los resultados de la implantación de esta medida son los siguientes:



**Tabla 29. Instalación de detectores de presencia**

Instalación de detectores de presencia		
Ahorro		
Ahorro energético		Ahorro económico
kWh / año	%	Eu / año
1.269	0,93	197
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
930	891	1.820
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
9,2	10	28
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO <sub>2</sub> / año		
327		

## 9.1.4 EQUIPOS

### 9.1.4.1 Instalación de sobre-enchufes (Plugwise)

Los sobre-enchufes (Plugwise) son un sistema para controlar y reducir el consumo de los equipos ofimáticos y otros que quedan en modo stand-by. El sistema propuesto se compone de los siguientes elementos:

- **Software:** plataforma de visualización de consumos registrados por los sobre-enchufes. También permite establecer órdenes de encendido/apagado en función de horarios, agrupaciones de sensores, eventos, etc. Se instalaría en un ordenador de la oficina desde donde se controlarían todos los elementos instalados.


**Ilustración 15. Componentes del sistema de eliminación del modo stand-by de equipos ofimáticos**



- Sobre-enchufes inalámbrico: mide la energía de los dispositivos conectados, y ejecuta el encendido y apagado según las órdenes programadas en el software. Comunica vía Zigbee con el receptor.
- Receptor: recibe las señales Zigbee de los sobre-enchufes, y las procesa para que puedan ser gestionadas por el software.

Los ahorros obtenidos con la aplicación de esta medida son producidos por la eliminación del consumo en stand-by de equipos ofimáticos: ordenadores de sobremesa (compuestos de monitor más unidad central), ordenadores portátiles, impresoras multifunción o fotocopiadoras. La inversión que se ha considerado para el cálculo de los ahorros incluye el coste del software, el receptor y los sobre-enchufes en función del número de equipos sobre los que aplica.

Se ha evaluado la implantación de un equipo "Pro 50 Type F" que incluye 50 sobreenchufes.

Los resultados de la implantación de esta medida son los siguientes:

**Tabla 30. Instalación del sistema de control de apagado de equipos Plugwise**

<b>Instalación del sistema de control de apagado de equipos Plugwise</b>		
<b>Ahorro</b>		
<b>Ahorro energético</b>		<b>Ahorro económico</b>
kWh / año	%	Eu / año
6.715	4,93	1.002
<b>Inversión</b>		
<b>Inmovilizado</b>	<b>Mano de obra</b>	<b>Total</b>
Eu	Eu	Eu
2.108	0	2.108
<b>Resultados económicos</b>		
<b>PRS</b>	<b>Vida útil</b>	<b>VAN</b>
años	años	Eu
2,1	10	7.150
<b>Resultados ambientales</b>		
<b>Reducción de emisiones contaminantes</b>		
kg CO <sub>2</sub> / año		
1.733		

## 9.1.5 ENERGÍAS RENOVABLES

### 9.1.5.1 Solar Fotovoltaica

#### Introducción

Se propone la instalación de un sistema solar fotovoltaico en la cubierta de las instalaciones con el fin de reducir el consumo energético del suministro existente, consumiendo la energía producida por los paneles.

#### Descripción de la medida

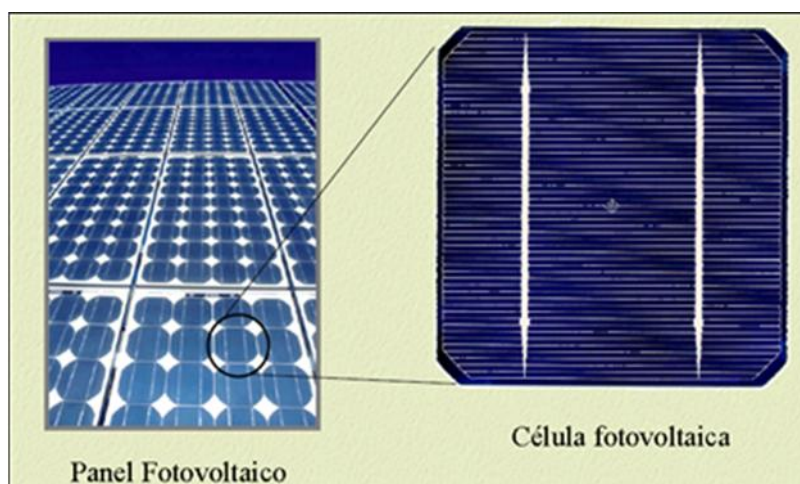
Una instalación solar fotovoltaica permite aprovechar la luz del sol para generar electricidad. El principal elemento de una instalación fotovoltaica es el panel fotovoltaico.

Un panel fotovoltaico se compone de un conjunto de células fotoeléctricas conectadas en serie y paralelo para obtener una tensión determinada y una intensidad variable en función de la radiación solar. Una célula fotoeléctrica es un dispositivo que, mediante el efecto fotoeléctrico, es capaz de convertir la energía luminosa en energía eléctrica.

Cuando la luz del sol incide sobre una célula fotoeléctrica, los fotones de la luz solar transmiten su energía a los electrones del semiconductor para que así puedan circular dentro del sólido.

Después, la tecnología fotoeléctrica consigue que parte de estos electrones salgan del material semiconductor generándose así una corriente eléctrica capaz de circular por un circuito externo.

Las condiciones de funcionamiento de un módulo fotovoltaico dependen de algunas variables externas como la radiación solar y la temperatura de funcionamiento.



**Ilustración 16. Imagen de una célula fotoeléctrica y de un panel fotovoltaico (compuesto de numerosas células)**

La potencia de un panel fotovoltaico o de una instalación fotovoltaica se mide en kilovatios pico (kW). La potencia pico es la potencia máxima de la instalación. Una instalación con una potencia de 1 kWp producirá 1 kW eléctrico cuando la radiación incidente sobre ella sea de 1 sol pico (1 kW/m<sup>2</sup>).

El ahorro económico vendrá dado por la energía que se generará a través de fuentes renovables y que se deja de demandar de la red.

Los elementos necesarios para llevar a cabo esta instalación son los siguientes:

- Panel fotovoltaico: convierte la luz solar en energía eléctrica
- Estructura soporte. Mantiene el módulo y lo orienta en la dirección más adecuada
- Inversor. Convierte la corriente continua a corriente alterna (los módulos fotovoltaicos generan electricidad en corriente continua) para su uso por los diferentes sistemas consumidores



**Ilustración 17. Imagen de una instalación fotovoltaica estática**

## **Dimensionamiento de la instalación**

### **Introducción**

La legislación actual permite volcar parte de la energía generada a red, pero es más interesante auto consumir el máximo de energía.

De este modo, se va a dimensionar la instalación de modo que la generación solar sea inferior en todo momento al consumo eléctrico del edificio.

## Radiación solar en la zona

Se ha obtenido la radiación solar en la zona a partir de los datos del sistema de información territorial del *Photovoltaic Geographical Information System* de la Unión Europea.

**Tabla 31. Latitud y longitud**

<b>Colegio</b>	CIFP Manuel Pérez	
<b>Coordenadas</b>	LAT	37,33931
	LON	-6,533704

**Tabla 32. Potencial solar mensual**

Mes	Potencial FV (kWh / día kWp)	Días	Potencial FV (kWh / mes kWp)
Enero	3,25	31	100,75
Febrero	4,11	28	115,08
Marzo	4,76	31	147,56
Abril	4,93	30	147,90
Mayo	5,17	31	160,27
Junio	5,43	30	162,90
Julio	5,56	31	172,36
Agosto	5,38	31	166,78
Septiembre	4,85	30	145,50
Octubre	4,28	31	132,68
Noviembre	3,55	30	106,50
Diciembre	3,12	31	96,72
<b>Total</b>			<b>1.655</b>

A partir de estos datos se va a encontrar la potencia óptima de la instalación y el rendimiento energético de ésta.

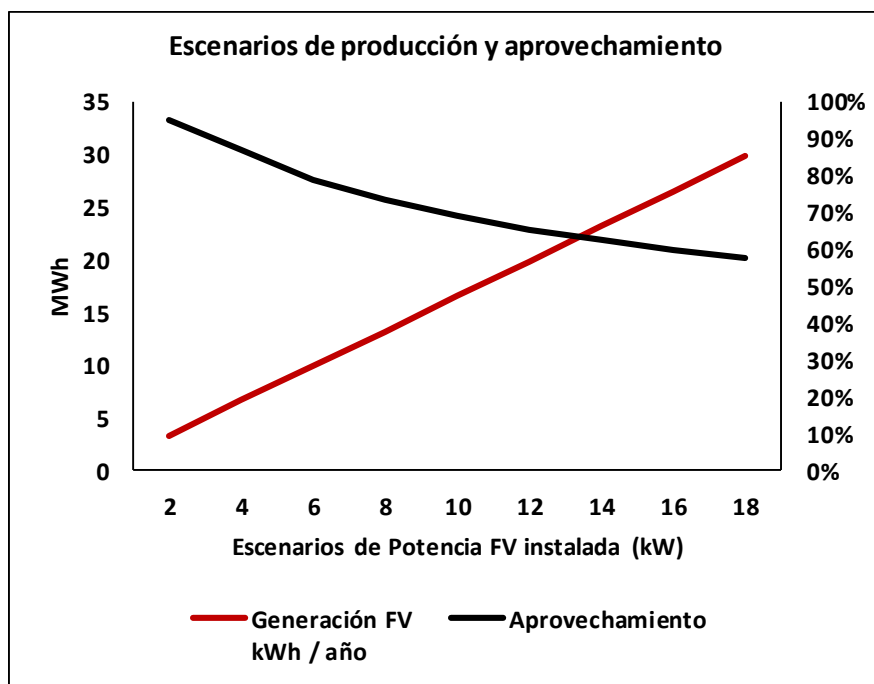
## Dimensionamiento. Tamaño óptimo

Para dimensionar la instalación se va a tener en cuenta lo siguiente:

- La generación será la máxima posible, minimizando la energía desperdiciada<sup>18</sup>, de modo que se pueda auto consumir la energía generada por la instalación.
- La demanda se ha simulado en base al consumo eléctrico mensual facilitado y a los usos y al régimen de funcionamiento del centro, ya que no se dispone de la curva de carga real.

<sup>18</sup> Dado las características de los centros es imposible no desperdiciar parte de la energía generada, ya que hay momentos en los que la demanda es muy baja. Sin embargo, se dimensiona para que el aprovechamiento sea al menos del 80%.

De este modo, se analiza la generación de energía en función de la potencia instalada frente al aprovechamiento de la misma, tal y como se muestra en la siguiente gráfica:



**Gráfica 12. Escenarios de generación FV y aprovechamiento**

A partir de esta información, se determina la potencia óptima, que permite un aprovechamiento del 85% de la energía generada:

- Potencia pico propuesta = 4,2 kWp

## Resultados

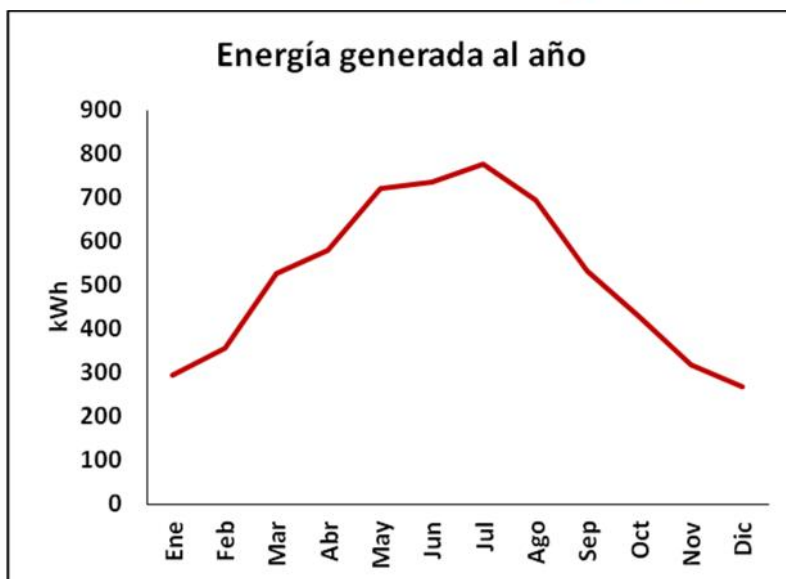
### Instalación propuesta

#### Datos de la instalación

- Potencia pico: 4,2 kWp
- Número de módulos: 14
- Potencia de los módulos: 300 W
- Inclinación de los módulos: 12<sup>019</sup>

La generación mensual de la instalación se muestra en el siguiente gráfico:

<sup>19</sup> Se aprovecha la misma inclinación de la cubierta



**Gráfica 13. Generación mensual de energía**

La generación anual de energía es igual a **6.232 kWh**. Se considera un aprovechamiento de un 85,8%, esto es: **5.347 kWh**.

## Localización

Por cuestiones de seguridad y de integración arquitectónica, se determinará la cubierta de las edificaciones como zona de ubicación de los paneles solares fotovoltaicos.

Para esta instalación de una potencia pico estimada de 4,2 kW se necesita una superficie aproximada de unos 34 m<sup>2</sup>.

Como zona óptima se ha elegido la cubierta inclinada correspondiente al edificio principal de las instalaciones, la cual consta con una superficie aprovechable de unos 200 m<sup>2</sup>.





**Ilustración 18. Zona óptima para la ubicación de las placas fotovoltaicas**

La carga del sistema de paneles compuestos por módulos fotovoltaicos y la estructura para estos, constituye una carga de aproximadamente 20 kg/m<sup>2</sup>.

Los paneles se instalarán de manera coplanar a la cubierta del edificio, es decir, tendrán la misma inclinación que esta: 12 °.

Para la fijación de los paneles sobre la estructura se utilizará el sistema IMM o similar con las siguientes características en materiales y accesorios:

- Fabricado íntegramente con perfiles de aluminio extruido.
- Tornillería de acero Inox A2.
- Fijación de paneles solares mediante grapas de aluminio extruido.
- Tornillos para los paneles cabeza de martillo. En caso de sustitución de los paneles solares, permite soltar solo el panel afectado, no toda la fila.
- Salva-tejas regulable con cuatro puntos de fijación en hormigón.



**Ilustración 19. Ejemplo de estructura para placas fotovoltaicas en cubiertas inclinadas**

En total, se instalarían 14 módulos de 300 Wp, con una superficie total de 45 m<sup>2</sup>, en los que se incluye la superficie de los paneles y la separación de seguridad entre ellos.

Para conseguir la mejor captación de luz y sacar el máximo rendimiento de los paneles solares es importante que se encuentren bien orientados, por lo que dichos paneles se orientarán hacia Este.

### **Configuración de la instalación**

Para la presente instalación se han considerado los siguientes equipos:

- Paneles FV
  - N° paneles: 14
  - Potencia pico: 300 Wp
  - Entre un 14 - 20 % sobredimensionamiento mínimo o máximo o permitido por el inversor.
- Inversores
  - N° inversores: 1
  - Potencia nominal: 4 kW



Las características técnicas exigibles para estos equipos se detallan en el anexo.

## Presupuesto

**Tabla 33. Presupuesto instalación solar fotovoltaica**

Concepto	Coste (€)	Coste (€/ Wp)
Módulos FV	1.328	0,32
Inversor	773	0,18
Equipo gestor	250	0,06
Controlador de vertido	300	0,07
Estructura auxiliar	1.000	0,24
Material eléctrico y protecciones	1.000	0,24
Mano de obra	2.300	0,55
Gestiones y memoria técnica	650	0,15
Seguridad y salud	75	0,02
Gestión de residuos	50	0,01
<b>Total</b>	<b>7.727</b>	<b>1,84</b>

## Resultados energéticos y económicos

Como se ha comentado anteriormente el ahorro económico vendrá dado por la energía que se generará a través de fuentes renovables y que se deja de demandar de la red, además de la posible reducción de la potencia contratada con la compañía suministradora debido a esta nueva situación de disminución de la demanda de la red eléctrica. Por ello, para el ahorro económico no solo se ha tenido en cuenta el precio de la electricidad, sino también el coste de las potencias contratadas. Por lo que, para el cálculo del ahorro, se ha tenido en cuenta un término unitario de la energía de 0,149 €/kWh.

Los resultados de la implantación de esta medida son los siguientes:

**Tabla 34. Resultados de la Instalación de solar fotovoltaica**

Instalación de solar fotovoltaica		
Ahorro		
Generación de energía		Ahorro económico
kWh / año <sup>20</sup>	% <sup>21</sup>	Eu / año
5.347	3,93%	797
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
4.652	3.075	7.727
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN <sup>22</sup>
años	años	Eu
9,69	25	-
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO <sub>2</sub> / año		
1.871		

Para la implantación de esta medida no es necesaria la redacción de un proyecto, es suficiente con una memoria técnica, ya que la potencia instalada es menor de 100 kWp.

<sup>20</sup> Ahorro eléctrico

<sup>21</sup> Ahorro con respecto al consumo eléctrico

<sup>22</sup> Para el cálculo del VAN y TIR se considera una vida útil de 10 años, ya que es la duración a considerar para un proyecto ESE.

## 9.1.6 FACTURACIÓN ELÉCTRICA

### 9.1.6.1 Optimización de la potencia contratada

Uno de los conceptos por los que se paga en las facturas eléctricas es la potencia contratada. Es fundamental que la potencia esté optimizada, ya que supone un sobre coste para el usuario tanto si es superior como si es inferior a la potencia demandada.

El CEIP Manuel Pérez cuenta con un único suministro eléctrico y tiene una tarifa 2.1DHA con dos periodos de facturación, día y noche. El resto de las características del suministro eléctricos se puede ver en la siguiente tabla:

**Tabla 35. Características del suministro eléctrico**

CUPS	Potencia actual		
	P1 (kW)	P2 (kW)	P3 (kW)
ES0031102149169002ST0F	13,164	-	-

Para aquellas instalaciones con tarifas contratadas 2.0 A, 2.0 DHA, 2.1 A o 2.1 DHA, de menos de 15 kW de potencia contratada, no sería aplicable la optimización de la potencia contratada, al disponer en su mayoría de limitadores de potencia (ICP) y no de medidores de la misma (maxímetros). Por esta razón no se ha realizado el estudio de optimización de potencia contratada para este suministro.

## 9.2 DESCRIPCIÓN DE MEDIDAS DE AHORRO NO RECOMENDADAS

### 9.2.1 CLIMATIZACIÓN

#### 9.2.1.1 Sustitución de caldera actual por una de condensación de gas natural

Las calderas de condensación son calderas de alto rendimiento (110% PCI) basadas en el aprovechamiento del calor de condensación de los humos de la combustión. Esta tecnología aprovecha el vapor de agua que se produce en los gases de combustión y lo devuelve en estado líquido.

Con una caldera clásica de tipo atmosférico, los productos de combustión rondan temperaturas del orden de 150°C, lo que implica que una parte no despreciable del calor latente es evacuada por los humos. La caldera de condensación recupera una parte muy importante de ese calor latente, reduciendo considerablemente la temperatura de las gases (65°C).

El ahorro que se obtiene es tanto energético como económico. El origen del ahorro energético viene determinado por el mayor rendimiento de la caldera de condensación, y el ahorro económico viene dado por el menor precio del gas natural frente al combustible actual.

La inversión se estudia teniendo en cuenta la sustitución de la caldera convencional de gasóleo por una caldera de condensación de gas natural con regulación electrónica y sonda de temperatura exterior, el quemador del grupo térmico, la inertización del tanque de gasóleo, los materiales y medios auxiliares, la puesta en marcha, la mano de obra y otros costes indirectos.

Los resultados de la implantación de esta medida son los siguientes:

**Tabla 36. Sustitución de la caldera actual por una de gas natural**

Sustitución de la caldera actual por una de gas natural		
Ahorro		
Ahorro energético		Ahorro económico
kWh / año	%	Eu / año
9.997	7,48	3.155
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
17.046	29.429	46.475
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
14,7	25	-
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO <sub>2</sub> / año		
8.494		

### 9.2.1.2 Sustitución de bombas de calor por otras de mayor rendimiento

Una bomba de calor es una máquina térmica que permite transferir energía en forma de calor de un ambiente a otro, según se requiera. Los equipos instalados actualmente son antiguos y presentan un rendimiento bajo, es por ello que se propone su sustitución por otros más modernos de tipo Inverter que tienen un rendimiento superior.

La inversión necesaria se calcula como la suma de todos los costes existentes: costes de equipos, costes de mano de obra y costes de proyecto.

Los resultados de la implantación de esta medida son los siguientes:

**Tabla 37. Sustitución bombas de calor actuales por bombas de calor eficientes**

<b>Sustitución bombas de calor actuales por bombas de calor eficientes</b>		
<b>Ahorro</b>		
<b>Ahorro energético</b>		<b>Ahorro económico</b>
kWh / año	%	Eu / año
1.048	0,78	156
<b>Inversión</b>		
<b>Inmovilizado</b>	<b>Mano de obra</b>	<b>Total</b>
Eu	Eu	Eu
45.796	11.081	56.878
<b>Resultados económicos</b>		
<b>PRS</b>	<b>Vida útil</b>	<b>VAN</b>
años	años	Eu
363,5	20	-
<b>Resultados ambientales</b>		
<b>Reducción de emisiones contaminantes</b>		
kg CO <sub>2</sub> / año		
270		

### 9.2.1.3 Aislamiento del cuerpo de la caldera

El cuerpo de la caldera, salvo raras excepciones, se encuentra sin aislar lo que ocasiona pérdidas térmicas a través de ella, que aumentan el consumo energético. La instalación de un aislante en la parte trasera de la caldera o alrededor de la propia cámara de combustión interna, según modelo, ayudará a mejorar la eficiencia del sistema.

El aislamiento propuesto está compuesto por mantas armadas de lana de roca de 4 cm de espesor con una conductividad de 0,035 W/(m°K) apto para temperaturas máximas de 750°C y superficies irregulares.

Para el cálculo del ahorro energético se ha utilizado el software AISLAM, que es documento reconocido por el Ministerio de Industria para facilitar el cumplimiento de las exigencias del RITE. La inversión considerada en el cálculo incluye el coste del material, la mano de obra y otros costes indirectos.



**Ilustración 20. Aislamiento tipo manta armada de lana de roca**

Los resultados de la implantación de esta medida son los siguientes:

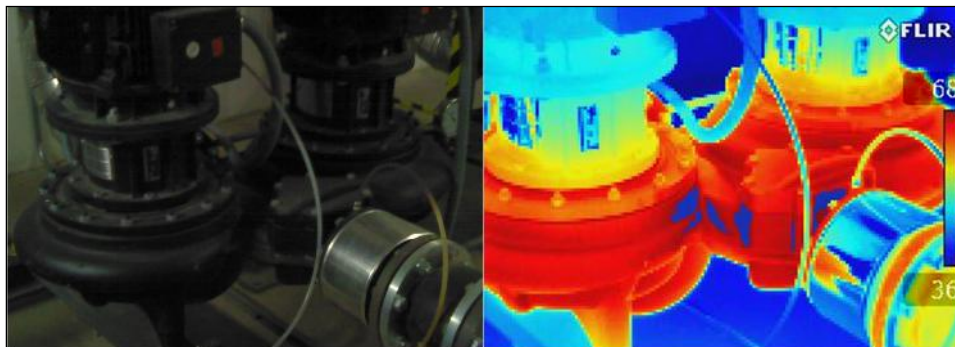
**Tabla 38. Aislamiento del cuerpo de la caldera**

Aislamiento del cuerpo de la caldera		
Ahorro		
Ahorro energético		Ahorro económico
kWh / año	%	Eu / año
312	0,23	20
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
264	436	700
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
34,3	10	-
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO <sub>2</sub> / año		
83		

#### 9.2.1.4 Aislamiento del cuerpo de las bombas

El cuerpo de las bombas de distribución de agua caliente suelen quedar sin aislamiento para facilitar su reparación, ya que son equipos propensos a fallos tanto eléctricos como mecánicos. Sin embargo, los cuerpos de las bombas, al estar en contacto directo con el ambiente, pierden energía tanto en invierno como en verano como se puede observar en la imagen. Por ese motivo es aconsejable proceder a su aislamiento para reducir las pérdidas de calor hacia el exterior.

Además, actualmente, existen métodos que permiten aislar las bombas de una manera permanente, pero de fácil desmontaje para garantizar un acceso en caso de ser necesario realizar algún tipo de reparación.



**Ilustración 21. Ejemplo ilustrativo de termografía de bombas de impulsión sin aislar**

El aislamiento propuesto está compuesto por espuma elastomérica de 3 cm de espesor con una conductividad de  $0,037 \text{ W/(m}^{\circ}\text{K)}$  apto para temperaturas máximas de  $150^{\circ}\text{C}$  y mínimas de  $-50^{\circ}\text{C}$ . El recubrimiento exterior es fabricado en chapa metálica de aluminio de espesor 0,6 mm, instalado superficialmente y su configuración permitirá su fácil desmontaje sin producir daños al equipo ni al propio aislamiento.

Para el cálculo del ahorro energético se ha utilizado el software AISLAM, que es documento reconocido por el Ministerio de Industria para facilitar el cumplimiento de las exigencias del RITE. La inversión que se ha considerado para el cálculo de los ahorros de esta medida incluye el coste de material y la mano de obra, así como otros costes indirectos.

En la siguiente imagen se muestra un aislamiento tipo instalado en bombas de tipo gemela, donde el aislamiento cubre el cuerpo de la bomba, dejando libre el motor del equipo, el cual requiere ventilación para su funcionamiento.





**Ilustración 22. Ejemplo de aislamiento térmico en bombeo**

Los resultados de la implantación de esta medida son los siguientes:

**Tabla 39. Aislamiento del cuerpo de las bombas**

<b>Aislamiento del cuerpo de las bombas</b>		
<b>Ahorro</b>		
<b>Ahorro energético</b>		<b>Ahorro económico</b>
kWh / año	%	Eu / año
600	0,45	39
<b>Inversión</b>		
<b>Inmovilizado</b>	<b>Mano de obra</b>	<b>Total</b>
Eu	Eu	Eu
50	470	519
<b>Resultados económicos</b>		
<b>PRS</b>	<b>Vida útil</b>	<b>VAN</b>
años	años	Eu
13,2	10	-
<b>Resultados ambientales</b>		
<b>Reducción de emisiones contaminantes</b>		
kg CO <sub>2</sub> / año		
160		



## 9.2.2 ILUMINACIÓN

### 9.2.2.1 Sustitución de lámparas convencionales por LED

Las sustituciones de iluminación por LED que se han contemplado se muestran a continuación:

#### Sustitución de lámparas de bajo consumo por LED

Son lámparas fluorescentes que tienen mayor vida útil y bajo consumo energético produciendo la misma iluminación que una lámpara incandescente. Las posibilidades de sustitución son:

- Bajo consumo de 8W por LED de 4W.
- Bajo consumo de 10W y 11W por LED de 5,5W.
- Bajo consumo de 12W y 13W por LED de 6,5W.
- Bajo consumo de 15W, 16W y 18W por LED de 9W.
- Bajo consumo de 20W y 21W por LED de 10,5W.
- Bajo consumo de 22W, 23W y 26W por LED de 15W.

**Tabla 40. Sustitución de fluorescentes compactas por LED**

<b>Sustitución de fluorescentes compactas por LED</b>		
<b>Ahorro</b>		
<b>Ahorro energético</b>		<b>Ahorro económico</b>
kWh / año	%	Eu / año
66	0,05	12
<b>Inversión</b>		
<b>Inmovilizado</b>	<b>Mano de obra</b>	<b>Total</b>
Eu	Eu	Eu
108	72	180
<b>Resultados económicos</b>		
<b>PRS</b>	<b>Vida útil</b>	<b>VAN</b>
años	años	Eu
14,6	15	-
<b>Resultados ambientales</b>		
<b>Reducción de emisiones contaminantes</b>		
kg CO <sub>2</sub> / año		
17		

### 9.2.3 EQUIPOS

#### 9.2.3.1 Instalación de regletas eliminadoras de stand-by

Las regletas eliminadoras de stand-by son elementos destinados a reducir el consumo stand-by de los equipos electrónicos (principalmente equipos ofimáticos) que pueden desconectarse completamente de la red eléctrica.

Los eliminadores de stand-by miden la corriente que circula por los aparatos cuando están encendidos, de forma que cuando entran en stand-by detecta la disminución de consumo y corta el paso de corriente, apagándolos por completo. Al encenderlos el eliminador detecta la demanda de potencia y vuelve a conectar el paso de electricidad. Para ello el eliminador queda en modo de espera, por lo que es interesante que se utilice para desconectar varios aparatos a la vez.

La principal ventaja frente a las regletas convencionales de interruptor es que no necesitan la vigilancia permanente del usuario, por lo que se evitan las situaciones de olvido en las que quedaban los equipos encendidos.

El ahorro energético de aplicar esta medida estará dado por la disminución del tiempo que los equipos se encuentran en modo stand-by. La inversión que se ha considerado para el cálculo de los ahorros incluye el coste de la regleta eliminadora de stand-by. No se considera coste asociado a la mano de obra, ya que su instalación es muy sencilla.



**Ilustración 23. Regleta con un maestro, cuatro esclavos y dos tomas convencionales**

Los resultados de la implantación de esta medida son los siguientes:

**Tabla 41. Instalación de regletas eliminadoras del stand-by**

<b>Instalación de regletas eliminadoras del stand-by</b>		
<b>Ahorro</b>		
<b>Ahorro energético</b>		<b>Ahorro económico</b>
kWh / año	%	Eu / año
1.813	1,36	271
<b>Inversión</b>		
<b>Inmovilizado</b>	<b>Mano de obra</b>	<b>Total</b>
Eu	Eu	Eu
294	0	294
<b>Resultados económicos</b>		
<b>PRS</b>	<b>Vida útil</b>	<b>VAN</b>
años	años	Eu
1,1	10	2.205
<b>Resultados ambientales</b>		
<b>Reducción de emisiones contaminantes</b>		
kg CO <sub>2</sub> / año		
468		

Pese a que esta medida de ahorro tiene un PRS aceptable, su implementación no es compatible con la de los sobre-enchufes programables, por lo que la media de ahorro que se recomienda es la que aporte un mayor ahorro energético, es este caso particular, la de los sobre-enchufes programables.

## 10 MEDIDA DE GESTIÓN Y CONTROL ENERGÉTICO

### 10.1.1 TELEGESTIÓN DE LOS EQUIPOS CONSUMIDORES DE ENERGÍA

La instalación de equipos para la telegestión es recomendable cuando el edificio dispone de altos consumidores tales como sistemas centralizados de climatización, calderas o enfriadoras, que concentran un elevado porcentaje del consumo del edificio.

Dentro de las posibilidades de telegestión, la mejor opción para este tipo de edificios son los actuadores telegestionados.

Un actuador telegestionable permite obtener información relativa de un elemento consumidor tal como:

- Parámetros de consumo: tensiones, intensidades, potencia, energía, factor de potencia, armónicos, caudales de gas.
- Estado actual: encendido/apagado, % de carga, avisos de incidencias
- Variables ambientales: temperatura, humedad relativa, concentración CO<sub>2</sub>.

Estos elementos además permiten la actuación sobre variables operativas tales como consignas, horarios, encendidos, etc.

En el caso particular de la instalación objeto de este estudio, hay consumos claramente diferenciados como calefacción, iluminación o equipos ofimáticos en los cuadros generales. Estos consumos están totalmente disgregados lo que implica que para poder gestionarlos sería necesario tener varios actuadores en cada estancia junto con un control central.

Si estos consumos se encuentran diferenciados y seccionados en los cuadros eléctricos, se podrían monitorizar con los actuadores anteriormente mencionados, de manera que se podrían crear horarios de encendido y apagado para que, tras el uso normalizado del colegio, y los horarios de limpieza, se apagase todo el centro, desconectando iluminación que se haya podido quedar encendida, o equipos en stand by.



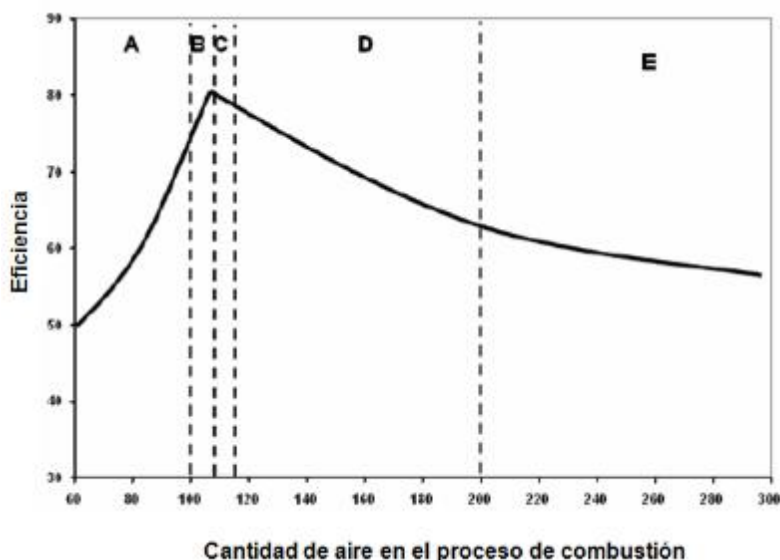
**Ilustración 24. Ejemplo de un Sistema de Control Centralizado para climatización (Fuente: Creara)**

## 11 BUENAS PRÁCTICAS Y PROTOCOLOS DE ACTUACIÓN

### 11.1 REGULACIÓN DEL AIRE DE COMBUSTIÓN DE LAS CALDERAS

La combustión en las calderas debe producirse en proporciones definidas y controladas de combustible y oxígeno, con el fin de que la reacción estequiométrica sea lo más eficiente posible.

En la siguiente ilustración se comprueban los valores donde se produce la mayor eficiencia en la reacción química en función de la cantidad de aire existente en la combustión.



**Gráfica 14. Eficiencia de la cantidad de aire sobre el proceso de combustión**

Gracias a la ilustración anterior, se observa que el valor de máxima eficiencia del ronda valores del 1 al 1,2. El ahorro energético producido por la regulación manual de la combustión estará dado por la siguiente ecuación:

$$\text{Ahorro Energía} = \text{Energía} \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{año}} \right] \cdot (P_{\text{Pérdidas actuales}} - P_{\text{Pérdidas futuras}})$$

Dónde:

Energía [kWh/año]: corresponde a la energía consumida por cada equipo

$P_{\text{pérdidas actuales}}$ : corresponde a las pérdidas energéticas actuales asociadas a la concentración de oxígeno y la temperatura de los humos

$P_{\text{pérdidas futuras}}$ : corresponde a las pérdidas energéticas calculadas para la concentración de oxígeno y el historial de mediciones de las temperaturas de los análisis de combustión

A continuación, se muestra una tabla con las pérdidas energéticas en gases de combustión:

**Tabla 42. Pérdidas en los humos de la combustión del gasóleo**

O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	AIRE	GASES	PÉRDIDAS EN GASES DE COMBUSTIÓN (%) EN FUNCIÓN DE										
		Exc.		(TEMP. GASES-TEMP. AMBIENTE)										
%	%	Por uno	kg/kg	100	120	140	160	180	200	240	280	320	360	400
0,0	16,0	1,0	14,7	3,8	4,6	5,4	6,2	6,9	7,7	9,3	10,9	12,6	14,2	15,9
0,5	15,6	1,0	15,1	3,9	4,7	5,5	6,3	7,1	7,9	9,5	11,2	12,8	14,5	16,2
1,0	15,2	1,0	15,4	4	4,8	5,6	6,4	7,2	8,1	9,7	11,4	13,1	14,8	16,5
1,5	14,9	1,1	15,7	4	4,9	5,7	6,6	7,4	8,2	9,9	11,7	13,4	15,1	16,9
2,0	14,5	1,1	16,1	4,1	5	5,8	6,7	7,6	8,4	10,2	11,9	13,7	15,5	17,3
2,5	14,1	1,1	16,5	4,2	5,1	6	6,9	7,7	8,6	10,4	12,2	14	15,8	17,7
3,0	13,7	1,2	16,9	4,3	5,2	6,1	7	7,9	8,8	10,6	12,5	14,3	16,2	18,1
3,5	13,3	1,2	17,3	4,4	5,4	6,3	7,2	8,1	9	10,9	12,8	14,7	16,6	18,5
4,0	12,9	1,2	17,8	4,6	5,5	6,4	7,4	8,3	9,3	11,2	13,1	15,1	17	19
4,5	12,6	1,3	18,3	4,7	5,6	6,6	7,6	8,5	9,5	11,5	13,5	15,5	17,5	19,5
5,0	12,2	1,3	18,8	4,8	5,8	6,8	7,8	8,8	9,8	11,8	13,8	15,9	17,9	20
5,5	11,8	1,3	19,4	5	6	7	8	9	10,1	12,1	14,2	16,3	18,4	20,6
6,0	11,4	1,4	20,0	5,1	6,1	7,2	8,2	9,3	10,4	12,5	14,6	16,8	19	21,2
6,5	11,0	1,4	20,6	5,3	6,3	7,4	8,5	9,6	10,7	12,9	15,1	17,3	19,6	21,8
7,0	10,6	1,5	21,3	5,4	6,5	7,6	8,8	9,9	11	13,3	15,6	17,9	20,2	22,5
7,5	10,3	1,5	22,0	5,6	6,8	7,9	9,1	10,2	11,4	13,7	16,1	18,5	20,8	23,3
8,0	9,9	1,6	22,8	5,8	7	8,2	9,4	10,6	11,8	14,2	16,6	19,1	21,6	24,1
8,5	9,5	1,6	23,6	6	7,2	8,5	9,7	10,9	12,2	14,7	17,2	19,8	22,3	24,9
9,0	9,1	1,7	24,6	6,2	7,5	8,8	10,1	11,4	12,7	15,3	17,9	20,5	23,2	25,9
9,5	8,7	1,8	25,6	6,5	7,8	9,1	10,5	11,8	13,2	15,9	18,6	21,3	24,1	26,9
10,0	8,3	1,9	26,7	6,8	8,1	9,5	10,9	12,3	13,7	16,5	19,4	22,2	25,1	28
10,5	8,0	2,0	27,9	7,1	8,5	9,9	11,4	12,8	14,3	17,2	20,2	23,2	26,2	29,2
11,0	7,6	2,1	29,2	7,4	8,9	10,4	11,9	13,4	15	18	21,1	24,3	27,4	30,6
11,5	7,2	2,2	30,6	7,7	9,3	10,9	12,5	14,1	15,7	18,9	22,2	25,4	28,7	32
12,0	6,8	2,3	32,3	8,2	9,8	11,5	13,2	14,8	16,5	19,9	23,3	26,8	30,2	33,7
12,5	6,4	2,4	34,1	8,6	10,4	12,1	13,9	15,6	17,4	21	24,6	28,2	31,9	35,6
13,0	6,0	1,6	36,1	9,1	11	12,8	14,7	16,6	18,5	22,2	26	29,9	33,7	37,6
13,5	5,7	2,7	38,5	9,7	11,7	13,6	15,6	17,6	19,6	23,6	27,7	31,8	35,9	40
14,0	5,3	192,0	41,1	10,4	12,5	14,6	16,7	18,8	21	25,3	29,6	33,9	38,3	42,7
14,5	4,8	3,1	44,2	11,1	13,4	15,7	17,9	20,2	22,5	27,1	31,8	36,4	41,1	45,9
15,0	4,5	3,4	47,8	12	14,5	16,9	19,4	21,8	24,3	29,3	34,3	39,4	44,4	49,6

Se recomienda el ajuste de la concentración de oxígeno en la combustión, esta regulación debe ser realizada por personal cualificado. Con el fin de establecer un seguimiento anual de estos resultados, conviene establecer un registro de los valores obtenidos cada mes.

El ahorro aproximado llevando a cabo esta actuación es del 3% del consumo total de combustible, que suponen 2.948 kWh. La inversión que lleva aparejada esta medida es de 181 euros por el ajuste en cada caldera.

## 11.2 REGULACIÓN DE LA TEMPERATURA DE LAS ESTANCIAS

La regulación de la temperatura en las distintas dependencias es un factor sobre el que se puede actuar para conseguir que el sistema de climatización del edificio sea más eficiente.

El Consejo de Ministros en su sesión del 1 de agosto de 2008 aprobó el Plan de Activación del Ahorro y la Eficiencia Energética 2008-2011 que contiene 32 medidas, entre las que se encuentra la obligación de limitar las temperaturas a mantener en el interior de los establecimientos de edificios y locales climatizados destinados a usos administrativos, comerciales, culturales, de ocio y en estaciones de transporte, con el fin de reducir su consumo de energía. También propone la exhibición de la gama de temperaturas interiores registradas en los recintos de los edificios y locales que son frecuentados habitualmente por un número importante de personas o tienen una superficie superior a 1.000 m<sup>2</sup>, reforzando de esta forma el Real



Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento Básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción, que sólo lo recomendaba.

Las medidas que se proponen en este Plan justifican que se haya aprobado el Real Decreto 1826/2009, de 27 de noviembre, por el que se modifica el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), aprobado por Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, y en concreto de su Instrucción Técnica IT-3 dedicada al mantenimiento y uso de estas instalaciones.

Dentro de esta Instrucción Técnica IT-3 se recoge en su apartado "I.T.3.8.2 Valores límite de las temperaturas del aire" lo siguiente:

La temperatura del aire en los recintos habitables acondicionados que se indican en la I.T. 3.8.1 apartado 2, y entre los que se encuentran los edificios administrativos, se limitará a los siguientes valores:

- La temperatura del aire en los recintos calefactados no será superior a 21 °C, cuando para ello se requiera consumo de energía convencional para la generación de calor por parte del sistema de calefacción.
- La temperatura del aire en los recintos refrigerados no será inferior a 26 °C, cuando para ello se requiera consumo de energía convencional para la generación de frío por parte del sistema de refrigeración.
- Las condiciones de temperatura anteriores estarán referidas al mantenimiento de una humedad relativa comprendida entre el 30% y el 70%.

A través de los datos de los termostatos tomados de las estancias se puede determinar el ahorro potencial a través de la regulación de la temperatura de las estancias, ya que por cada °C que se aumente la temperatura de consigna en refrigeración se puede ahorrar un 8% del consumo, mientras que por cada °C que se reduzca la temperatura de consigna en calefacción se puede ahorrar un 7% del consumo. Esta medida no lleva asociada ningún coste.

Partiendo de la hipótesis de que la temperatura de consigna de las estancias está por encima de lo recomendado en invierno con una consigna de 22,5°C y por debajo en verano, 24,5°C, se podría obtener un ahorro del 10,3% del consumo en invierno y del 11,8% en verano, lo que supone un ahorro energético de 21.867 kWh. La inversión que lleva aparejada esta medida es nula puesto que es meramente de gestión.

### 11.3 CONFIGURACIÓN CORRECTA DEL PROGRAMA ENERGY STAR

Los tres sistemas operativos más importantes actualmente; Windows, Mac OS X y Linux (en la mayoría de sus distribuciones) llevan implementados economizadores basados en el programa ENERGY STAR de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, creado en 1992 para promover los productos eléctricos con consumo eficiente de electricidad, reduciendo de esta forma las emisiones de gas de efecto invernadero por parte de las centrales eléctricas.



**Ilustración 25. Logotipo del programa ENERGY STAR de ahorro energético en ordenadores**

- Reducción de brillo en pantalla: el usuario puede establecer un tiempo de inactividad a partir del cual el ordenador atenúa el brillo del monitor, disminuyendo la potencia necesaria para alimentar el LCD.
- Apagado de pantalla: el usuario puede establecer un tiempo de inactividad a partir del cual el ordenador mandará una orden al monitor para que éste se apague, pasando al modo Stand-by.
- Poner el equipo en estado de suspensión: el usuario puede establecer un tiempo de inactividad a partir del cual el ordenador guarda su estado actual, detiene los discos duros y reduce su actividad hasta prácticamente su apagado total. Queda un remanente de alimentación hacia las memorias RAM, CPU y fuente de alimentación. En este estado el consumo total del ordenador es muy reducido. Cuando termina el periodo de inactividad, el ordenador vuelve a un estado exactamente igual al que tenía antes de la suspensión.
- Poner el equipo en estado de hibernación: el usuario puede establecer un tiempo de inactividad a partir del cual el ordenador guarda su estado actual y hace una copia del contenido de la memoria RAM en el disco duro, tras lo que el ordenador se apaga completamente. Al volver a iniciarlo, el usuario se encuentra con todas las aplicaciones abiertas en el estado en el que éstas se encontraban antes de hibernar. Este modo se suele usar para largos periodos de inactividad, consumiendo menos energía que en el modo suspensión y asegurándose de no perder ningún dato ante un corte de tensión o descarga completa de la batería en el caso de un portátil.

Gestionando eficientemente los equipos ofimáticos con este programa se puede conseguir un ahorro de 482 kWh. En cuanto a la inversión, es un programa implementado en todos los sistemas operativos, por lo que se considera gratuita.



## 11.4 LIMPIAR LA PARTE TRASERA DE FRIGORÍFICOS Y CONGELADORES

El radiador de los frigoríficos y los congeladores se encuentra en la parte trasera del equipo. Una limpieza periódica (cada 3 - 4 meses) de este elemento reduciría sustancialmente la suciedad acumulada y, por tanto, mejoraría la evacuación del calor y la eficiencia del equipo. Evitando la obstrucción de la ventilación y manteniendo limpio el serpentín, el condensador necesitaría menores tiempos de funcionamiento, con el consiguiente ahorro energético.



**Ilustración 26. Parte trasera de un frigorífico.**

Además, es importante controlar el estado de las gomas y aislantes, para evitar posibles pérdidas térmicas que incrementarían el consumo del equipo, y evitar las aperturas innecesarias y prolongadas de las puertas. También se ha de considerar la correcta ubicación del equipo, permitiendo una óptima ventilación y alejándolo de fuentes de calor (como hornos o fogones).

El ahorro aproximado realizando esta actuación en los equipos de frío es del 15% del consumo del equipo, de forma que el ahorro esperable sería de 496 kWh. Esta medida no tiene ninguna inversión asociada.

## 11.5 DESCONGELAR SI SE FORMA ESCARCHA EN LOS FRIGORÍFICOS

Consiste en vigilar la formación de hielo o escarcha en el frigorífico o en el congelador y proceder a descongelarla cuando aparezca, evitando la formación de capas de más de 3 mm. Los nuevos modelos suelen incorporar la tecnología “no-frost”, que evitan este proceso, pero aun así es conveniente permanecer atento.

El hielo y la escarcha actúan como aislantes, dificultando el enfriamiento del interior del frigorífico. Un equipo que mantenga capas de hielo inferiores a 3 mm es capaz de ahorrar en torno a un 30% de energía (Fuente: IDAE).

Realizando esta actuación en los frigoríficos que lo necesiten se puede llegar a obtener un ahorro del 30% del consumo del equipo, de forma que el ahorro esperable sería de 991 kWh. La inversión que lleva aparejada esta medida es nula porque la puede llevar a cabo el personal de mantenimiento del edificio.

## 12 CONCLUSIONES

### 12.1 MEDIDAS DE AHORRO ESTUDIADAS

A continuación, se presenta una tabla con los resultados energéticos de la totalidad de las medidas de ahorro analizadas en el presente estudio.

En la tabla se muestra la siguiente información:

- Ahorro energético. Se muestra el ahorro de energía generado por la medida.
- Ahorro económico. Se muestra el ahorro económico anual derivado de la implantación de la medida de ahorro.
- Inversión. Se muestra la inversión necesaria para implementar la medida de ahorro.
- Periodo de retorno simple de la inversión<sup>23</sup>. Se muestra en años el periodo que, debido al ahorro económico generado por la medida, lleva recuperar la inversión realizada para su implementación.
- Emisiones evitadas. Se muestran las emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas debido a la disminución del consumo de electricidad generada por la medida.

---

<sup>23</sup>En este apartado no se ha considerado la evolución de los precios de la energía

**Tabla 43. Tabla resumen de medidas de ahorro estudiadas**

Nº	Descripción de la mejora	Ahorro			Inversión	PRS	Emisiones	VAN	TIR	Vida útil
		kWh / año	% Total	€/ año	€	años	kg CO <sub>2</sub> / año	€	%	años
M1	Instalación de perlizadores en grifos	88	0,07	13	11	0,8	23	109	119,1	10
M8	Instalación de regletas eliminadoras de stand-by	1.813	1,33	271	294	1,1	468	2.205	93,0	10
M2	Instalación de sobre-enchufes Plugwise	6.715	4,93	1.002	2.108	2,1	1.733	7.150	47,5	10
M3	Instalación de válvulas cronotermostáticas	19.651	14,44	1.284	8.723	6,8	5.247	3.259	8,6	10
M4	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de lámparas incandescentes por LED	37	0,03	6	44	7,1	9	12	6,9	15
M5	Instalación de detectores de presencia	1.269	0,93	197	1.820	9,2	327	28	2,3	10
M6	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de tubos fluorescentes por LED	7.702	5,66	1.207	11.528	9,5	1.987	-	1,7	15
M7	Instalación de solar fotovoltaica	5.347	3,93	797	7.727	9,7	1.871	-	-	25
M9	Aislamiento del cuerpo de las bombas de calefacción y ACS	600	0,44	39	519	13,2	160	-	-	10
M10	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de lámparas de bajo consumo por LED	66	0,05	12	180	14,6	17	-	-	15
M11	Sustitución de caldera actual por una de condensación de gas natural	9.997	7,34	3.155	46.475	14,7	8.494	-	-	25
M12	Aislamiento del cuerpo de la caldera	312	0,23	20	700	34,3	83	-	-	10
M13	Sustitución de bombas de calor por otras de mayor rendimiento	1.048	0,77	156	56.878	363,5	270	-	-	20

Nº	Descripción de la mejora	Ahorro			Inversión	PRS	Emisiones	VAN	TIR	Vida útil
		kWh / año	% Total	€/ año	€	años	kg CO <sub>2</sub> / año	€	%	años
M14	Optimización de la potencia contratada	-	-	-	-	-	-	-	-	-

En el gráfico que se muestra a continuación se compara el ahorro energético anual conseguido mediante la aplicación de las diferentes medidas.



**Gráfica 15. Ahorro energético anual de las medidas de ahorro estudiadas en el edificio**

**Tabla 44. Ahorro energético anual de las medidas de ahorro estudiadas en el edificio**

Nº	Descripción de la mejora	Ahorro de energía mejora (kWh/año)
M3	Instalación de válvulas cronotermostáticas	19.651
M11	Sustitución de caldera actual por una de condensación de gas natural	9.997
M6	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de tubos fluorescentes por LED	7.702
M2	Instalación de sobre-enchufes Plugwise	6.715
M7	Instalación de solar fotovoltaica	5.347
M8	Instalación de regletas eliminadoras de stand-by	1.813
M5	Instalación de detectores de presencia	1.269
M13	Sustitución de bombas de calor por otras de mayor rendimiento	1.048
M9	Aislamiento del cuerpo de las bombas de calefacción y ACS	600
M12	Aislamiento del cuerpo de la caldera	312
M1	Instalación de perlizadores en grifos	88

Nº	Descripción de la mejora	Ahorro de energía mejora (kWh/año)
M10	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de lámparas de bajo consumo por LED	66
M4	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de lámparas incandescentes por LED	37
M14	Optimización de la potencia contratada	-

## 12.2 MEDIDAS DE AHORRO RECOMENDADAS

A continuación, se muestra una tabla con las medidas de ahorro que se proponen para su implementación.

De la totalidad de medidas estudiadas se recomienda la implementación de aquellas con un periodo de retorno inferior a 10 años.

**Tabla 45. Tabla resumen de medidas de ahorro recomendadas en el edificio CEIP MANUEL PEREZ**

Nº	Descripción de la mejora	Ahorro			Inversión	PRS	Emisiones	VAN	TIR	Vida útil
		kWh / año	% Total	€/ año	€	años	kg CO <sub>2</sub> / año	€	%	años
M1	Instalación de perlizadores en grifos	88	0,07	13	11	0,8	23	109	119,1	10
M2	Instalación de sobre-enchufes Plugwise	6.715	4,93	1.002	2.108	2,1	1.733	7.150	47,5	10
M3	Instalación de válvulas cronotermostáticas	19.651	14,44	1.284	8.723	6,8	5.247	3.259	8,6	10
M4	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de lámparas incandescentes por LED	37	0,03	6	44	7,1	9	12	6,9	15
M5	Instalación de detectores de presencia	1.269	0,93	197	1.820	9,2	327	28	2,3	10
M6	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de tubos fluorescentes por LED	7.702	5,66	1.207	11.528	9,5	1.987	-199	1,7	15
M7	Instalación de solar fotovoltaica	5.347	3,93	797	7.727	9,7	1.871	-1.316	-1,0	25
<b>TOTAL</b>		<b>40.005<sup>24</sup></b>	<b>29,39</b>	<b>4.418</b>	<b>31.961</b>	<b>7,2</b>	<b>10.976</b>	<b>9.043</b>	<b>7</b>	<b>-</b>

<sup>24</sup> El ahorro total no es igual a la suma del ahorro de cada medida, debido a que existen efectos cruzados entre ellas



El ahorro energético que se consigue mediante la implantación conjunta de todas las medidas de ahorro no es igual a la suma del ahorro energético individualizado de cada medida. En una instalación de este tipo el ahorro de la implantación del total de las medidas es inferior a la suma de los ahorros de cada una de ellas. Esto se debe a que algunas de las medidas recomendadas presentan efectos cruzados.

Dos medidas presentan efectos cruzados cuando afectan al mismo consumo. Cuando esto ocurra, el ahorro de la acción conjunta de las dos medidas será inferior a la suma de los efectos de cada una ellas.

En las instalaciones del edificio “CEIP MANUEL PEREZ” las medidas que presentan efectos cruzados son las medidas que afectan a la iluminación, debido a las medidas de control del tiempo de encendido con el cambio de lámparas.

El ahorro de cada medida por separado se ha calculado bajo la hipótesis de que el resto de la instalación no variará. En el momento que el resto de la instalación varía, el ahorro también lo hará. Sin embargo, la inversión total sí es igual a la suma de la inversión de cada medida de ahorro. Se muestra a continuación una tabla con los resultados energéticos y económicos de la implantación conjunta de todas las medidas de ahorro recomendadas.

**Tabla 46. Ahorro energético anual de las medidas de ahorro en el edificio CEIP MANUEL PEREZ**

<b>IMPLANTACIÓN CONJUNTA DE TODAS LAS MEDIDAS DE AHORRO</b>		
<b>Ahorro energético</b>		Total
	[kWh/año]	40.005
<b>Ahorro energético sobre el consumo total del edificio</b>		Total
	[%]	29,4
<b>Emisiones evitadas</b>	[kg CO <sub>2</sub> / año]	10.976
<b>Reducción de emisiones sobre el total</b>	[%]	30,5
<b>Ahorro económico</b>	[€/ año]	4.418
<b>Inversión necesaria</b>	[€]	31.961
<b>Periodo de retorno simple de la inversión</b>	[Años]	7,2

Para los resultados que se muestran de ahora en adelante, se han tenido en cuenta los efectos de la implantación conjunta de todas las medidas de ahorro recomendadas.

En la tabla que se muestra a continuación se puede ver el consumo total del edificio anterior y posteriormente a la implantación de las medidas. Del mismo modo se muestra el coste energético actual y el que tendrá el edificio tras la implantación de las medidas.

**Tabla 47. Consumo y coste energético antes y después de la implantación de las medidas en el edificio**

Concepto	Unidades	Situación inicial	Situación <sup>25</sup> final	Ahorro
Consumo energético	[kWh / año]	136.130	96.125	40.005
Coste energético	[€ / año]	11.930	7.512	4.418

### 12.3 FLUJO DE CAJA

A continuación, se muestran el flujo de caja de llevar a cabo la totalidad de las medidas recomendadas, en función de la inversión y el ahorro anual conseguidos.

Teniendo en cuenta la vida útil de las propuestas de cambio (entre 10 y 25 años), la TIR no se calcula en un horizonte de 10 años, sino en un horizonte de 9 años.

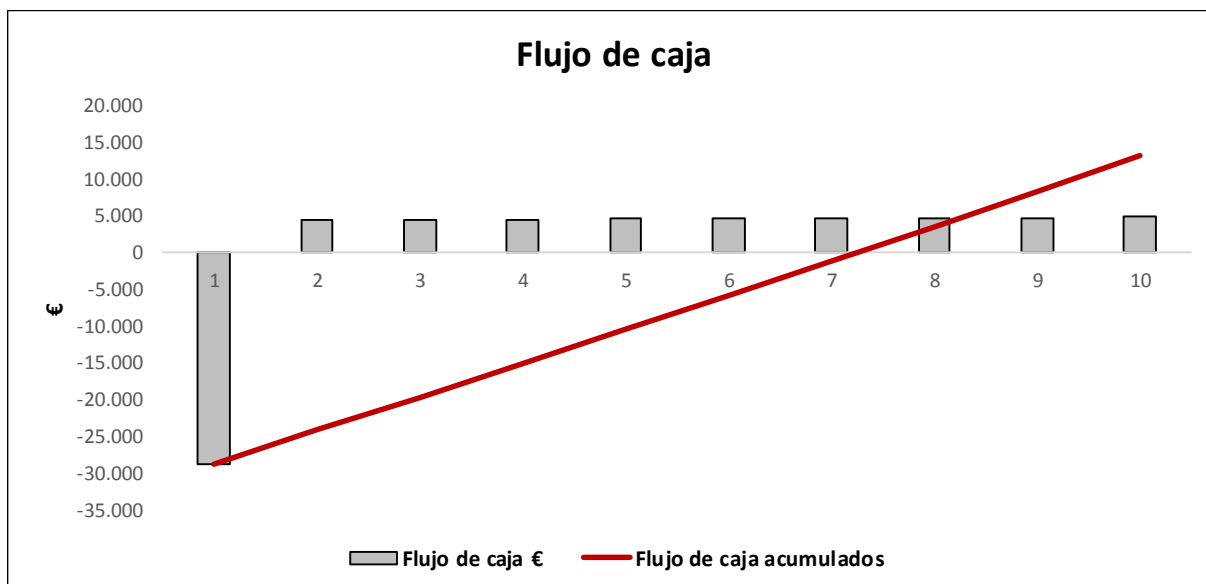
Las medidas se llevarían a cabo en el año 0 (año 1º), y este año obtendríamos casi un 30% de ahorro, por lo que el tiempo de vida real estimado es de 9,5 años.

**Tabla 48. Flujo de caja**

Año	Inversión	Ahorro <sup>26</sup>	Flujo de caja	Flujo de caja acumulado
	€	€	€	€
1º	33.055	4.418	-28.637	-28.637
2º	-	4.462	4.462	-24.175
3º	-	4.507	4.507	-19.668
4º	-	4.552	4.552	-15.116
5º	-	4.597	4.597	-10.519
6º	-	4.643	4.643	-5.875
7º	-	4.690	4.690	-1.186
8º	-	4.737	4.737	3.551
9º	-	4.784	4.784	8.335
10º	-	4.832	4.832	13.167

<sup>25</sup> Después de la implantación de las medidas

<sup>26</sup> Incremento del precio de la energía (1%)



**Gráfica 16. Flujo de caja**

En el gráfico anterior se observa una línea ascendente del flujo de caja acumulado, de forma que con el paso de los años se va recuperando la inversión que se hizo el primer año.

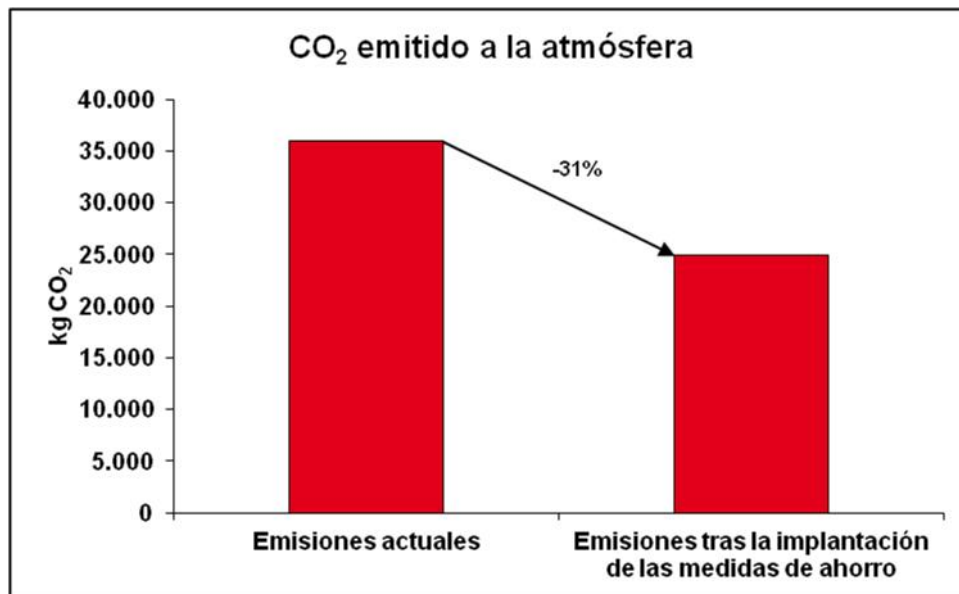
## 12.4 REDUCCIÓN DE EMISIONES

A continuación, se muestra una tabla y un gráfico con las emisiones contaminantes procedentes del consumo energético de las instalaciones, las que se emitirán tras la implantación de todas las medidas de ahorro y la disminución de emisiones que supondrá dicha implantación.

**Tabla 49. Emisiones contaminantes actualmente y tras la implantación de las medidas**

Contaminante	Unidades	Emisión por consumo energético		Disminución
		Situación actual	Situación final <sup>27</sup>	
Consumo energético	[kWh / año]	136.130	96.125	40.005
Emisiones de CO <sub>2</sub>	[kg / año]	35.939	24.963	10.976

<sup>27</sup>Después de la implantación de las medidas:



**Gráfica 17. Ahorro de emisiones de CO<sub>2</sub>**

## 12.5 PLAN DE ACTUACIÓN

El objetivo de un plan de actuación es optimizar el orden de las inversiones realizadas para poder llevarlas a cabo con un desembolso económico mínimo. Para conseguir esto se deben ordenar las inversiones en función de su rentabilidad, para aprovechar al máximo los ahorros que se consiguen con la implantación de las medidas.

El plan de actuación podría aplicarse de la siguiente manera. Se implantarán las medidas con mayores ahorros y periodos de retornos más cortos.

Se ha realizado una clasificación de las medidas según su periodo de retorno. Se han dividido en tres grupos: PRS menor de 3 años, PRS entre 3 y 7 años y PRS mayor de 7 años.

A continuación, se van a clasificar las diferentes medidas en función de su rentabilidad:

### Medidas de ahorro con PRS menor de 3 años

**Tabla 50. Medidas con PRS bajo**

Nº	Resumen de medidas de ahorro	Ahorro de energía (kWh/año)	Ahorro económico anual (€/año)	Inversión asociada (€)	Periodo de retorno (años)
M1	Instalación de perlizadores en grifos	88	13	11	0,8
M2	Instalación de sobre-enchufes Plugwise	6.715	1.002	2.108	2,1

### Medidas de ahorro con PRS entre 3 y 7 años

**Tabla 51. Medidas con PRS medio**

Nº	Resumen de medidas de ahorro	Ahorro de energía (kWh/año)	Ahorro económico anual (€/año)	Inversión asociada (€)	Periodo de retorno (años)
M3	Instalación de válvulas cronotermostáticas	19.651	1.284	8.723	6,8

## Medidas de ahorro con PRS mayor de 7 años

**Tabla 52. Medidas con PRS alto**

Nº	Resumen de medidas de ahorro	Ahorro de energía (kWh/año)	Ahorro económico anual (€/año)	Inversión asociada (€)	Periodo de retorno (años)
M4	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de lámparas incandescentes por LED	37	6	44	7,1
M5	Instalación de detectores de presencia	1.269	197	1.820	9,2
M6	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de tubos fluorescentes por LED	7.702	1.207	11.528	9,5
M7	Instalación de solar fotovoltaica	5.347	797	7.727	9,7

## 13 ANEXOS

### 13.1 CALEFACCIÓN

**Tabla 53. Inventario equipos centralizados calefacción**

Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia térmica (W)	Rto.	Potencia eléctrica (W)	Refrig.
Edf. Principal	Baja	Sala de calderas	Caldera	BAXI / CPA 230-BT	1	230.000	0,95	300	-
Edf. Infantil	Baja	Sala de calderas	Caldera	ROCA / Lidia 60 GT EM	1	58.100	0,95	300	-

**Tabla 54. Inventario equipos bombeo calefacción**

Edificio	Planta	Estancia	Circuito	Marca / Modelo	Unid	Potencia eléctrica (W)
Edf. Principal	Baja	Sala de calderas	Radiador primario	-	2	370
Edf. Infantil	Baja	Sala de calderas	Radiador primario	-	1	70



**Tabla 55. Inventario equipos individualizados calefacción**

Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia térmica (W)	Rto.	Potencia eléctrica (W)	Refrig.
Edf. Principal	Segunda	Aulas	Bomba de calor (calor)	Daitsu / ASD12U	10	3.956	3,35	1.180	R410A
Edf. Principal	Segunda	Aulas	Split	Daitsu / DS-12UM	10	-	-	50	-
Edf. Principal	Primera	Salón de actos y usos múltiples	Bomba de calor (calor)	Daitsu / ASD12U	2	3.956	3,35	1.180	R410A
Edf. Principal	Primera	Salón de actos y usos múltiples	Split	Daitsu / DS-12UM	2	-	-	50	-
Edf. Principal	Primera	Aulas	Bomba de calor (calor)	Daitsu / ASD12U	8	3.956	3,35	1.180	R410A
Edf. Principal	Primera	Aulas	Split	Daitsu / DS-12UM	8	-	-	50	-
Edf. Principal	Baja	Aula matinal	Bomba de calor (calor)	Daitsu / ASD12U	1	3.956	3,35	1.180	R410A
Edf. Principal	Baja	Aula matinal	Split	Daitsu / DS-12UM	1	-	-	50	-
Edf. Principal	Baja	Comedor	Bomba de calor (calor)	Fuji / RY-36LA	2	10.800	3,31	3.260	R410A
Edf. Principal	Baja	Comedor	Split	Fuji / R0-36LA	2	-	-	70	
Edf. Principal	Baja	Biblioteca	Bomba de calor (calor)	Daitsu / ASD12U	1	3.956	3,35	1.180	R410A
Edf. Principal	Baja	Biblioteca	Split	Daitsu / DS-12UM	1	-	-	50	
Edf. Infantil	Baja	Aula Ed. Específica	Bomba de calor (calor)	Daitsu / ASD12U	2	3.956	3,35	1.180	R410A

Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia térmica (W)	Rto.	Potencia eléctrica (W)	Refrig.
Edf. Infantil	Baja	Aula Ed. Específica	Split	Daitsu / DS-12UM	2	-	-	50	-
Edf. Principal	Baja	Sala de profesores	Bomba de calor (calor)	Daitsu / ASD12U	1	3.956	3,35	1.180	R410A
Edf. Principal	Baja	Sala de profesores	Split	Daitsu / DS-12UM	1	-	-	50	-

## 13.2 REFRIGERACIÓN

**Tabla 56. Inventario equipos individualizados refrigeración**

Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia térmica (W)	Rto.	Potencia eléctrica (W)	Refrig.
Edf. Principal	Segunda	Aulas	Bomba de calor (frío)	Daitsu / ASD12U	10	3.516	3,14	1.120	R410A
Edf. Principal	Segunda	Aulas	Split	Daitsu / DS-12UM	10	-	-	50	-
Edf. Principal	Primera	Salón de actos y usos múltiples	Bomba de calor (frío)	Daitsu / ASD12U	2	3.516	3,14	1.120	R410A
Edf. Principal	Primera	Salón de actos y usos múltiples	Split	Daitsu / DS-12UM	2	-	-	50	-
Edf. Principal	Primera	Aulas	Bomba de calor (frío)	Daitsu / ASD12U	8	3.516	3,14	1.120	R410A
Edf. Principal	Primera	Aulas	Split	Daitsu / DS-12UM	8	-	-	50	-
Edf. Principal	Baja	Aula matinal	Bomba de calor (frío)	Daitsu / ASD12U	1	3.516	3,14	1.120	R410A
Edf. Principal	Baja	Aula matinal	Split	Daitsu / DS-12UM	1	-	-	50	-
Edf. Principal	Baja	Aula 1	Bomba de calor (frío)	Daitsu / ASD12U	1	3.516	3,14	1.120	R410A
Edf. Principal	Baja	Aula 1	Split	Daitsu / DS-12UM	1	-	-	50	-
Edf. Principal	Baja	Comedor	Bomba de calor (frío)	Fuji / RY-36LA	2	10.011	2,43	4.120	R410A
Edf. Principal	Baja	Comedor	Split	Fuji / R0-36LA	2	-	-	50	-

Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia térmica (W)	Rto.	Potencia eléctrica (W)	Refrig.
Edf. Principal	Baja	Biblioteca	Bomba de calor (frío)	Daitsu / ASD12U	1	3.516	3,14	1.120	R410A
Edf. Principal	Baja	Biblioteca	Split	Daitsu / DS-12UM	1	-	-	50	-
Edf. Principal	Baja	Servidor	Bomba de calor (frío)	Daitsu / ASD12U	1	3.516	3,14	1.120	R410A
Edf. Principal	Baja	Servidor	Split	Daitsu / DS-12UM	1	-	-	50	-
Edf. Infantil	Baja	Aula Ed. Específica	Bomba de calor (frío)	Daitsu / ASD12U	2	3.516	3,14	1.120	R410A
Edf. Infantil	Baja	Aula Ed. Específica	Split	Daitsu / DS-12UM	2	-	-	50	-
Edf. Principal	Baja	Sala de profesores	Bomba de calor (frío)	Daitsu / ASD12U	1	3.516	3,14	1.120	R410A
Edf. Principal	Baja	Sala de profesores	Split	Daitsu / DS-12UM	1	-	-	50	-

### 13.3 GENERACIÓN DE ACS

Tabla 57. Inventario equipos generación ACS

Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia eléctrica (W)	Capacidad (litros)
Edf. Principal	Baja	Cocina	Termo eléctrico	Gesco	1	1.200	30
Edf. Principal	Baja	Baño profesores	Termo eléctrico	Aparici / 50RI	1	2.000	50

## 13.4 EQUIPOS

**Tabla 58. Inventario equipos**

Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Unid	Potencia ON (W)	Potencia Stand-by (W)
Edf. Principal	Segunda	Aula 1	Pizarra eléctrica	1	180	0
Edf. Principal	Segunda	Aula 1	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Principal	Segunda	Aula 1	Proyector	1	400	5
Edf. Principal	Segunda	Aula 2	Pizarra eléctrica	1	180	0
Edf. Principal	Segunda	Aula 2	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Principal	Segunda	Aula 2	Proyector	1	400	5
Edf. Principal	Segunda	Aula 3	Pizarra eléctrica	1	180	0
Edf. Principal	Segunda	Aula 3	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Principal	Segunda	Aula 3	Proyector	1	400	5
Edf. Principal	Segunda	Aula 4	Pizarra eléctrica	1	180	0
Edf. Principal	Segunda	Aula 4	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Principal	Segunda	Aula 4	Proyector	1	400	5
Edf. Principal	Segunda	Aula 5	Pizarra eléctrica	1	180	0
Edf. Principal	Segunda	Aula 5	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Principal	Segunda	Aula 5	Proyector	1	400	5
Edf. Principal	Segunda	Aula 6	Pizarra eléctrica	1	180	0
Edf. Principal	Segunda	Aula 6	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Principal	Segunda	Aula 6	Proyector	1	400	5

Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Unid	Potencia ON (W)	Potencia Stand-by (W)
Edf. Principal	Segunda	Aula 7	Pizarra eléctrica	1	180	0
Edf. Principal	Segunda	Aula 7	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Principal	Segunda	Aula 7	Proyector	1	400	5
Edf. Principal	Segunda	Aula 8	Pizarra eléctrica	1	180	0
Edf. Principal	Segunda	Aula 8	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Principal	Segunda	Aula 8	Proyector	1	400	5
Edf. Principal	Segunda	Aula 9	Pizarra eléctrica	1	180	0
Edf. Principal	Segunda	Aula 9	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Principal	Segunda	Aula 9	Proyector	1	400	5
Edf. Principal	Segunda	Aula 10	Pizarra eléctrica	1	180	0
Edf. Principal	Segunda	Aula 10	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Principal	Segunda	Aula 10	Proyector	1	400	5
Edf. Principal	Primera	Aula 1	Pizarra eléctrica	1	180	0
Edf. Principal	Primera	Aula 1	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Principal	Primera	Aula 1	Proyector	1	400	5
Edf. Principal	Primera	Aula 2	Pizarra eléctrica	1	180	0
Edf. Principal	Primera	Aula 2	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Principal	Primera	Aula 2	Proyector	1	400	5
Edf. Principal	Primera	Aula 3	Pizarra eléctrica	1	180	0



Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Unid	Potencia ON (W)	Potencia Stand-by (W)
Edf. Principal	Primera	Aula 3	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Principal	Primera	Aula 3	Proyector	1	400	5
Edf. Principal	Primera	Aula 4	Pizarra eléctrica	1	180	0
Edf. Principal	Primera	Aula 4	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Principal	Primera	Aula 4	Proyector	1	400	5
Edf. Principal	Primera	Aula 5	Pizarra eléctrica	1	180	0
Edf. Principal	Primera	Aula 5	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Principal	Primera	Aula 5	Proyector	1	400	5
Edf. Principal	Primera	Aula 6	Pizarra eléctrica	1	180	0
Edf. Principal	Primera	Aula 6	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Principal	Primera	Aula 6	Proyector	1	400	5
Edf. Principal	Primera	Aula 7	Pizarra eléctrica	1	180	0
Edf. Principal	Primera	Aula 7	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Principal	Primera	Aula 7	Proyector	1	400	5
Edf. Principal	Primera	Aula 8	Pizarra eléctrica	1	180	0
Edf. Principal	Primera	Aula 8	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Principal	Primera	Salón de actos y usos múltiples	Proyector	1	400	5
Edf. Principal	Primera	Salón de actos y usos múltiples	Equipo de música	1	350	0
Edf. Principal	Primera	Salón de actos y usos múltiples	Ventilador	1	90	0

Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Unid	Potencia ON (W)	Potencia Stand-by (W)
Edf. Principal	Baja	Aula matinal	TV Color (24-29 pulg Plasma)	1	120	9
Edf. Principal	Baja	Cocina	Cocina de gas	1	8.000	0
Edf. Principal	Baja	Cocina	Arcón congelador pequeño	2	690	0
Edf. Principal	Baja	Cocina	Extractor de humos	1	200	0
Edf. Principal	Baja	Cocina	Frigorífico+congelador	1	240	0
Edf. Principal	Baja	Cocina	Frigorífico industrial	1	350	0
Edf. Principal	Baja	Cocina	Armario caliente	1	1.390	0
Edf. Principal	Baja	Cocina	Lavavajillas industrial	1	4.900	0
Edf. Principal	Baja	Biblioteca	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Principal	Baja	Servidor	Rack	1	150	0
Edf. Principal	Baja	Secretaria	Destructor de Papel	1	350	0
Edf. Principal	Baja	Secretaria	Ordenador+LCD	3	100	17
Edf. Principal	Baja	Secretaria	Fax	1	100	4
Edf. Principal	Baja	Secretaria	Impresora laser	2	370	8
Edf. Principal	Baja	Secretaria	Equipo megafonía	1	250	25
Edf. Principal	Baja	Secretaria	Equipo vigilancia	1	250	0
Edf. Principal	Baja	Dirección	Ordenador+LCD	2	100	17
Edf. Principal	Baja	Dirección	Impresora laser	2	370	8
Edf. Principal	Baja	Dirección	Escáner	1	30	9

Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Unid	Potencia ON (W)	Potencia Stand-by (W)
Edf. Principal	Baja	Sala de profesores	Frigorífico+congelador	1	240	0
Edf. Principal	Baja	Sala de profesores	Ordenador+LCD	2	100	17
Edf. Principal	Baja	Sala de profesores	Impresora laser	1	370	8
Edf. Principal	Baja	Sala de profesores	Microondas	1	2.000	0
Edf. Principal	Baja	Sala de profesores	Pizarra eléctrica	1	180	0
Edf. Principal	Baja	Sala de profesores	Proyector	1	400	5
Edf. Principal	Baja	Sala de profesores	Multifunción grande	2	460	12
Edf. Infantil	Baja	Aula específica	Pizarra eléctrica	1	180	0
Edf. Infantil	Baja	Aula específica	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Infantil	Baja	Aula específica	Proyector	1	400	5
Edf. Infantil	Baja	Aula PT	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Infantil	Baja	Aula 1	Pizarra eléctrica	1	180	0
Edf. Infantil	Baja	Aula 1	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Infantil	Baja	Aula 1	Proyector	1	400	5
Edf. Infantil	Baja	Aula 2	Pizarra eléctrica	1	180	0
Edf. Infantil	Baja	Aula 2	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Infantil	Baja	Aula 2	Proyector	1	400	5
Edf. Infantil	Baja	Aula 3	Pizarra eléctrica	1	180	0
Edf. Infantil	Baja	Aula 3	Ordenador+LCD	1	100	17

Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Unid	Potencia ON (W)	Potencia Stand-by (W)
Edf. Infantil	Baja	Aula 3	Proyector	1	400	5
Edf. Infantil	Baja	Aula 4	Pizarra eléctrica	1	180	0
Edf. Infantil	Baja	Aula 4	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Infantil	Baja	Aula 4	Proyector	1	400	5
Edf. Infantil	Baja	Aula 5	Pizarra eléctrica	1	180	0
Edf. Infantil	Baja	Aula 5	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Infantil	Baja	Aula 5	Proyector	1	400	5
Edf. Infantil	Baja	Aula 6	Pizarra eléctrica	1	180	0
Edf. Infantil	Baja	Aula 6	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Infantil	Baja	Aula 6	Proyector	1	400	5
Edf. Infantil	Baja	Sala de calderas	Bomba de gasoil	1	70	0

## 13.5 ILUMINACIÓN

**Tabla 59. Inventario y propuestas iluminación**

Edificio	Planta	Estancia	Tipo Luminaria	Tipo Lámpara	Nº lum	Lámp por grupo	Pot. lámp (W)	Tipo equipo auxiliar	Propuesta potencia	Propuesta tiempo
Edf. Principal	Segunda	Aula 1	Pantalla estanca	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Principal	Segunda	Aula 1	Adosada	Fluorescente T8	2	1	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Principal	Segunda	Aula 2	Pantalla estanca	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Principal	Segunda	Aula 2	Adosada	Fluorescente T8	2	1	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Principal	Segunda	Aula 3	Pantalla estanca	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Principal	Segunda	Aula 3	Adosada	Fluorescente T8	2	1	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Principal	Segunda	Aula 4	Pantalla estanca	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-

Edificio	Planta	Estancia	Tipo Luminaria	Tipo Lámpara	Nº lum	Lámp por grupo	Pot. lámp (W)	Tipo equipo auxiliar	Propuesta potencia	Propuesta tiempo
Edf. Principal	Segunda	Aula 4	Adosada	Fluorescente T8	2	1	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Principal	Segunda	Aula 5	Pantalla estanca	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Principal	Segunda	Aula 5	Adosada	Fluorescente T8	2	1	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Principal	Segunda	Aula 6	Pantalla estanca	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Principal	Segunda	Aula 6	Adosada	Fluorescente T8	2	1	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Principal	Segunda	Aula 7	Pantalla estanca	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Principal	Segunda	Aula 7	Adosada	Fluorescente T8	2	1	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Principal	Segunda	Aula 8	Pantalla estanca	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-

Edificio	Planta	Estancia	Tipo Luminaria	Tipo Lámpara	Nº lum	Lámp por grupo	Pot. lámp (W)	Tipo equipo auxiliar	Propuesta potencia	Propuesta tiempo
Edf. Principal	Segunda	Aula 8	Adosada	Fluorescente T8	2	1	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Principal	Segunda	Aula 9	Pantalla estanca	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Principal	Segunda	Aula 9	Adosada	Fluorescente T8	2	1	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Principal	Segunda	Aula 10	Pantalla estanca	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Principal	Segunda	Aula 10	Adosada	Fluorescente T8	2	1	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Principal	Segunda	Baño1	Pantalla estanca	Fluorescente T8	3	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
Edf. Principal	Segunda	Baño2	Pantalla estanca	Fluorescente T8	3	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas



Edificio	Planta	Estancia	Tipo Luminaria	Tipo Lámpara	Nº lum	Lámp por grupo	Pot. lámp (W)	Tipo equipo auxiliar	Propuesta potencia	Propuesta tiempo
Edf. Principal	Segunda	Pasillo	Pantalla estanca	Fluorescente T8	10	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1020 Detector Occuswitch, pasillos
Edf. Principal	Primera	Aula 1	Pantalla estanca	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Principal	Primera	Aula 1	Adosada	Fluorescente T8	2	1	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Principal	Primera	Aula 2	Pantalla estanca	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Principal	Primera	Aula 2	Adosada	Fluorescente T8	2	1	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Principal	Primera	Aula 3	Pantalla estanca	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Principal	Primera	Aula 3	Adosada	Fluorescente T8	2	1	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Principal	Primera	Aula 4	Pantalla estanca	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-

Edificio	Planta	Estancia	Tipo Luminaria	Tipo Lámpara	Nº lum	Lámp por grupo	Pot. lámp (W)	Tipo equipo auxiliar	Propuesta potencia	Propuesta tiempo
Edf. Principal	Primera	Aula 4	Adosada	Fluorescente T8	2	1	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Principal	Primera	Aula 5	Pantalla estanca	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Principal	Primera	Aula 5	Adosada	Fluorescente T8	2	1	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Principal	Primera	Aula 6	Pantalla estanca	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Principal	Primera	Aula 6	Adosada	Fluorescente T8	2	1	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Principal	Primera	Aula 7	Pantalla estanca	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Principal	Primera	Aula 7	Adosada	Fluorescente T8	2	1	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Principal	Primera	Aula 8	Pantalla estanca	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-

Edificio	Planta	Estancia	Tipo Luminaria	Tipo Lámpara	Nº lum	Lámp por grupo	Pot. lámp (W)	Tipo equipo auxiliar	Propuesta potencia	Propuesta tiempo
Edf. Principal	Primera	Aula 8	Adosada	Fluorescente T8	2	1	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Principal	Primera	Salón de actos y usos múltiples	Pantalla estancia	Fluorescente T8	16	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Principal	Primera	Baño1	Pantalla estancia	Fluorescente T8	3	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
Edf. Principal	Primera	Baño2	Pantalla estancia	Fluorescente T8	3	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
Edf. Principal	Primera	Pasillo	Pantalla estancia	Fluorescente T8	12	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1020 Detector Occuswitch, pasillos
Edf. Principal	Baja	Aula matinal	Pantalla estancia	Fluorescente T8	5	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Principal	Baja	Pasillo	Pantalla estancia	Fluorescente T8	1	1	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1020 Detector Occuswitch, pasillos

Edificio	Planta	Estancia	Tipo Luminaria	Tipo Lámpara	Nº lum	Lámp por grupo	Pot. lámp (W)	Tipo equipo auxiliar	Propuesta potencia	Propuesta tiempo
Edf. Principal	Baja	Aula 1	Pantalla estanca	Fluorescente T8	3	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Principal	Baja	Hueco de escalera	Aplicque	Incandescente	1	1	60	Ninguno	LEDBulb 806 lm	-
Edf. Principal	Baja	Aula AMPA	Aplicque	Incandescente	1	1	60	Ninguno	LEDBulb 806 lm	-
Edf. Principal	Baja	Comedor	Pantalla estanca	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Principal	Baja	Cocina	Pantalla estanca	Fluorescente T8	6	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Principal	Baja	Despensa	Pantalla estanca	LED	1	1	18	Driver	-	-
Edf. Principal	Baja	Almacén 1	Pantalla estanca	Fluorescente T8	2	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Principal	Baja	Baño comedor	Aplicque	LED	2	1	9	Driver	-	-
Edf. Principal	Baja	Almacén 2	Pantalla estanca	Fluorescente T8	1	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Principal	Baja	Sala de calderas	Pantalla estanca	Fluorescente T8	1	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-

Edificio	Planta	Estancia	Tipo Luminaria	Tipo Lámpara	Nº lum	Lámp por grupo	Pot. lámp (W)	Tipo equipo auxiliar	Propuesta potencia	Propuesta tiempo
Edf. Principal	Baja	Cuadro de luces	Pantalla estanca	Fluorescente T8	1	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Principal	Baja	Biblioteca	Pantalla estanca	Fluorescente T8	7	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Principal	Baja	Servidor	Pantalla estanca	Fluorescente T8	1	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Principal	Baja	Pasillo hall central	Pantalla estanca	Fluorescente T8	7	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1020 Detector Occuswitch, pasillos
Edf. Principal	Baja	Secretaría	Pantalla estanca	Fluorescente T8	3	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Principal	Baja	Hall sala de profesores	Pantalla estanca	Fluorescente T8	1	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Principal	Baja	Dirección	Pantalla estanca	Fluorescente T8	2	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Principal	Baja	Sala de profesores	Pantalla estanca	Fluorescente T8	3	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-

Edificio	Planta	Estancia	Tipo Luminaria	Tipo Lámpara	Nº lum	Lámp por grupo	Pot. lámp (W)	Tipo equipo auxiliar	Propuesta potencia	Propuesta tiempo
Edf. Principal	Baja	Sala de profesores	Pantalla estanca	LED	2	2	18	Driver	-	-
Edf. Principal	Baja	Baño profesores	Pantalla estanca	Fluorescente T8	2	1	18	Balasto electromagnético	LedTUBE 600mm. 800 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
Edf. Principal	Baja	Baño profesores	Aplicue	Incandescente	2	1	60	Ninguno	LEDBulb 806 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
Edf. Principal	Baja	Pasillo edf principal a infantil	Aplicue	Fluorescente compacta integrada	5	1	11	Balasto electromagnético	LEDBulb 470 lm	LRM 1020 Detector Occuswitch, pasillos
Edf. Principal	Baja	Baño 1	Pantalla estanca	Fluorescente T8	1	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
Edf. Principal	Baja	Baño 2	Pantalla estanca	Fluorescente T8	1	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas

Edificio	Planta	Estancia	Tipo Luminaria	Tipo Lámpara	Nº lum	Lámp por grupo	Pot. lámp (W)	Tipo equipo auxiliar	Propuesta potencia	Propuesta tiempo
Edf. Infantil	Baja	Aula Ed. Específica	Pantalla estanca	Fluorescente T8	10	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Infantil	Baja	Pasillo	Pantalla estanca	Fluorescente T8	13	1	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1020 Detector Occuswitch, pasillos
Edf. Infantil	Baja	Baño 1	Pantalla estanca	Fluorescente T8	1	1	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
Edf. Infantil	Baja	Aula PT	Pantalla estanca	Fluorescente T8	2	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Infantil	Baja	Aula PT	Adosada	Fluorescente T8	1	1	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Infantil	Baja	Cuartillo	Pantalla estanca	Fluorescente T8	1	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Infantil	Baja	Aula 1	Pantalla estanca	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Infantil	Baja	Aula 1	Adosada	Fluorescente T8	1	1	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-



Edificio	Planta	Estancia	Tipo Luminaria	Tipo Lámpara	Nº lum	Lámp por grupo	Pot. lámp (W)	Tipo equipo auxiliar	Propuesta potencia	Propuesta tiempo
Edf. Infantil	Baja	Aula 2	Pantalla estanca	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Infantil	Baja	Aula 2	Adosada	Fluorescente T8	1	1	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Infantil	Baja	Aula 3	Pantalla estanca	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Infantil	Baja	Aula 3	Adosada	Fluorescente T8	1	1	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Infantil	Baja	Aula 4	Pantalla estanca	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Infantil	Baja	Aula 4	Adosada	Fluorescente T8	1	1	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Infantil	Baja	Aula 5	Pantalla estanca	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Infantil	Baja	Aula 5	Adosada	Fluorescente T8	1	1	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-

Edificio	Planta	Estancia	Tipo Luminaria	Tipo Lámpara	Nº lum	Lámp por grupo	Pot. lámp (W)	Tipo equipo auxiliar	Propuesta potencia	Propuesta tiempo
Edf. Infantil	Baja	Aula 6	Pantalla estanca	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Infantil	Baja	Aula 6	Adosada	Fluorescente T8	1	1	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Infantil	Baja	Baño aula 1	Pantalla estanca	Fluorescente T8	1	1	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
Edf. Infantil	Baja	Baño aula 2	Pantalla estanca	Fluorescente T8	1	1	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
Edf. Infantil	Baja	Baño aula 3	Pantalla estanca	Fluorescente T8	1	1	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
Edf. Infantil	Baja	Baño aula 4	Pantalla estanca	Fluorescente T8	1	1	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas

Edificio	Planta	Estancia	Tipo Luminaria	Tipo Lámpara	Nº lum	Lámp por grupo	Pot. lámp (W)	Tipo equipo auxiliar	Propuesta potencia	Propuesta tiempo
Edf. Infantil	Baja	Baño aula 5	Pantalla estanca	Fluorescente T8	1	1	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
Edf. Infantil	Baja	Baño aula 6	Pantalla estanca	Fluorescente T8	1	1	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
Edf. Infantil	Baja	Hall entrada	Aplicue	Fluorescente compacta integrada	5	1	11	Balasto electromagnético	LEDBulb 470 lm	-
Edf. Infantil	Baja	Sala de calderas	Pantalla estanca	Fluorescente T8	2	1	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Principal	Baja	Porche exterior	Aplicue	Fluorescente compacta integrada	4	1	11	Balasto electromagnético	LEDBulb 470 lm	-
Exterior	Baja	Entrada colegio	Aplicue	Fluorescente compacta integrada	4	1	11	Balasto electromagnético	LEDBulb 470 lm	-

## 13.6 ENVOLVENTE

Tabla 60. Medidas de ahorro energético en la envolvente

Sistema	Ahorro energético estimado <sup>28</sup>	Ventajas	Consideraciones
<b>Sistema SATE (Sistema de Aislamiento Térmico por el Exterior)</b>	25-30 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se eliminan los puentes térmicos, al adecuarse a la forma geométrica de la fachada</li> <li>• Se mejora la estética de la fachada, rejuveneciendo su aspecto</li> <li>• Mínimo mantenimiento</li> <li>• Evita trabajos en el interior. Se puede instalar en inmuebles ocupados con pocas molestias para los usuarios</li> <li>• No reduce espacio útil</li> <li>• Mejora de aislamiento acústico</li> <li>• Se disminuyen las ganancias por radiación solar directa</li> <li>• Protección estructural contra agresiones externas (lluvia, polución...)</li> <li>• Conservación de la inercia térmica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coste medio</li> </ul>

<sup>28</sup> Respecto a la energía consumida en calefacción y/o refrigeración.

Sistema	Ahorro energético estimado <sup>28</sup>	Ventajas	Consideraciones
<b>Sistema de Aislamiento con Fachada Ventilada</b>	25-40 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se eliminan los puentes térmicos, al adecuarse a la forma geométrica de la fachada</li> <li>• Se mejora la estética de la fachada, rejuveneciendo su aspecto</li> <li>• Mínimo mantenimiento</li> <li>• Evita trabajos en el interior. Se puede instalar en inmuebles ocupados con pocas molestias para los usuarios</li> <li>• No reduce espacio útil</li> <li>• Mejora de aislamiento acústico</li> <li>• Se disminuyen las ganancias por radiación solar directa</li> <li>• Protección estructural contra agresiones externas (lluvia, polución..)</li> <li>• Conservación de la inercia térmica</li> <li>• Acompañado de condiciones de ventilación, contribuye a la eliminación de problemas de salubridad interior, como humedades y condensaciones</li> <li>• No precisa de preparaciones previas de la superficie del muro</li> <li>• Permite opcionalmente, alojar instalaciones entre la cámara y el aislante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coste alto</li> <li>• Mayor Incremento de espesor de la fachada</li> </ul>
<b>Sistema de Aislamiento de Fachadas por Inyección en Cámara</b>	25-30 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solución para cuando no existe la posibilidad de utilizar un sistema por el exterior</li> <li>• Aporta rigidez a la fachada</li> <li>• Mínimo mantenimiento</li> <li>• Evita trabajos en el interior. Se puede instalar en inmuebles ocupados con pocas molestias para los usuarios</li> <li>• No reduce espacio útil</li> <li>• Conservación de la inercia térmica</li> <li>• Sistema económico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se puede garantizar la cobertura total del producto, al no ser visible la aplicación</li> <li>• No protege contra las agresiones externas</li> <li>• No se modifica el aspecto estético de la fachada</li> </ul>

Sistema	Ahorro energético estimado <sup>28</sup>	Ventajas	Consideraciones
<b>Sistema de Aislamiento Térmico por el Interior</b>	25-30 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mínimo mantenimiento</li> <li>• No se precisan sistemas de andamiaje que invadan la vía pública</li> <li>• Único sistema adecuado para edificios con grado de protección para patrimonio histórico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coste medio-alto</li> <li>• Pérdida de superficie útil</li> <li>• No resuelve los puentes térmicos</li> <li>• Presenta molestias para los usuarios del edificio en caso de estar ocupado</li> </ul>
<b>Cambio de carpintería existente</b>	10-30 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Óptimo factor solar: filtra la radiación directa del sol en los meses donde más horas de sol soportan las fachadas y más caro resulta conseguir confort térmico (el coste de producir una frigoría es tres veces mayor que el de una caloría).</li> <li>• Mayor confort, así como un ahorro directo en la factura de aire acondicionado,</li> <li>• Máximo ahorro de calefacción en invierno,</li> <li>• Aislamiento acústico y ahorro energético en un mismo producto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coste medio</li> </ul>
<b>Instalación de parasoles con lamas orientables verticales u horizontales</b>	8-13 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contribuye a disminuir las ganancias térmicas por radiación solar, economizando, en consecuencia, los costes de explotación del sistema de aire acondicionado, a la vez que reduce los problemas de deslumbramiento y maximiza la entrada de luz natural.</li> <li>• Mayor confort</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coste medio</li> </ul>
<b>Aislamiento de cajas de persiana</b>	20-30 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rápida instalación</li> <li>• Productos de larga duración</li> <li>• Económico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si se va a cambiar la carpintería, estudiar la opción de instalar carpinterías con persianas integradas</li> </ul>

## 13.7 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS SOLAR FOTOVOLTAICA

**Tabla 61. Características técnicas exigibles a los módulos de la instalación solar fotovoltaica**

Características	Descripción
Eléctricas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencia nominal 300Wp (o superior) cada uno</li> <li>• Eficiencia del módulo &gt; 15,5%</li> <li>• Las pérdidas de eficiencia de los módulos no podrán superar el 0,9% anual.</li> <li>• Marcado CE según la Directiva 2006/95/CE<sup>29</sup>.</li> <li>• Garantía por el fabricante de un mínimo de 10 años y garantía de rendimiento de 25 años.</li> </ul>
Físicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo de célula: silicio policristalino</li> <li>• Número de células: 72</li> </ul>
Rango de funcionamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura: -40 a + 85°C</li> <li>• Máxima tensión del sistema: 1000V</li> </ul>

<sup>29</sup> Directiva 2006/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2006, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre el material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión. Incorporarán de forma claramente visible e indeleble el modelo y nombre o logotipo del fabricante, así como una identificación individual o número de serie trazable a la fecha de fabricación.