

AUDITORÍA ENERGÉTICA

CEIP SEBASTIÁN GARCÍA VÁZQUEZ

INFORME DE RESULTADOS

Febrero 2019

 **ingeses**

Cliente: Diputación de Huelva

Fecha de visita: Noviembre 2018

Elaborado por:

Juan A. Correa Madrona

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

ÍNDICE

1	RESUMEN EJECUTIVO	10
2	DATOS BÁSICOS DEL EDIFICIO	13
3	MOTIVACIÓN Y OBJETO.....	15
4	METODOLOGÍA	15
4.1	DESARROLLO DEL TRABAJO	15
4.2	CRITERIOS AMBIENTALES: NIVEL DE EMISIONES DE CO ₂ POR CONSUMO DE ENERGÍA.....	16
4.3	CRITERIOS ECONÓMICOS: CICLO DE VIDA DE LAS MEDIDAS CON INVERSIÓN	17
5	CONSUMOS ENERGÉTICOS	18
5.1	SUMINISTRO DE ELECTRICIDAD	18
5.2	SUMINISTRO DE GASÓLEO	20
6	DESCRIPCIÓN DE INSTALACIONES.....	21
6.1	CALEFACCIÓN	21
6.2	REFRIGERACIÓN.....	21
6.3	ILUMINACIÓN	22
6.4	EQUIPOS	24
6.5	ENVOLVENTE.....	25
7	BALANCE ENERGÉTICO.....	27
7.1	PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL BALANCE ENERGÉTICO	27
7.2	BALANCE ENERGÉTICO POR USOS.....	28
7.3	BALANCE ELÉCTRICO POR USOS	29
7.4	BALANCE DE GASÓLEO POR USOS	30
8	LÍNEA DE BASE	31
8.1	PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE LA LÍNEA BASE	31
8.1.1	SELECCIÓN DEL PERÍODO DE REFERENCIA	31
8.1.2	IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES QUE INFLUYEN EN EL COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO	31
8.1.3	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS MEDIANTE MODELOS DE REGRESIÓN	31
8.1.4	SELECCIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO MÁS REPRESENTATIVO.....	32
8.2	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	33
8.3	LÍNEA DE BASE ESTABLECIDA.....	37
9	MEDIDAS DE AHORRO ESTUDIADAS	40
9.1	DESCRIPCIÓN DE MEDIDAS DE AHORRO RECOMENDADAS	41

9.1.1	ILUMINACIÓN	41
9.1.1.1	Sustitución de lámparas convencionales por LED	41
9.1.1.2	Instalación de detectores de presencia y sensores de luz natural.....	43
9.1.2	EQUIPOS	44
9.1.2.1	Instalación de sobre-enchufes (Plugwise).....	44
9.1.3	ENERGÍAS RENOVABLES	46
9.1.3.1	Solar fotovoltaica	46
9.1.1	FACTURACIÓN ELÉCTRICA	54
9.1.1.1	Optimización de la potencia contratada	54
9.2	DESCRIPCIÓN DE MEDIDAS DE AHORRO NO RECOMENDADAS	55
9.2.1	CLIMATIZACIÓN	55
9.2.1.1	Sustitución de bombas de calor por otras de mayor rendimiento	55
9.2.1.2	Aislamiento del cuerpo de la caldera	55
9.2.2	EQUIPOS	57
9.2.2.1	Instalación de regletas eliminadoras de stand-by.....	57
10	MEDIDA DE GESTIÓN Y CONTROL ENERGÉTICO.....	59
10.1.1	TELEGESTIÓN DE LOS EQUIPOS CONSUMIDORES DE ENERGÍA.....	59
11	BUENAS PRÁCTICAS Y PROTOCOLOS DE ACTUACIÓN	60
11.1	REGULACIÓN DEL AIRE DE COMBUSTIÓN DE LAS CALDERAS.....	60
11.2	REGULACIÓN DE LA TEMPERATURA DE LAS ESTANCIAS.....	61
11.3	CONFIGURACIÓN CORRECTA DEL PROGRAMA ENERGY STAR	62
11.4	LIMPIAR LA PARTE TRASERA DE FRIGORÍFICOS Y CONGELADORES	64
11.5	DESCONGELAR SI SE FORMA ESCARCHA EN LOS FRIGORÍFICOS.....	64
12	CONCLUSIONES.....	66
12.1	MEDIDAS DE AHORRO ESTUDIADAS	66
12.2	MEDIDAS DE AHORRO RECOMENDADAS.....	69
12.3	FLUJO DE CAJA	71
12.4	REDUCCIÓN DE EMISIONES	72
12.5	PLAN DE ACTUACIÓN	73
13	ANEXOS	75
13.1	CALEFACCIÓN	75
13.2	REFRIGERACIÓN.....	78
13.3	GENERACIÓN DE ACS	81
13.4	EQUIPOS	81
13.5	ILUMINACIÓN	84

13.6	ENVOLVENTE.....	87
13.7	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS SOLAR FOTOVOLTAICA	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla resumen de medidas de ahorro recomendadas en el edificio CEIP Sebastián García Vazquez	12
Tabla 2. Datos básicos de la instalación	14
Tabla 3. Indicadores calculados para el edificio	14
Tabla 4. Emisiones unitarias por kWh	17
Tabla 5. Consumos energéticos.....	18
Tabla 6. Características del suministro eléctrico	18
Tabla 7. Datos mensuales de consumo Electricidad	18
Tabla 8. Datos mensuales de consumo de Gasóleo	20
Tabla 9. Características equipos calefacción	21
Tabla 10. Características equipos refrigeración	22
Tabla 11. Distribución del consumo y del número de lámparas.....	22
Tabla 12. Distribución de consumos	24
Tabla 13. Herramientas para el cálculo del balance energético	28
Tabla 14. Distribución global del consumo energético	28
Tabla 15. Distribución global del consumo eléctrico.....	29
Tabla 16. Distribución global del consumo de gasóleo.....	30
Tabla 17. Valores de aceptación del modelo matemático.....	33
Tabla 18. Consumo eléctrico y variables significativas para la línea base.....	33
Tabla 19. Análisis comparativo de los resultados de los modelos matemáticos para línea base	36
Tabla 20. Línea base de electricidad CEIP Sebastián García Vázquez	38
Tabla 21. Listado de medidas estudiadas	40
Tabla 22. Sustitución de fluorescentes por LED.....	42
Tabla 23. Instalación de detectores de presencia	44
Tabla 24. Instalación del sistema de control de apagado de equipos Plugwise.....	45
Tabla 25. Latitud y longitud	47
Tabla 26. Potencial solar mensual	48
Tabla 27. Presupuesto instalación solar fotovoltaica.....	51
Tabla 28. Resultados de la Instalación de solar fotovoltaica	53
Tabla 29. Optimización de la potencia contratada.....	54
Tabla 30. Optimización de la potencia contratada.....	54
Tabla 31. Sustitución bombas de calor actuales por bombas de calor eficientes	55
Tabla 32. Aislamiento del cuerpo de la caldera.....	56
Tabla 33. Instalación de regletas eliminadoras del stand-by	58
Tabla 34. Pérdidas en los humos de la combustión del gasóleo	61
Tabla 35. Tabla resumen de medidas de ahorro estudiadas.....	67
Tabla 36. Ahorro energético anual de las medidas de ahorro estudiadas en el edificio.....	68
Tabla 37. Tabla resumen de medidas de ahorro recomendadas en el edificio CEIP Sebastián García Vazquez	69
Tabla 38. Ahorro energético anual de las medidas de ahorro en el edificio CEIP Sebastián García Vazquez	70
Tabla 39. Consumo y coste energético antes y después de la implantación de las medidas en el edificio.....	71
Tabla 40. Flujo de caja.....	71

Tabla 41. Emisiones contaminantes actualmente y tras la implantación de las medidas....	72
Tabla 42. Medidas con PRS bajo.....	73
Tabla 43. Medidas con PRS medio	74
Tabla 44. Medidas con PRS alto	74
Tabla 45. Inventario equipos centralizados calefacción	75
Tabla 46. Inventario equipos individualizados calefacción	75
Tabla 47. Inventario equipos individualizados refrigeración	78
Tabla 48. Inventario equipos generación ACS	81
Tabla 49. Inventario equipos	81
Tabla 50. Inventario y propuestas iluminación	84
Tabla 51. Medidas de ahorro energético en la envolvente	87
Tabla 52. Características técnicas exigibles a los módulos de la instalación solar fotovoltaica	90

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Balance energético por usos	10
Gráfica 2. Evolución mensual del consumo de Electricidad	19
Gráfica 3. Distribución iluminación existente	23
Gráfica 4. Distribución del consumo de los equipos	24
Gráfica 5. Balance energético por usos	29
Gráfica 6. Balance eléctrico por usos.....	30
Gráfica 7. Evolución del consumo eléctrico (2016-2018).....	35
Gráfica 8. Regresiones lineales para establecer la línea base de electricidad	36
Gráfica 9. Ajuste de la línea base y el consumo real	39
Gráfica 10. Escenarios de generación FV y aprovechamiento.....	49
Gráfica 11. Generación mensual de energía.....	50
Gráfica 12. Eficiencia de la cantidad de aire sobre el proceso de combustión	60
Gráfica 13. Ahorro energético anual de las medidas de ahorro estudiadas en el edificio ...	68
Gráfica 14. Flujo de caja	72
Gráfica 15. Ahorro de emisiones de CO ₂	73

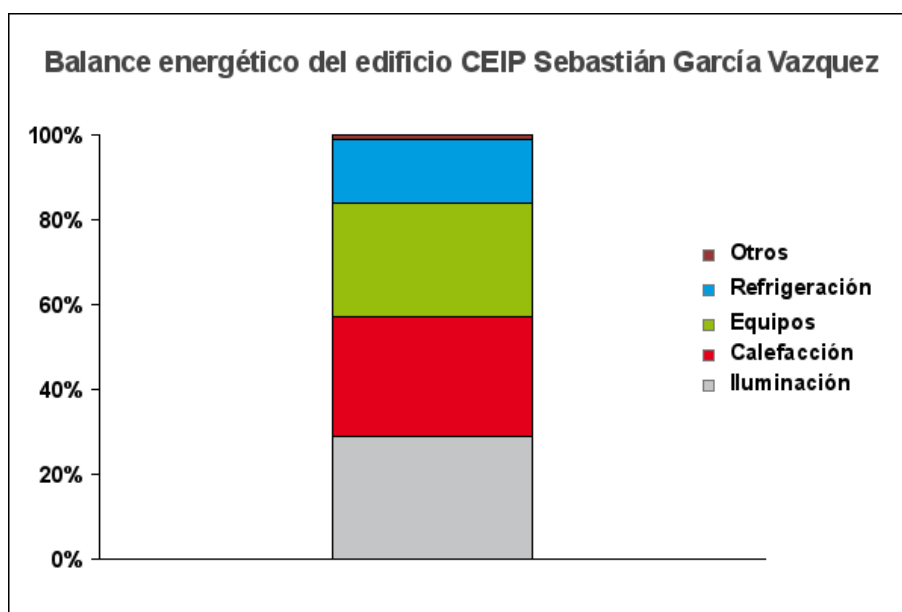
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Plano de situación de las instalaciones	13
Ilustración 2. Fachada del CEIP Sebastián García Vázquez	14
Ilustración 3. Caldera para calefacción	21
Ilustración 4. Bomba de calor para refrigeración	22
Ilustración 5. Luminarias estancas	23
Ilustración 6. Ordenador de sobremesa	24
Ilustración 7. Carpintería de las instalaciones	25
Ilustración 8. Función simplificada o de una única variable	32
Ilustración 9. Función multivariable	32
Ilustración 10. Detector de presencia	43
Ilustración 11. Componentes del sistema de eliminación del modo stand-by de equipos ofimáticos	45
Ilustración 12. Imagen de una célula fotoeléctrica y de un panel fotovoltaico (compuesto de numerosas células)	46
Ilustración 13. Imagen de una instalación fotovoltaica estática	47
Ilustración 14. Zona optima para la ubicación de las placas fotovoltaicas	50
Ilustración 15. Aislamiento tipo manta armada de lana de roca	56
Ilustración 16. Regleta con un maestro, cuatro esclavos y dos tomas convencionales	57
Ilustración 17. Ejemplo de un Sistema de Control Centralizado para climatización	59
Ilustración 18. Logotipo del programa ENERGY STAR de ahorro energético en ordenadores 63	
Ilustración 19. Parte trasera de un frigorífico	64

1 RESUMEN EJECUTIVO

Ingeses, a petición de la Diputación de Huelva, ha llevado a cabo una auditoría energética en detalle al edificio “CEIP Sebastián García Vázquez” ubicado en Lugar Barriada Santo Domingo, 0 S N, 21550 Puebla de Guzmán, Huelva.

Tras la visita y el estudio de los datos recopilados se ha determinado que el consumo energético total asciende a 72.198 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 dos plantas sobre rasante, además de contar con zonas de jardines, patios de recreo y canchas deportivas.

<u>Edificio Primaria</u>		<u>Edificio Infantil</u>
Planta baja	Planta primera	Planta baja
<ul style="list-style-type: none"> - Aulas - Sala de profesores - Oficinas - Cuartos técnicos - Aseos - Espacios comunes 	<ul style="list-style-type: none"> - Aulas - Aseos - Cuartos técnicos - Espacios comunes - Cocina - Comedor 	<ul style="list-style-type: none"> - Aulas - Aseos - Cuartos técnicos

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 31.731 kWh (44% del consumo energético total)** lo cual supone un ahorro económico de 3.313 € con una inversión total de 21.952 €.

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 1. Tabla resumen de medidas de ahorro recomendadas en el edificio CEIP Sebastián García Vazquez

Nº	Descripción de la mejora	Ahorro			Inversión	PRS	Emisiones	VAN	TIR	Vida útil
		kWh / año	% Total	€ / año						
M1	Optimización de la potencia contratada	0	0,00	383	743	1,9	0	2.795	51,7	-
M2	Instalación de sobre-enchufes Plugwise	8.336	11,55	724	2.108	2,9	2.151	4.593	33,2	10
M3	Instalación de detectores de presencia	3.179	4,40	293	910	3,1	820	1.803	30,8	10
M4	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de tubos fluorescentes por LED	11.384	15,77	1.074	8.835	8,2	2.937	5.804	9,6	15
M5	Instalación fotovoltaica	10.936	15,15	1.059	9.356	8,8	2.821	13.494	11,3	25
TOTAL		31.731¹	43,9%	3.313	21.952	6,6	8.186	10.976,8	11	-

¹ 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 Sebastián García Vázquez es un complejo educativo de Infantil y Primaria. Este se encuentra sectorizado en dos zonas distintas (Edificio Principal y Edificio de infantil), distribuido dos 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 Primaria</u>		<u>Edificio Infantil</u>
Planta baja	Planta primera	Planta baja
<ul style="list-style-type: none"> - Aulas - Sala de profesores - Oficinas - Cuartos técnicos - Aseos - Espacios comunes 	<ul style="list-style-type: none"> - Aulas - Aseos - Cuartos técnicos - Espacios comunes - Cocina - Comedor 	<ul style="list-style-type: none"> - Aulas - Aseos - Cuartos técnicos

Las instalaciones se encuentran ubicado en Lugar Barriada Santo Domingo, 0 S N, 21550 Puebla de Guzmán, Huelva, y cuentan con una superficie de 4.515 m², integrados en 2 niveles sobre rasante.



Ilustración 1. Plano de situación de las instalaciones



Ilustración 2. Fachada del CEIP Sebastián García Vázquez

De forma general, el horario del CEIP Sebastián García Vázquez es de 09:00 a 14:00 h, con un recreo de 30 minutos (de 11:15 a 11:45 h).

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

Tabla 2. Datos básicos de la instalación

Dirección del edificio	Lugar Barriada Santo Domingo, 0 S N, 21550 Puebla de Guzmán, Huelva
Zona climática	B3
Nº de plantas	2
Superficie construida (m²)	4.515
Número de usuarios	300
Horario de funcionamiento	L-V: 09:00 a 14:00
Tipología edificatoria	Escuela sin ducha
Consumo energético anual (kWh)	72.198

Tabla 3. Indicadores calculados para el edificio

Indicador	Unidades	Valor
Consumo de energía de la instalación por superficie del edificio	[kWh / m²]	15,99
Emissiones CO ₂ por superficie del edificio	[kg CO ₂ / m²]	4,17

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 Avenida Palo Dulce, s/n, 21500 Gibrleón, 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 CO₂ 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 (CO₂), el monóxido de carbono (CO), el metano (CH₄), 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	² Emisión de CO ₂
Electricidad	kg CO ₂ / kWh	0,26
Gasóleo	kg CO ₂ / kWh	0,27

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 CO₂, 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.

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 = inversión total (€) / 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%

² Información obtenida de Red Eléctrica Española para el mix eléctrico peninsular de 2017 y en MITECO 2017 para el gasóleo

- Tasa de descuento: 2%
- Duración proyecto: 10 años

5 CONSUMOS ENERGÉTICOS

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

Resumen energético de las instalaciones

La contabilidad energética, económica y en emisiones de CO₂ 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 ₂ anuales (kg)
Electricidad	51.638	4.486	13.323
Gasóleo	20.560	1.208	5.490
Total	72.198	5.694	18.812

5.1 SUMINISTRO DE ELECTRICIDAD

El CEIP Sebastián García Vázquez cuenta con un único suministro eléctrico y tiene una tarifa 3.0A con tres periodos de facturación: punta, llano y valle. El resto de las características del suministro eléctricos se puede ver en la siguiente tabla:

Tabla 6. Características del suministro eléctrico

CUPS	Potencia actual		
	P1 (kW)	P2 (kW)	P3 (kW)
ES0031101935884001DW0F	25	25	25

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

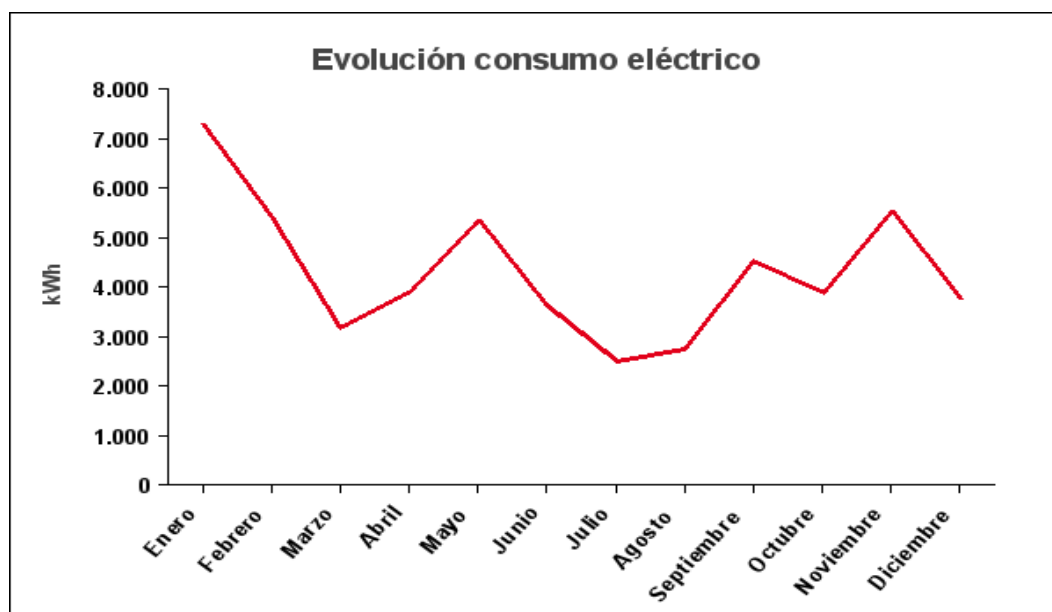
Se han facilitado las facturas eléctricas del último año disponibles, desde enero 2017 hasta diciembre 2017. A continuación, se muestra una tabla con el consumo eléctrico mensual del edificio " CEIP Sebastián García Vázquez".

Tabla 7. Datos mensuales de consumo Electricidad

Mes	Consumo eléctrico (kWh)	Coste (€)
Enero 2017	7.287	677
Febrero 2017	5.429	501

Mes	Consumo eléctrico (kWh)	Coste (€)
Marzo 2017	3.166	297
Abril 2017	3.897	317
Mayo 2017	5.356	466
Junio 2017	3.586	303
Julio 2017	2.486	197
Agosto 2017	2.735	225
Septiembre 2017	4.526	389
Octubre 2017	3.873	330
Noviembre 2017	5.534	469
Diciembre 2017	3.763	315
Total	51.638	4.486³

El coste promedio de la energía es de 0,09 €/kWh. A continuación, se muestra un gráfico con la evolución del consumo eléctrico mensual del edificio “CEIP Sebastián García Vázquez”.



⁴Gráfica 2. Evolución mensual del consumo de Electricidad

El gráfico anterior muestra un mayor consumo en los meses más fríos del año debido a la utilización de los equipos de climatización en modo calefacción. A su vez, en los meses más calurosos, se produce un pico de consumo, puesto que es el período en que se utilizan los mismos equipos, pero en modo refrigeración.

³El coste de la electricidad incluye el coste del término de energía con impuesto eléctrico (IEE).

⁴Los meses de consumo se muestran en año natural

5.2 SUMINISTRO DE GASÓLEO

Se han facilitado las recargas de gasóleo del año 2017.

A continuación, se muestra una tabla con el consumo de gasóleo mensual analizado:

Tabla 8. Datos mensuales de consumo de Gasóleo

Año	Consumo gasóleo (litros)	Coste (€)
Total, litros 2017	2.000	1.208
Total, kWh	20.560⁵	1.208

El coste promedio de la energía es de 0,06 €/kWh. A continuación, se muestra un gráfico con la evolución del consumo de gasóleo mensual.

⁵ 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.

6 DESCRIPCIÓN DE INSTALACIONES

6.1 CALEFACCIÓN

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

Tabla 9. Características equipos calefacción

Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia térmica (W)	Rto.	Potencia eléctrica (W) ⁶
Caldera	Roca CPA 130	1	165.400	0,91	390
Caldera	Roca GAVINA 20 GT	1	26.500	0,88	300



Ilustración 3. Caldera para calefacción

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

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 algunos equipos de generación de calor se muestran a continuación:

⁶Hace 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.

Tabla 10. Características equipos refrigeración

Equipo	Unid	Potencia térmica (W)	Potencia eléctrica (W) ⁷
Split	1	-	60
Bomba de calor (calor)	1	3500	1000


Ilustración 4. Bomba de calor para refrigeración

La relación de equipos con sus características técnicas, se encuentran descritas en el inventario de instalaciones

6.3 ILUMINACIÓN

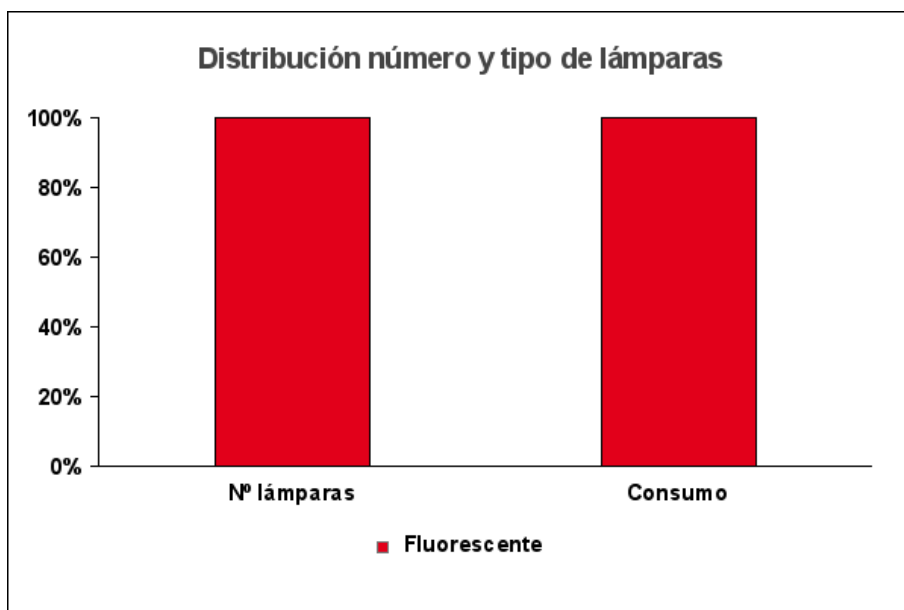
La potencia total instalada en el edificio es de 19,67 kW. A continuación, se adjunta una tabla que determina la representatividad de las lámparas y su consumo en el edificio:

Tabla 11. Distribución del consumo y del número de lámparas

Tecnología	Lámparas		Consumo	
	Unidades	%	kWh	%
Fluorescente	490	100,00	20.825	100,00
Total	490	100%	20.825	100%

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

⁷Hace 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.



Gráfica 3. Distribución iluminación existente



Ilustración 5. Luminarias estancas

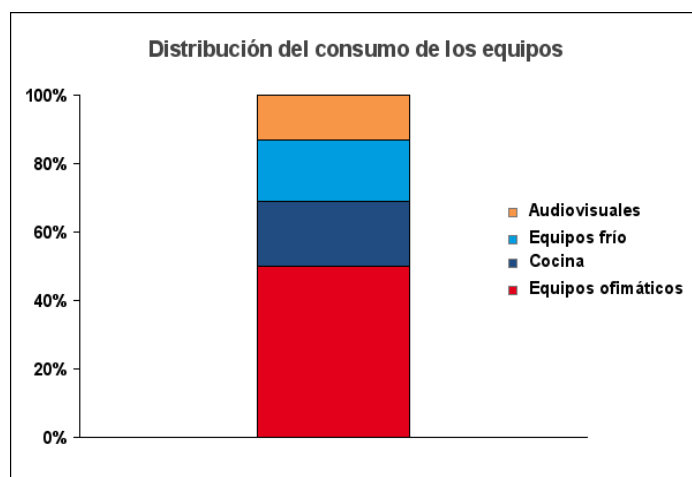
En el anexo se dispone de un inventario detallado de los equipos de iluminación por estancia.

6.4 EQUIPOS

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

Tabla 12. Distribución de consumos

Servicio energético	Consumo (kWh)	%
Cocina	3.606	18,79
Equipos frío ⁸	3.536	18,43
Audiovisuales	2.502	13,04
Equipos ofimáticos	9.543	49,74
Total	19.186	100%



Gráfica 4. Distribución del consumo de los equipos



Ilustración 6. Ordenador de sobremesa

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

⁸ Dentro de este grupo se engloban aquellos equipos relacionados con la generación y conservación del frío.

6.5 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 edificaciones construidas en dos etapas diferentes, pero con el mismo sistema constructivo para ambos. Los principales sistemas constructivos son:

- Edificio principal y edificio infantil, datados en 1983 y 1986 respectivamente (según página web del centro):
 - Muros exteriores compuestos por fábrica de ladrillo a cara vista perforado blanco + enfoscado de mortero + aislante térmico + fábrica de ladrillo hueco. Guarnecidos y enlucidos interiormente con yeso y algunas zonas enfoscado exteriormente con mortero de cemento y acabados con pinturas plásticas decorativas.
 - 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 y la teja cerámica curva, sujeta a los tableros mediante mortero de agarre.

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



Ilustración 7. Carpintería de las instalaciones

Las carpinterías cuentan lamas horizontales, como protección solar.

La fachada principal está orientada hacia el norte, 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.

La fábrica 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.
- 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, en los edificios que carezcan de ellos, 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.

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.
- Ventilación: la potencia de los equipos de extracción o renovación de aire, así como las horas de funcionamiento.

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 13. 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	
Ventilación	Inventario de equipos Toma de datos in situ	

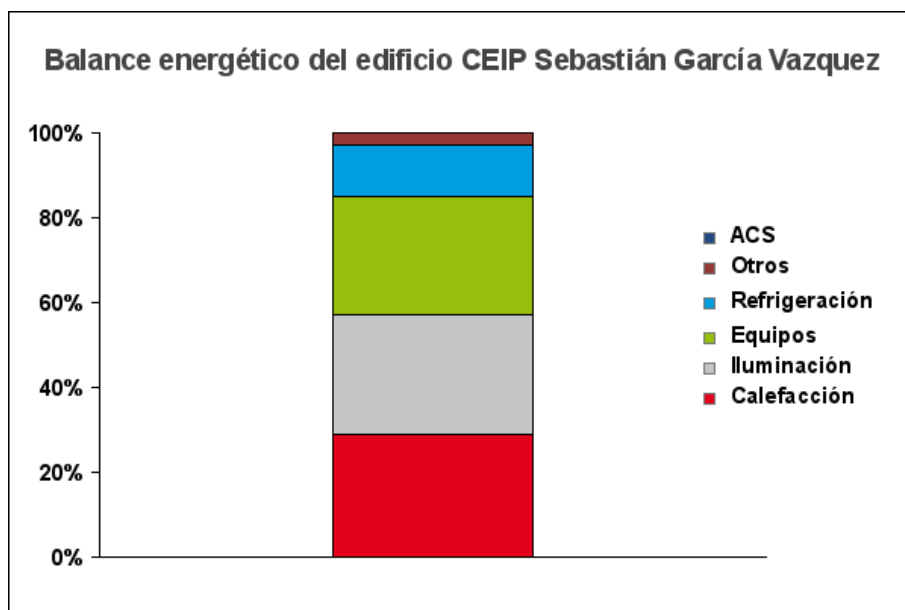
7.2 BALANCE ENERGÉTICO POR USOS

La siguiente tabla muestra la distribución del consumo energético anual.

Tabla 14. Distribución global del consumo energético

Uso energético	Consumo (kWh)	Consumo (%)
Iluminación	20.514	28,41
Calefacción	20.769	28,77
Refrigeración	8.781	12,16
ACS	259	0,36
Equipos	20.070	27,80
Otros	1.805	2,50
Total	72.198	100%

Esta distribución por usos queda reflejada en la siguiente gráfica:



Gráfica 5. Balance energético por usos

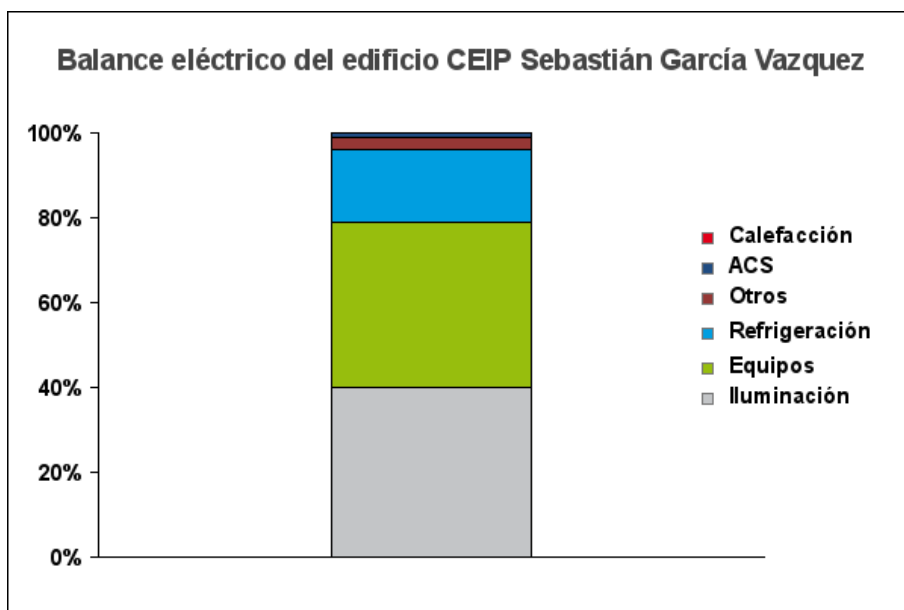
7.3 BALANCE ELÉCTRICO POR USOS

La siguiente tabla muestra la distribución del consumo eléctrico anual.

Tabla 15. Distribución global del consumo eléctrico

Uso energético	Consumo (kWh)	Consumo (%)
Iluminación	20.514	39,73
Calefacción	209	0,40
Refrigeración	8.781	17,01
ACS	259	0,50
Equipos	20.070	38,87
Otros	1.805	3,50
Total	51.638	100%

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 de gasóleo anual.

Tabla 16. Distribución global del consumo de gasóleo

Uso energético	Consumo (kWh)	Consumo (%)
Calefacción	20.560	100,00
Total	20.560	100%

Esta distribución por usos queda reflejada en la siguiente gráfica:

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 periodo 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-día⁹ 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:

⁹ 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

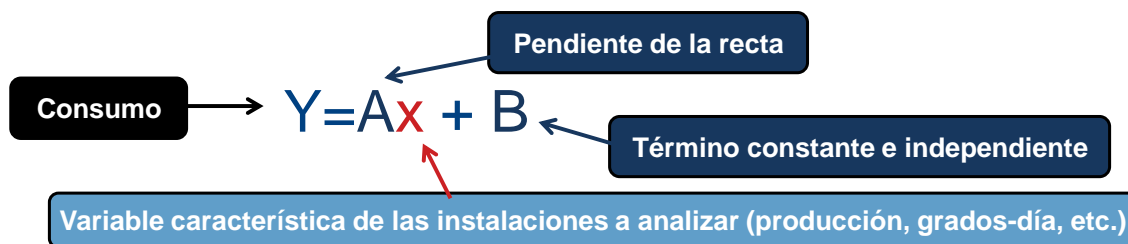


Ilustración 8. Función simplificada o de una única variable

Función multivariable

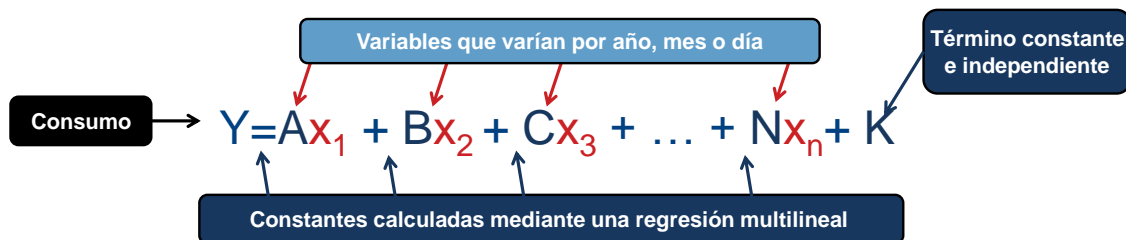


Ilustración 9. Función multivariable

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 17. 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 18. Consumo eléctrico y variables significativas para la línea base

Mes	Consumo	GDR ¹⁰	GDC ¹¹	Mes laborable	Días laborables	GDT ¹²
Julio 2016	2.241	312	0	0	20	312
Agosto 2016	3.554	348	0	0	25	348
Septiembre 2016	5.287	144	1	0,5	21	145
Octubre 2016	4.825	58	24	1	19	82
Noviembre 2016	6.408	4	93	1	22	97

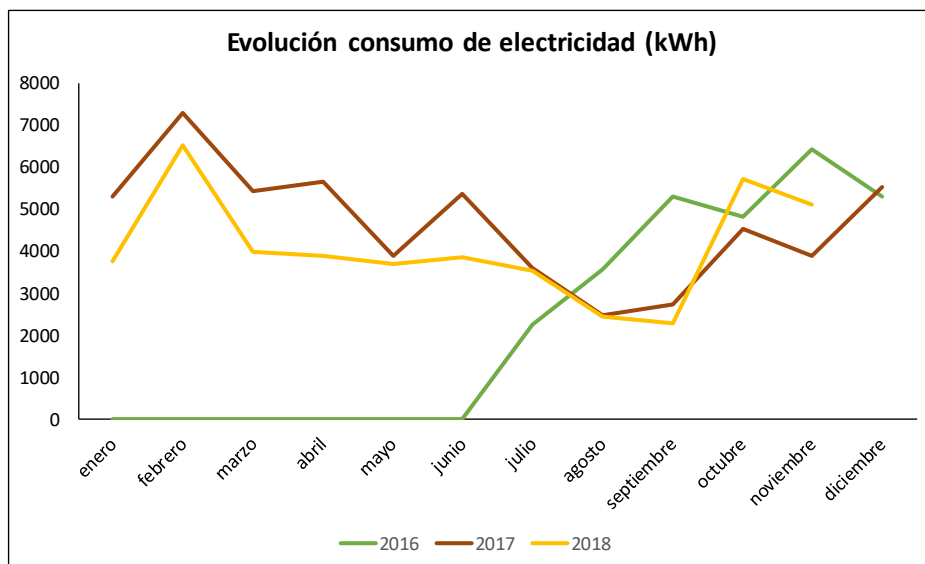
¹⁰ Grados día de refrigeración, dependientes del calor en verano, obtenidos de la estación meteorológica de San Pablo (Sevilla).

¹¹ Grados día de calefacción, dependientes del frío en invierno, obtenidos de la estación meteorológica de San Pablo (Sevilla).

¹² Grados día totales, suma de los GDC y GDR.

Mes	Consumo	GDR ¹⁰	GDC ¹¹	Mes laborable	Días laborables	GDT ¹²
Diciembre 2016	5.287	0	170	1	12	170
Enero 2017	7.287	0	153	1	22	153
Febrero 2017	5.429	17	63	1	18	80
Marzo 2017	5.664	62	59	1	19	121
Abril 2017	3.897	69	8	1	19	77
Mayo 2017	5.356	223	1	1	23	224
Junio 2017	3.586	267	0	0,5	20	267
Julio 2017	2.486	351	0	0	24	351
Agosto 2017	2.735	265	0	0	21	265
Septiembre 2017	4.526	197	1	0,5	20	198
Octubre 2017	3.873	58	16	1	18	74
Noviembre 2017	5.534	16	127	1	23	142
Diciembre 2017	3.763	2	107	1	10	109
Enero 2018	6.524	1	180	1	23	181
Febrero 2018	3.966	2	76	1	16	78
Marzo 2018	3.874	8	79	1	16	88
Abril 2018	3.688	44	39	1	21	83
Mayo 2018	3.861	81	7	1	23	88
Junio 2018	3.534	218	0	0,5	22	218
Julio 2018	2.428	293	0	0	22	293
Agosto 2018	2.298	252	0	0	20	252
Septiembre 2018	5.698	236	0	0,5	23	236
Octubre 2018	5.105	34	37	1	22	71
Noviembre 2018	4.952	7	71	1	22	77

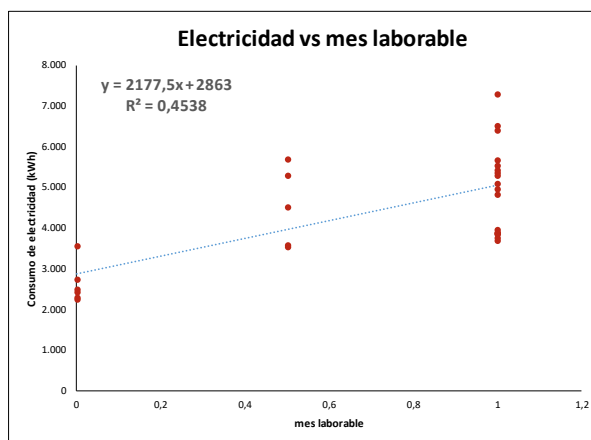
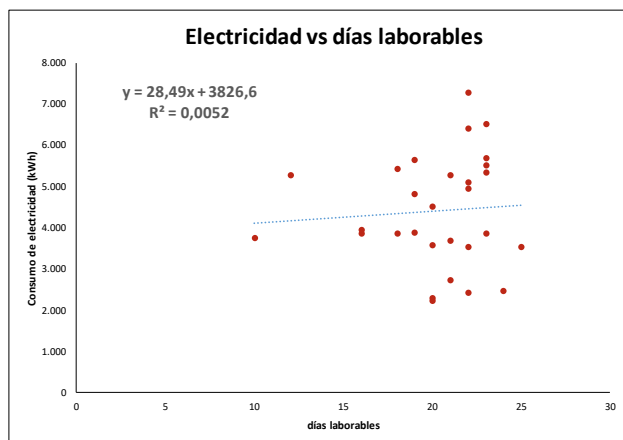
En la siguiente gráfica se representa el histórico de los consumos desde julio de 2016. Puede observarse cómo el consumo sigue una tendencia similar durante los poco más de 3 años de estudio.

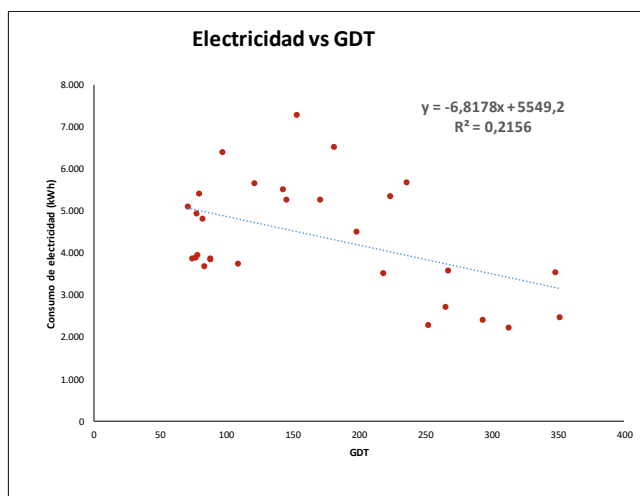
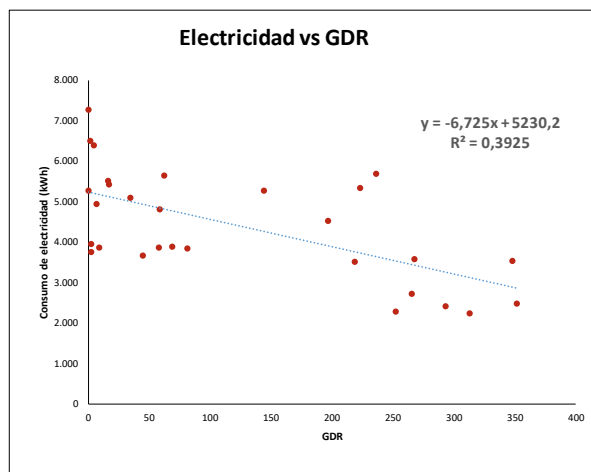
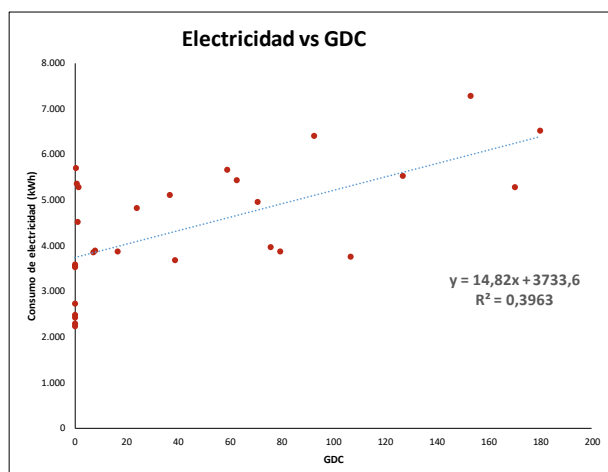


Gráfica 7. Evolución del consumo eléctrico (2016-2018)

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

Comparativa entre las regresiones lineales para establecer la línea base





Gráfica 8. 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 y GDC.

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

Tabla 19. 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	-	0,4538	-	-
Electricidad vs días laborables	-	0,0052	-	-
Electricidad vs GDC	-	0,3963	-	-

Ecuación	Parámetro			
	Coeficiente de correlación múltiple	R2 ajustado	Valor crítico de F	Desviación promedio (%)
Electricidad vs GDR	-	0,3925	-	-
Electricidad vs GDT	-	0,2156	-	-
Electricidad vs mes laborable y GDC	0,7316	0,4981	6,9E-5	18,2

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 Sebastián García Vázquez 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.

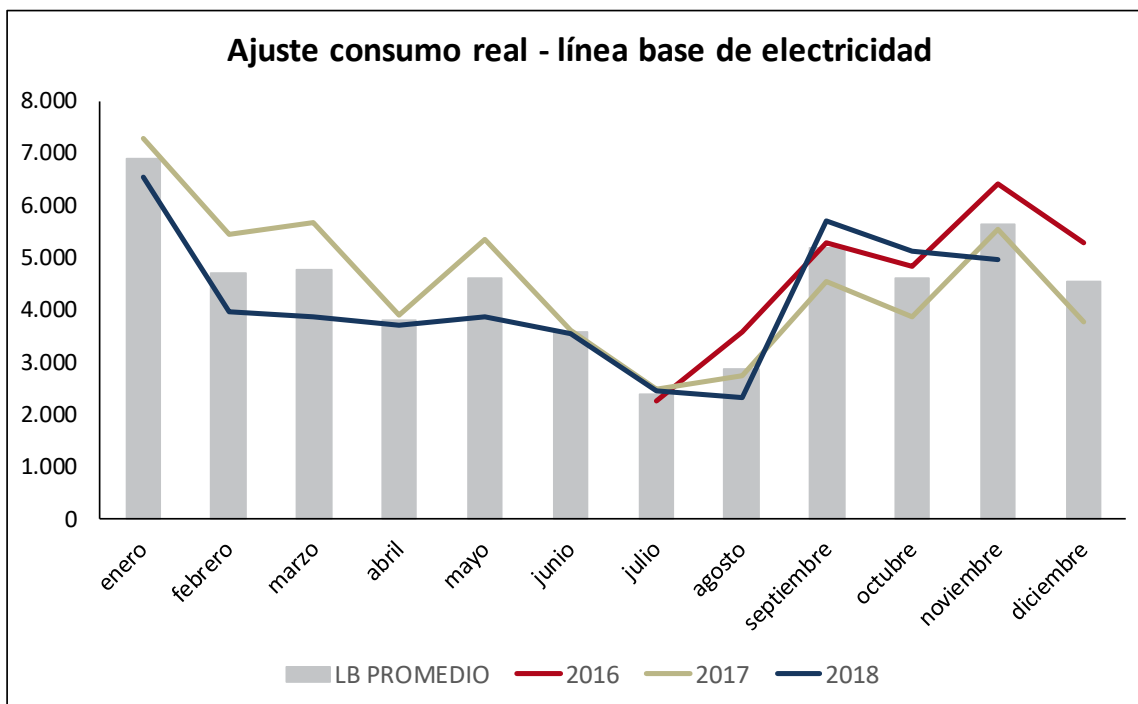
A continuación, se muestra una tabla con la línea base de electricidad para el edificio " CEIP Sebastián García Vázquez ":

Tabla 20. Línea base de electricidad CEIP Sebastián García Vázquez

Mes	Consumo eléctrico esperado (kWh)
Enero	6.906
Febrero	4.698
Marzo	4.769
Abril	3.793
Mayo	4.609
Junio	3.560
Julio	2.385
Agosto	2.862
Septiembre	5.170
Octubre	4.601
Noviembre	5.631
Diciembre	4.525
Desviación promedio¹³ (%)	12,5

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

¹³ Promedio de la diferencia entre el consumo real frente al consumo esperado según la línea base establecida.



Gráfica 9. Ajuste de la línea base y el consumo real

Puede observarse que la línea base establecida no proporciona un ajuste adecuado (desviación promedio < 10%). Esto puede deberse a que los intervalos de facturación son de medio mes a medio mes, lo que impide asimilarlo a períodos de vacaciones, festivos, etc. Por otro lado, se observa que hay mucha variación entre los mismos meses en diferentes años.

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 21. Listado de medidas estudiadas

Descripción de la mejora	Ahorro (kWh / año)
Instalación de regletas eliminadoras de stand-by	834
Optimización de la potencia contratada	0
Instalación de sobre-enchufes Plugwise	8.336
Instalación de detectores de presencia	3.179
Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de tubos fluorescentes por LED	11.384
Instalación fotovoltaica	10.936
Sustitución de bombas de calor por otras de mayor rendimiento	8.512
Aislamiento del cuerpo de la caldera	50

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.

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 ILUMINACIÓN

9.1.1.1 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 watio 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 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 36W y/o T5 de 28W por tubos LED de 20W.

En el anexo 13.5 puede verse qué luminarias se propone cambiar. [las que se incluye una descripción en la columna: propuesta potencia].

Tabla 22. Sustitución de fluorescentes por LED

Sustitución de fluorescentes por LED		
Ahorro		
Ahorro energético		Ahorro económico
kWh / año	%	Eu / año
11.384	15,77	1.074
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
4.119	4.716	8.835
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
8,2	15	5.804
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO ₂ / año		
2.937		

Para la implantación de esta medida no es necesaria la redacción de un proyecto.

9.1.1.2 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 10. Detector de presencia

Se ha evaluado la instalación de 25 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 23. Instalación de detectores de presencia

Instalación de detectores de presencia		
Ahorro		
Ahorro energético		Ahorro económico
kWh / año	%	Eu / año
3.179	4,40	293
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
465	445	910
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
3,1	10	2.075
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO ₂ / año		
820		

Para la implantación de esta medida no es necesaria la redacción de un proyecto.

9.1.2 EQUIPOS

9.1.2.1 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 11. Componentes del sistema de eliminación del modo stand-by de equipos ofimáticos

- Sobre-enchufe 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 24. Instalación del sistema de control de apagado de equipos Plugwise

Instalación del sistema de control de apagado de equipos Plugwise		
Ahorro		
Ahorro energético		Ahorro económico
kWh / año	%	Eu / año
8.336	11,55	724
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
2.108	0	2.108
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
2,9	10	5.272
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO ₂ / año		
2.151		

Para la implantación de esta medida no es necesaria la redacción de un proyecto.

9.1.3 ENERGÍAS RENOVABLES

9.1.3.1 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.

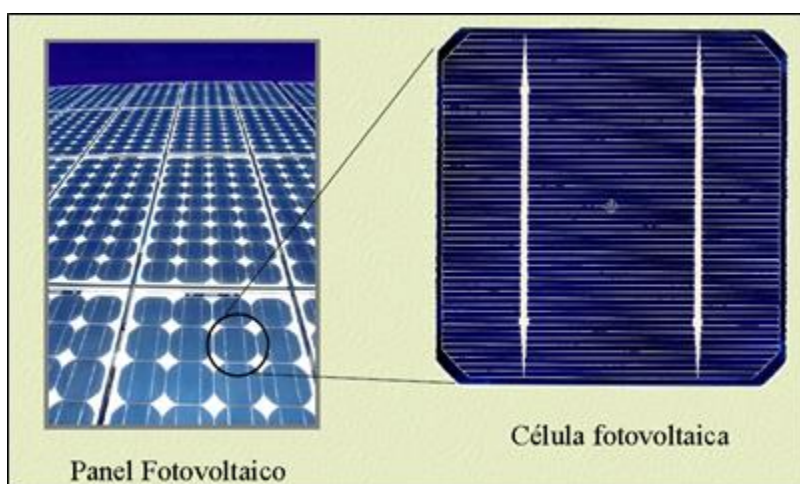


Ilustración 12. Imagen de una célula fotoeléctrica y de un panel fotovoltaico (compuesto de numerosas células)

La potencia de un panel fotovoltaico o de una instalación fotovoltaica se mide en kilovatios pico (kWp). 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/m²).

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 13. 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 autoconsumir 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 25. Latitud y longitud

Colegio	CEIP Sebastián García Vázquez	
Coordenadas	LAT	37.6137
	LON	-7.2539

Tabla 26. Potencial solar mensual

Mes	Potencial FV (kWh / día kWp)	Días	Potencial FV (kWh / mes kWp)
Enero	3,25	31	100,75
Febrero	4,08	28	114,24
Marzo	4,71	31	146,01
Abril	4,72	30	141,6
Mayo	5,12	31	158,72
Junio	5,24	30	157,2
Julio	5,5	31	170,5
Agosto	5,42	31	168,02
Septiembre	4,87	30	146,1
Octubre	4,28	31	132,68
Noviembre	3,8	30	114
Diciembre	3,15	31	97,65
Total			1.647

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

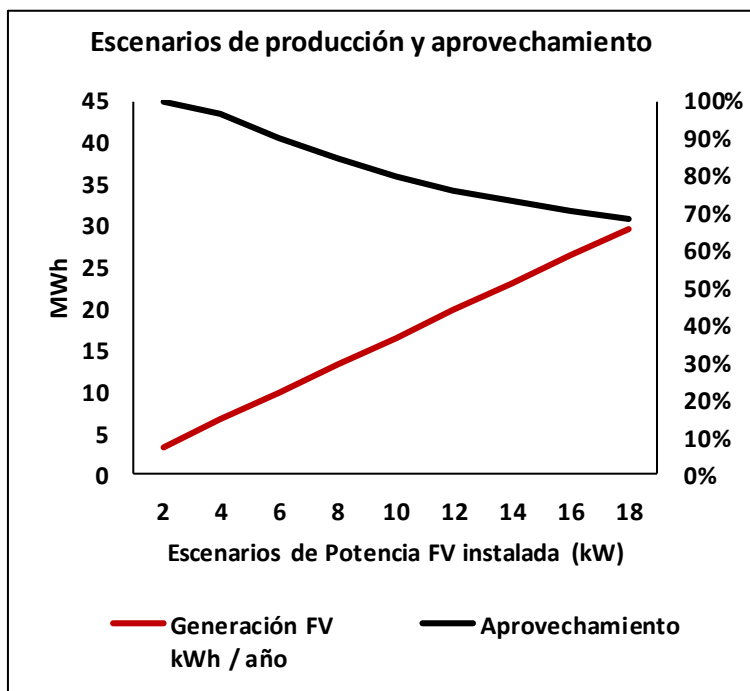
Dimensionamiento. Tamaño óptimo

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

- La generación será la máxima posible, minimizando la energía desperdiciada¹⁴, de modo que se pueda autoconsumir 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.

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:

¹⁴ 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%.



Gráfica 10. Escenarios de generación FV y aprovechamiento

A partir de esta información, se determina la potencia óptima, que permite un aprovechamiento del 85,1% de la energía generada:

- Potencia pico propuesta = 7,8 kWp

Resultados

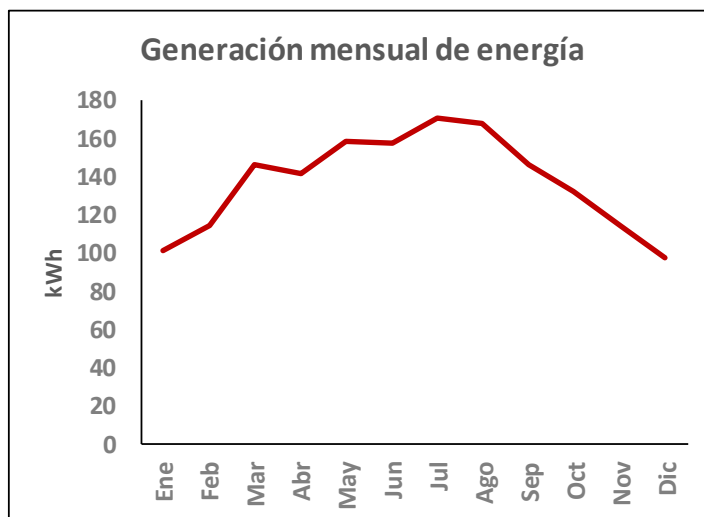
Instalación propuesta

Datos de la instalación

- Potencia pico: 7,8 kWp
- Número de módulos: 26
- Potencia de los módulos: 300 Wp
- Inclinación de los módulos: 30°¹⁵

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

¹⁵ Inclinación óptima en la zona



Gráfica 11. Generación mensual de energía

La generación anual de energía es igual a **12.850 kWh**. Se considera un aprovechamiento de un 85,1%, esto es: **10.936 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 7,8 kW se necesita una superficie aproximada de unos 63 m².

Como zona óptima se ha elegido la cubierta plana no transitable seleccionada en la siguiente ilustración, la cual consta con una superficie aprovechable de unos 120 m².



Ilustración 14. Zona optima 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/m².

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.

Configuración de la instalación

Para la presente instalación se han considerado los siguientes equipos:

- Paneles FV
 - N° paneles: 26
 - Potencia pico: 300 Wp
 - Entre un 14 - 20 % sobredimensionamiento mínimo o máximo permitido por el inversor.
- Inversores
 - N° inversores: 1
 - Potencia nominal: 8,5 kW

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

Presupuesto

Tabla 27. Presupuesto instalación solar fotovoltaica

Concepto	Coste (€)	Coste (€ / Wp)
Módulos FV	2.600	0,33
Inversor	1.131	0,15
Equipo gestor	250	0,03
Controlador de vertido	300	0,04
Estructura auxiliar	1.000	0,13

Concepto	Coste (€)	Coste (€ / Wp)
Material eléctrico y protecciones	1.000	0,13
Mano de obra	2.300	0,29
Gestiones y memoria técnica	650	0,08
Seguridad y salud	75	0,01
Gestión de residuos	50	0,01
Total	9.356	1,1995

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 0,0868 €/kWh.

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

Tabla 28. Resultados de la Instalación de solar fotovoltaica

Instalación de solar fotovoltaica		
Ahorro		
Generación de energía		Ahorro económico
kWh / año ¹⁶	% ¹⁷	Eu / año
10.936	15,15%	1.059
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
6.281	3.075 ¹⁸	9.356
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN¹⁹
años	años	Eu
8,83	25	13.494
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO ₂ / año		
2.821		

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.

¹⁶ Ahorro eléctrico

¹⁷ Ahorro con respecto al consumo eléctrico

¹⁸ Incluye mano de obra, gestiones, ingeniería, seguridad y salud y gestión de residuos

¹⁹ Para el cálculo del VAN y TIR se considera una vida útil de 25 años, ya que es la duración a considerar para un proyecto ESE.

9.1.1 FACTURACIÓN ELÉCTRICA

9.1.1.1 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.

En base a las facturas del centro se ha establecido la potencia óptima para cada uno de los periodos. En este caso se recomienda modificar la potencia contratada en los periodos P2 y P3.

Tabla 29. Optimización de la potencia contratada

CUPS	Potencia óptima		
	P1 (kW)	P2 (kW)	P3 (kW)
ES0031101935884001DW0F	25	34	7

Esta medida conlleva una inversión debida al coste de los derechos de enganche, la cuota de extensión, la cuota de acceso y la renovación del CIE²⁰ por parte de la distribuidora.

A continuación, se muestra una tabla con los resultados de la optimización de la potencia en el centro:

Tabla 30. Optimización de la potencia contratada

Optimización potencia contratada		
Ahorro		
Ahorro energético		Ahorro económico
kWh / año	%	Eu / año
-	-	383
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
-	-	743
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
1,94	-	
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO ₂ / año		
-		

²⁰ Certificado de Instalación Eléctrica

9.2 DESCRIPCIÓN DE MEDIDAS DE AHORRO NO RECOMENDADAS

9.2.1 CLIMATIZACIÓN

9.2.1.1 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 por lo 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 31. Sustitución bombas de calor actuales por bombas de calor eficientes

Sustitución bombas de calor actuales por bombas de calor eficientes		
Ahorro		
Ahorro energético		Ahorro económico
kWh / año	%	Eu / año
8.512	11,79	740
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
31.354	7.839	39.193
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
53,0	20	-
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO ₂ / año		
2.196		

Para la implantación de esta medida no es necesaria la redacción de un proyecto.

9.2.1.2 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 15. Aislamiento tipo manta armada de lana de roca

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

Tabla 32. Aislamiento del cuerpo de la caldera

Aislamiento del cuerpo de la caldera		
Ahorro		
Ahorro energético		Ahorro económico
kWh / año	%	Eu / año
50	0,07	3
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
132	218	350
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
119,5	10	-
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO ₂ / año		
13		

Para la implantación de esta medida no es necesaria la redacción de un proyecto.

9.2.2 EQUIPOS

9.2.2.1 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 16. Regleta con un maestro, cuatro esclavos y dos tomas convencionales

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

Tabla 33. Instalación de regletas eliminadoras del stand-by

Instalación de regletas eliminadoras del stand-by		
Ahorro		
Ahorro energético		Ahorro económico
kWh / año	%	Eu / año
834	1,16	72
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
9	0	9
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
0,1	10	728
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO ₂ / año		
215		

Para la implantación de esta medida no es necesaria la redacción de un proyecto.

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, enfriadoras o iluminación, 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 CO₂.

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, no hay climatización centralizada, pero existe un consumo elevado de equipos individuales de climatización, de iluminación y equipos ofimáticos.

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.

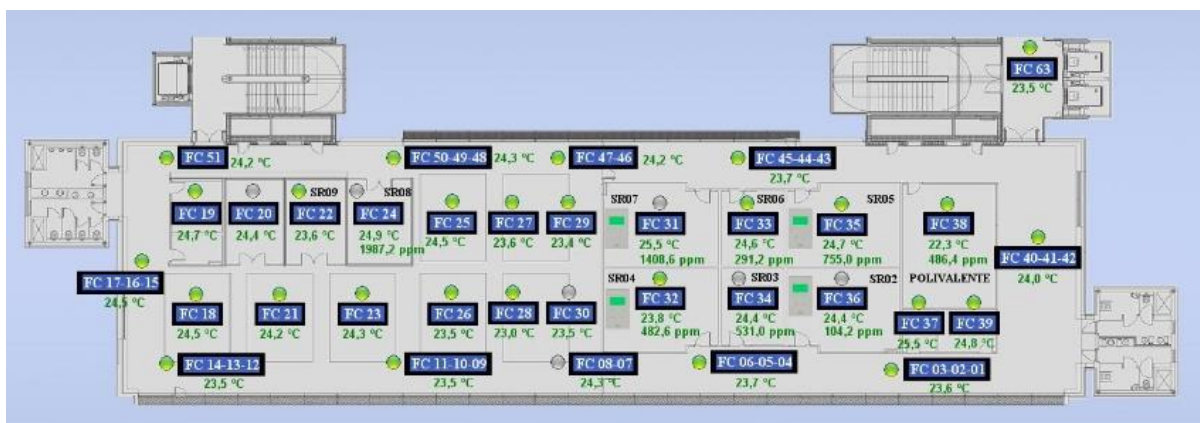


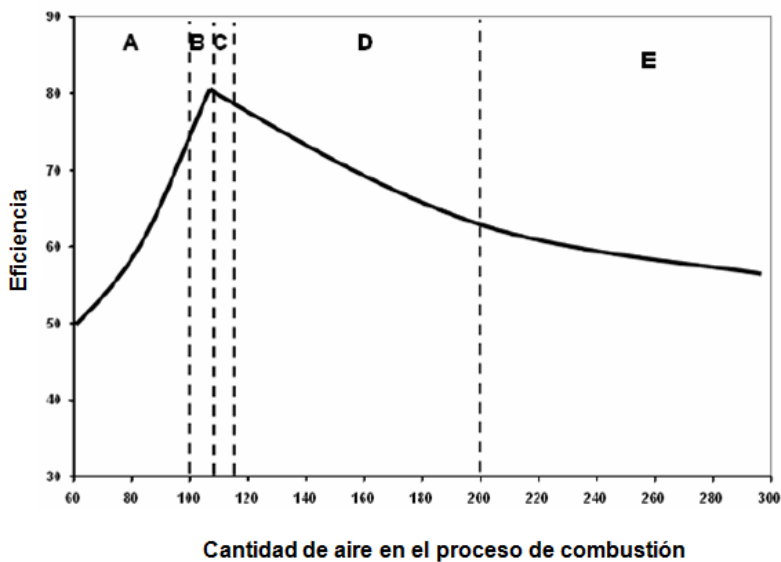
Ilustración 17. Ejemplo de un Sistema de Control Centralizado para climatización

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 12. 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 λ 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 34. Pérdidas en los humos de la combustión del gasóleo

O ₂	CO ₂	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 617 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 m², 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 4.544 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 18. 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 355 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 19. 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 354 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 707 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:

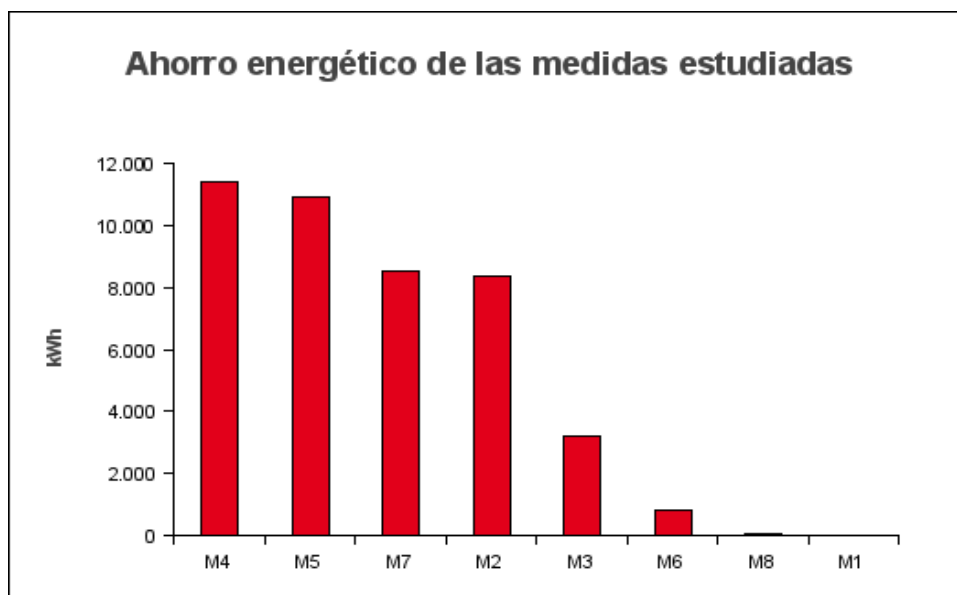
- Ahorro energético. Se muestra el ahorro de energía generado por la medida.
- Ahorro económico. Se muestra el ahorro económico anual derivado de la implantación de la medida de ahorro.
- Inversión. Se muestra la inversión necesaria para implementar la medida de ahorro.
- Periodo de retorno simple de la inversión²¹. 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 CO₂ evitadas debido a la disminución del consumo de electricidad generada por la medida

²¹En este apartado no se ha considerado la evolución de los precios de la energía

Tabla 35. 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 ₂ / año	€	%	años
M6	Instalación de regletas eliminadoras de stand-by	834	1,16	72	9	0,1	215	653	-	10
M1	Optimización de la potencia contratada	0	0,00	383	743	1,9	0	2.795	51,7	-
M2	Instalación de sobre-enchufes Plugwise	8.336	11,55	724	2.108	2,9	2.151	4.593	33,2	10
M3	Instalación de detectores de presencia	3.179	4,40	293	910	3,1	820	1.803	30,8	10
M4	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de tubos fluorescentes por LED	11.384	15,77	1.074	8.835	8,2	2.937	5.804	9,6	15
M5	Instalación fotovoltaica	10.936	15,15	1.059	9.356	8,8	2.821	13.494	11,3	25
M7	Sustitución de bombas de calor por otras de mayor rendimiento	8.512	11,79	740	39.193	53,0	2.196	-	-	20
M8	Aislamiento del cuerpo de la caldera	50	0,07	3	350	119,5	13	-	-	10

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



Gráfica 13. Ahorro energético anual de las medidas de ahorro estudiadas en el edificio

Tabla 36. Ahorro energético anual de las medidas de ahorro estudiadas en el edificio

Nº	Descripción de la mejora	Ahorro de energía mejora (kWh/año)
M4	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de tubos fluorescentes por LED	11.384
M5	Instalación fotovoltaica	10.936
M7	Sustitución de bombas de calor por otras de mayor rendimiento	8.512
M2	Instalación de sobre-enchufes Plugwise	8.336
M3	Instalación de detectores de presencia	3.179
M6	Instalación de regletas eliminadoras de stand-by	834
M8	Aislamiento del cuerpo de la caldera	50
M1	Optimización de la potencia contratada	0

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 37. Tabla resumen de medidas de ahorro recomendadas en el edificio CEIP Sebastián García Vazquez

Nº	Descripción de la mejora	Ahorro			Inversión	PRS	Emisiones	VAN	TIR	Vida útil
		kWh / año	% Total	€ / año	€	años	kg CO ₂ / año	€	%	años
M1	Optimización de la potencia contratada	0	0,00	383	743	1,9	0	2.795	51,7	-
M2	Instalación de sobre-enchufes Plugwise	8.336	11,55	724	2.108	2,9	2.151	4.593	33,2	10
M3	Instalación de detectores de presencia	3.179	4,40	293	910	3,1	820	1.803	30,8	10
M4	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de tubos fluorescentes por LED	11.384	15,77	1.074	8.835	8,2	2.937	5.804	9,6	15
M5	Instalación fotovoltaica	10.936	15,15	1.059	9.356	8,8	2.821	13.494	11,3	25
TOTAL		31.731²²	43,9%	3.313	21.952	6,6	8.186	10.976,8	11	-

²² 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 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 Sebastián García Vázquez” 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 38. Ahorro energético anual de las medidas de ahorro en el edificio CEIP Sebastián García Vázquez

IMPLANTACIÓN CONJUNTA DE TODAS LAS MEDIDAS DE AHORRO		
Ahorro energético		Total
	[kWh/año]	31.731
Ahorro energético sobre el consumo total del edificio		Total
	[%]	43,9
Emisiones evitadas	[kg CO ₂ / año]	8.186
Reducción de emisiones sobre el total	[%]	43,5
Ahorro económico	[€ / año]	3.313
Inversión necesaria	[€]	21.952
Periodo de retorno simple de la inversión	[Años]	6,6

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 39. Consumo y coste energético antes y después de la implantación de las medidas en el edificio

Concepto	Unidades	Situación inicial	Situación ²³ final	Ahorro
Consumo energético	[kWh / año]	72.198	40.467	31.731
Coste energético	[€ / año]	5.694	2.381	3.313

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.

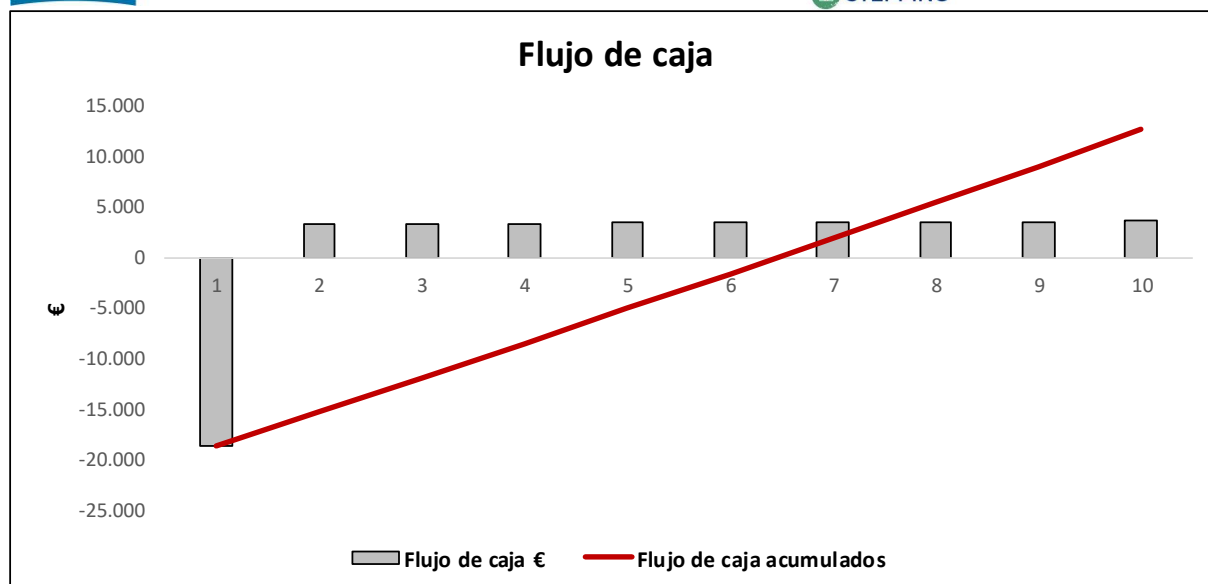
Las medidas se llevarían a cabo en el año 0 (año 1º).

Tabla 40. Flujo de caja

Año	Inversión	Ahorro ²⁴	Flujo de caja	Flujo de caja acumulado
	€	€	€	€
1º	21.952	3.313	-18.639	-18.639
2º	-	3.346	3.346	-15.293
3º	-	3.380	3.380	-11.913
4º	-	3.413	3.413	-8.500
5º	-	3.448	3.448	-5.052
6º	-	3.482	3.482	-1.570
7º	-	3.517	3.517	1.946
8º	-	3.552	3.552	5.498
9º	-	3.588	3.588	9.086
10º	-	3.623	3.623	12.709

²³ Después de la implantación de las medidas

²⁴ Incremento del precio de la energía (1%)



Gráfica 14. 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.

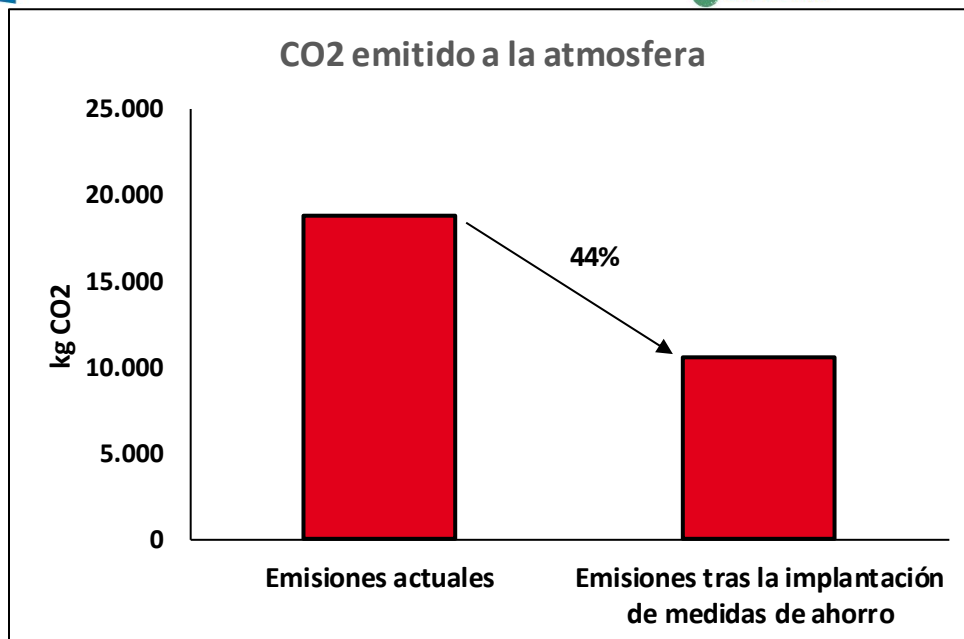
12.4 REDUCCIÓN DE EMISIONES

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 41. Emisiones contaminantes actualmente y tras la implantación de las medidas

Contaminante	Unidades	Emisión por consumo energético		Disminución
		Situación actual	Situación final ²⁵	
Consumo energético	[kWh / año]	72.198	40.467	31.731
Emisiones de CO ₂	[kg / año]	18.812	10.626	8.186

²⁵Después de la implantación de las medidas:



Gráfica 15. Ahorro de emisiones de CO₂

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 42. 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	Optimización de la potencia contratada	0	383	743	1,9
M2	Instalación de sobreenchufes Plugwise	8.336	724	2.108	2,9

Medidas de ahorro con PRS entre 3 y 7 años

Tabla 43. 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 detectores de presencia	3.179	293	910	3,1

Medidas de ahorro con PRS mayor de 7 años

Tabla 44. 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 tubos fluorescentes por LED	11.384	1.074	8.835	8,2
M5	Instalación fotovoltaica	10.936	1.059	9.356	8,8

13 ANEXOS

13.1 CALEFACCIÓN

Tabla 45. Inventario equipos centralizados calefacción

Edificio	Estancia	Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia térmica (W)	Rto.	Potencia eléctrica (W)
CEIP Sebastián García Vázquez	Sala calderas	Caldera	Roca CPA 130	1	165.400	0,91	390
CEIP Sebastián García Vázquez	Sala calderas	Caldera	Roca GAVINA 20 GT	1	26.500	0,88	300

Tabla 46. Inventario equipos individualizados calefacción

Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Unid	Potencia térmica (W)	Potencia eléctrica (W)
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	General	Split	1	0	60
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	General	Bomba de calor (calor)	1	1.990	2.700
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Biblioteca	Split	1	0	60
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Biblioteca	Bomba de calor (calor)	1	3.900	1.000
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Secretaría	Split	1	0	60
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Secretaría	Bomba de calor (calor)	1	3.900	1.000
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Jefe de estudios	Split	1	0	60
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Jefe de estudios	Bomba de calor (calor)	1	3.900	1.000
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Director	Split	1	0	60
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Director	Bomba de calor (calor)	1	3.900	1.000

Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Unid	Potencia térmica (W)	Potencia eléctrica (W)
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Aula 1	Split	1	0	60
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Aula 1	Bomba de calor (calor)	1	3.900	1.000
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Aula 2	Split	1	0	60
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Aula 2	Bomba de calor (calor)	1	3.900	1.000
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Aula 3	Split	1	0	60
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Aula 3	Bomba de calor (calor)	1	3.900	1.000
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Aula 4	Split	1	0	60
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Aula 4	Bomba de calor (calor)	1	3.900	1.000
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Aula 5	Split	1	0	60
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Aula 5	Bomba de calor (calor)	1	3.900	1.000
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Aula 6	Split	1	0	60
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Aula 6	Bomba de calor (calor)	1	3.900	1.000
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Salón de actos	Split	2	0	60
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Salón de actos	Bomba de calor (calor)	2	3.900	1.000
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Aula 7	Split	1	0	60
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Aula 7	Bomba de calor (calor)	1	3.900	1.000
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Aula 8	Split	1	0	60
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Aula 8	Bomba de calor (calor)	1	3.900	1.000
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Aula 9	Split	1	0	60
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Aula 9	Bomba de calor (calor)	1	3.900	1.000

Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Unid	Potencia térmica (W)	Potencia eléctrica (W)
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Aula 10	Split	1	0	60
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Aula 10	Bomba de calor (calor)	1	3.900	1.000
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Aula 11	Split	1	0	60
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Aula 11	Bomba de calor (calor)	1	3.900	1.000
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Aula 12	Split	1	0	60
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Aula 12	Bomba de calor (calor)	1	3.900	1.000
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Aula 13	Split	1	0	60
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Aula 13	Bomba de calor (calor)	1	3.900	1.000
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Aula 14	Split	1	0	60
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Aula 14	Bomba de calor (calor)	1	3.900	1.000
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Aula 15	Split	1	0	60
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Aula 15	Bomba de calor (calor)	1	3.900	1.000
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Aula 16	Split	1	0	60
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Aula 16	Bomba de calor (calor)	1	3.900	1.000

Tabla 47. Inventario equipos individualizados refrigeración

Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Unid	Potencia térmica (W)	Potencia eléctrica (W)
CEIP Sebastián García Vázquez	-	Cuarto	Split	1	0	60
CEIP Sebastián García Vázquez	-	Cuarto	Bomba de calor (frío)	1	1.870	2.600
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Biblioteca	Split	1	0	60
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Biblioteca	Bomba de calor (frío)	1	3.500	1.000
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Secretaría	Split	1	0	60
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Secretaría	Bomba de calor (frío)	1	3.500	1.000
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Jefe de estudios	Split	1	0	60
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Jefe de estudios	Bomba de calor (frío)	1	3.500	1.000
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Director	Split	1	0	60
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Director	Bomba de calor (frío)	1	3.500	1.000
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Aula 1	Split	1	0	60
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Aula 1	Bomba de calor (frío)	1	3.500	1.000
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Aula 2	Split	1	0	60
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Aula 2	Bomba de calor (frío)	1	3.500	1.000
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Aula 3	Split	1	0	60
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Aula 3	Bomba de calor (frío)	1	3.500	1.000
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Aula 4	Split	1	0	60

Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Unid	Potencia térmica (W)	Potencia eléctrica (W)
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Aula 4	Bomba de calor (frío)	1	3.500	1.000
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Aula 5	Split	1	0	60
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Aula 5	Bomba de calor (frío)	1	3.500	1.000
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Aula 6	Split	1	0	60
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Aula 6	Bomba de calor (frío)	1	3.500	1.000
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Salón de actos	Split	2	0	60
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Salón de actos	Bomba de calor (frío)	2	3.500	1.000
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Aula 7	Split	1	0	60
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Aula 7	Bomba de calor (frío)	1	3.500	1.000
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Aula 8	Split	1	0	60
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Aula 8	Bomba de calor (frío)	1	3.500	1.000
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Aula 9	Split	1	0	60
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Aula 9	Bomba de calor (frío)	1	3.500	1.000
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Aula 10	Split	1	0	60
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Aula 10	Bomba de calor (frío)	1	3.500	1.000
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Aula 11	Split	1	0	60
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Aula 11	Bomba de calor (frío)	1	3.500	1.000
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Aula 12	Split	1	0	60
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Aula 12	Bomba de calor (frío)	1	3.500	1.000
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Aula 13	Split	1	0	60

Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Unid	Potencia térmica (W)	Potencia eléctrica (W)
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Aula 13	Bomba de calor (frío)	1	3.500	1.000
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Aula 14	Split	1	0	60
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Aula 14	Bomba de calor (frío)	1	3.500	1.000
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Aula 15	Split	1	0	60
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Aula 15	Bomba de calor (frío)	1	3.500	1.000
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Aula 16	Split	1	0	60
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Aula 16	Bomba de calor (frío)	1	3.500	1.000

Tabla 48. Inventario equipos generación ACS

Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Unid	Potencia eléctrica (W)
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Cocina	Termo eléctrico	1	1.200

13.4 EQUIPOS

Tabla 49. Inventario equipos

Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Unid	Potencia ON (W)	Potencia Stand-by (W)
CEIP Sebastián García Vázquez	-	General	Fotocopiadora	2	1.500	12
CEIP Sebastián García Vázquez	-	General	Ordenador portátil	1	40	8
CEIP Sebastián García Vázquez	-	General	Proyector	11	400	5
CEIP Sebastián García Vázquez	-	General	Pizarra eléctrica	11	180	0
CEIP Sebastián García Vázquez	-	General	Impresora pequeña	6	200	5
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Cocina	Lavavajillas industrial	1	4.900	0
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Cocina	Congelador horizontal	3	200	0
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Cocina	Microondas	2	2.000	0
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Cocina	Cámara frigorífica grande	1	1.011	0
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Cocina	Frigorífico+congelador	1	240	0
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Cocina	Mesa caliente	1	2.400	0
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Cocina	Freidora	2	1.500	0

Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Unid	Potencia ON (W)	Potencia Stand-by (W)
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Cocina	Cortafiambre	1	100	0
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Cocina	Campana extractora industrial	1	2.000	0
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Biblioteca	Ordenador+LCD	3	100	17
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Secretaría	Ordenador+LCD	3	100	17
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Jefe de estudios	Ordenador+LCD	3	100	17
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Secretaría	Ordenador+LCD	3	100	17
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Director	Ordenador+LCD	2	100	17
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Aula 1	Ordenador+LCD	2	100	17
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Aula 2	Ordenador+LCD	2	100	17
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Aula 3	Ordenador+LCD	2	100	17
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Aula 4	Ordenador+LCD	2	100	17
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Aula 5	Ordenador+LCD	2	100	17
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Aula 6	Ordenador+LCD	2	100	17
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Salón de actos	Ordenador+LCD	2	100	17
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Aula 6	Ordenador+LCD	2	100	17
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Aula 7	Ordenador+LCD	2	100	17
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Aula 8	Ordenador+LCD	2	100	17
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Aula 9	Ordenador+LCD	2	100	17
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Aula 10	Ordenador+LCD	2	100	17
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Aula 11	Ordenador+LCD	2	100	17

Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Unid	Potencia ON (W)	Potencia Stand-by (W)
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Aula 12	Ordenador+LCD	2	100	17
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Aula 13	Ordenador+LCD	2	100	17
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Aula 14	Ordenador+LCD	2	100	17
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Aula 15	Ordenador+LCD	3	100	17
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Aula 16	Ordenador+LCD	3	100	17

13.5 ILUMINACIÓN

Tabla 50. 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
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Salón 1	Adosada	Fluorescente T8	9	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Salón 2	Adosada	Fluorescente T8	9	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Salón 3	Adosada	Fluorescente T8	9	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Salón 4	Adosada	Fluorescente T8	9	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Salón 5	Adosada	Fluorescente T8	9	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Salón 6	Adosada	Fluorescente T8	9	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Salón 7	Adosada	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
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Pasillo	Adosada	Fluorescente T8	44	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1020 Detector Occuswitch, pasillos
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Cuarto 1	Adosada	Fluorescente T8	4	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Cuarto 2	Adosada	Fluorescente T8	4	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Cuarto 3	Adosada	Fluorescente T8	4	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Salón 1	Adosada	Fluorescente T8	9	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Salón 2	Adosada	Fluorescente T8	9	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Salón 3	Adosada	Fluorescente T8	9	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Salón 4	Adosada	Fluorescente T8	9	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
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Salón 5	Adosada	Fluorescente T8	9	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Salón 6	Adosada	Fluorescente T8	9	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Salón 7	Adosada	Fluorescente T8	9	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Salón 8	Adosada	Fluorescente T8	9	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Salón 9	Adosada	Fluorescente T8	9	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Salón 10	Adosada	Fluorescente T8	9	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Salón 11	Adosada	Fluorescente T8	9	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Pasillo	Adosada	Fluorescente T8	28	2	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
CEIP Sebastián García Vázquez	1	Aseos	Adosada	Fluorescente T8	26	1	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP Sebastián García Vázquez	PB	Aseos	Adosada	Fluorescente T8	8	1	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-

13.6 ENVOLVENTE

Tabla 51. Medidas de ahorro energético en la envolvente

Sistema	Ahorro energético estimado ²⁶	Ventajas	Consideraciones
Sistema SATE (Sistema de Aislamiento Térmico por el Exterior)	25-30 %	<ul style="list-style-type: none"> • Se eliminan los puentes térmicos, al adecuarse a la forma geométrica de la fachada • Se mejora la estética de la fachada, rejuveneciendo su aspecto • Mínimo mantenimiento • Evita trabajos en el interior. Se puede instalar en inmuebles ocupados con pocas molestias para los usuarios • No reduce espacio útil • Mejora de aislamiento acústico • Se disminuyen las ganancias por radiación solar directa • Protección estructural contra agresiones externas (lluvia, polución...) • Conservación de la inercia térmica 	<ul style="list-style-type: none"> • Coste medio

²⁶ Respecto a la energía consumida en calefacción y/o refrigeración.

Sistema	Ahorro energético estimado ²⁶	Ventajas	Consideraciones
Sistema de Aislamiento con Fachada Ventilada	25-40 %	<ul style="list-style-type: none"> • Se eliminan los puentes térmicos, al adecuarse a la forma geométrica de la fachada • Se mejora la estética de la fachada, rejuveneciendo su aspecto • Mínimo mantenimiento • Evita trabajos en el interior. Se puede instalar en inmuebles ocupados con pocas molestias para los usuarios • No reduce espacio útil • Mejora de aislamiento acústico • Se disminuyen las ganancias por radiación solar directa • Protección estructural contra agresiones externas (lluvia, polución...) • Conservación de la inercia térmica • Acompañado de condiciones de ventilación, contribuye a la eliminación de problemas de salubridad interior, como humedades y condensaciones • No precisa de preparaciones previas de la superficie del muro • Permite opcionalmente, alojar instalaciones entre la cámara y el aislante 	<ul style="list-style-type: none"> • Coste alto • Mayor Incremento de espesor de la fachada
Sistema de Aislamiento Térmico por el Interior	25-30 %	<ul style="list-style-type: none"> • Mínimo mantenimiento • No se precisan sistemas de andamiaje que invadan la vía pública • Único sistema adecuado para edificios con grado de protección para patrimonio histórico 	<ul style="list-style-type: none"> • Coste medio-alto • Pérdida de superficie útil • No resuelve los puentes térmicos • Presenta molestias para los usuarios del edificio en caso de estar ocupado

Sistema	Ahorro energético estimado ²⁶	Ventajas	Consideraciones
Cambio de carpintería existente	10-30 %	<ul style="list-style-type: none"> • 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). • Mayor confort, así como un ahorro directo en la factura de aire acondicionado, • Máximo ahorro de calefacción en invierno, • Aislamiento acústico y ahorro energético en un mismo producto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Coste medio
Instalación de parasoles con lamas orientables verticales u horizontales	8-13 %	<ul style="list-style-type: none"> • 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. • Mayor confort 	<ul style="list-style-type: none"> • Coste medio

13.7 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS SOLAR FOTOVOLTAICA

Tabla 52. Características técnicas exigibles a los módulos de la instalación solar fotovoltaica

Características	Descripción
Eléctricas	<ul style="list-style-type: none"> • Potencia nominal 300Wp (o superior) cada uno • Eficiencia del módulo > 15,5% • Las pérdidas de eficiencia de los módulos no podrán superar el 0,9% anual. • Marcado CE según la según la Directiva 2006/95/CE²⁷. • Garantía por el fabricante de un mínimo de 10 años y garantía de rendimiento de 25 años.
Físicas	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de célula: silicio policristalino • Número de células: 72
Rango de funcionamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura: -40 a + 85°C • Máxima tensión del sistema: 1000V

²⁷ 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.