



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado

AUDITORÍA ENERGÉTICA DEL INSTITUTO VIRGEN DEL CARMEN

Alumno: Rosa María Gómez Duro

Tutor: Prof. D. Francisco José Sánchez Sutil
Dpto: Ingeniería Eléctrica

Octubre, 2019



Universidad de Jaén
Escuela Politécnica Superior de Jaén
Departamento de Informática

Don FRANCISCO JOSÉ SÁNCHEZ SUTIL, tutor del Proyecto Fin de Carrera titulado: AUDITORÍA ENERGÉTICA DEL INSTITUTO “VIRGEN DEL CARMEN” (JAÉN), que presenta ROSA MARÍA GÓMEZ DURO, autoriza su presentación para defensa y evaluación en la Escuela Politécnica Superior de Jaén.

Jaén, Octubre de 2019

El alumno:

El tutor:

Rosa María Gómez Duro

Francisco José Sánchez Sutil

Índice

1. INTRODUCCIÓN	4
1.1. Motivación	4
1.2. Antecedentes	5
1.3. Objeto	5
1.4. Marco legal.....	5
1.5. Desarrollo del proyecto.....	6
2. DATOS DESCRIPTIVOS	7
2.1. Memoria histórica.....	7
2.2. Situación geográfica.....	9
2.3. Características del centro	10
2.3.1. Características generales.....	10
2.3.2. Infraestructura	10
2.3.3. Instalaciones y servicios.....	12
2.3.4. Educación	15
2.3.5. Horario de funcionamiento	16
3. ANÁLISIS DEL CONSUMO ELÉCTRICO ACTUAL.....	18
3.1. Tarifas de acceso	18
3.2. Periodos tarifarios	18
3.3. Componentes de facturación de las tarifas de acceso.....	19
4. ANÁLISIS DE LA FACTURACIÓN ELÉCTRICA ACTUAL.....	22
4.1. Suministro eléctrico	22
4.2. Término de energía	23
4.3. Término de potencia.....	27
4.4. Término de energía reactiva.....	36
5. EVALUACIÓN DE INSTALACIONES	39
5.1. Introducción.....	39
5.2. Valoración de equipos e instalaciones.....	39
5.2.1. Edificio central.....	39
5.2.2. Edificio auxiliar	94
5.2.3. Exteriores.....	101
5.3. Balance energético.....	105
6. Propuestas de mejora	106
6.1. Introducción.....	106
6.2. Propuesta de mejora en la iluminación del interior	108

6.2.1.	Sustitución de lámparas fluorescentes convencionales de 18 W por lámparas fluorescentes de gama eco.	108
6.2.2.	Sustitución de lámparas fluorescentes convencionales de 36 W por lámparas fluorescentes de 32 W.....	110
6.2.3.	Sustitución de lámparas incandescentes halógenas de 50 W por lámparas LED de 9 W.	111
6.2.4.	Sustitución de halogenuros metálicos de 250 W por campanas LED.....	113
6.3.	Iluminación con programación astronómica.....	114
6.4.	Detectores de movimiento para la iluminación	115
6.5.	Instalación de regletas eliminadoras de stand-by	118
6.6.	Realización de una campaña de sensibilización sobre el uso de la energía	119
7.	Bibliografía	121

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Motivación

El aumento del consumo energético provoca la necesidad de desarrollar una serie de medidas, con el fin de optimizar la demanda energética y así es como surge la idea de las auditorías energéticas.

La auditoría energética es un **instrumento fundamental para la eficiencia y ahorro energético**. Su finalidad es tanto de análisis y diagnóstico de la situación actual, - ya sea referido a tarifas o consumos de energía -, como la de desarrollar una propuesta ordenada y estructurada de medidas prácticas para reducir costes y obtener una rentabilidad a corto, medio y largo plazo.

Una auditoría eficaz es aquella que personaliza y analiza el coste de las mismas, con el objetivo de explotar al máximo el ahorro y minimizar los ingresos complementarios que se derivarían de su implantación analizando la rentabilidad de cada propuesta y los parámetros que tienen más incidencia y sensibilidad.

En la actualidad, cualquier empresa/edificio debería de realizar un estudio energético para asegurar un diseño ideal desde el punto de vista energético.

En consecuencia, el siguiente proyecto se realiza para llevar a cabo una auditoría energética del instituto “Virgen del Carmen” de Jaén, situado en la provincia de Jaén cuya finalidad es mejorar su consumo energético como se ha comentado anteriormente.



Ilustración 1

1.2. Antecedentes

Este proyecto se realiza para llevar a cabo un análisis de los consumos energéticos que tiene todas las instalaciones del instituto, así como su distribución y uso de ellos.

A través de un estudio se analizarán las medidas de mejoras que sean posibles con la finalidad de obtener un ahorro energético reduciendo costes y su correspondiente ahorro en coste.

Con la finalidad de explotar al máximo el potencial de ahorro energético y la viabilidad de cada una de ellas realizándose de manera que no afecte al funcionamiento del instituto y/o que ningún personal docente/no docente o alumnado le ocasionen ningún inconveniente en el desarrollo de sus funciones.

1.3. Objeto

Los principales objetivos que llevar a cabo para desarrollar el proyecto con éxito son los siguientes:

- Estudio detallado de los procesos desarrollados por la institución para cuantificar y analizar los distintos consumos que la organización consume.
- Proveer un recuento con la mayor exactitud posible de los consumos reales y sus costes.
- Verificar qué zonas tienen una mayor explotación ahorrativa dentro de sus instalaciones.
- Estudio de las alternativas más eficaces para reducir tanto el consumo eléctrico y económico.
- Análisis de inversión, así como el estudio de los beneficios a largo plazo.

1.4. Marco legal

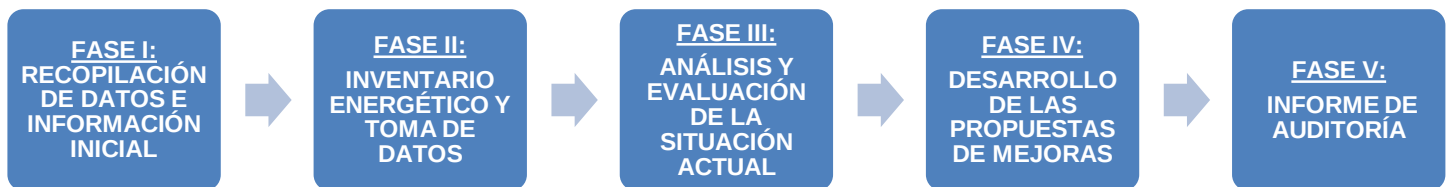
Las normativas, planes de fomento y estrategias más importantes relativas al ahorro y la eficiencia llevadas a cabo en este Proyecto son:

- Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). 2012.
- Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). 2014.

- Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). 2015
- 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. (BOE núm. 38, 13 de febrero de 2016).
- Norma UNE-EN 16247-1. Auditorías energéticas. Parte 1: Requisitos generales.
- Norma UNE-EN 16247-2. Auditorías energéticas. Parte 2: Edificios.
- Norma UNE-EN 16247-3. Auditorías energéticas. Parte 3: Procesos.
- Norma UNE-EN 16247-4. Auditorías energéticas. Parte 4: Transporte.
- Norma UNE-EN 16247-5. Auditorías energéticas. Parte 5: Competencia de los auditores energéticos.

1.5. Desarrollo del proyecto

La auditoría energética se desarrolla en cuatro fases formadas por:



- Fase I: Recopilación de datos e información inicial. En esta etapa, se basa en adquirir una idea general del funcionamiento energético del centro, así como datos relevantes del centro, horarios y distribución de las rutinas cotidianas, datos de facturación de la energía suministrada, etc. Todo esto, a través de una breve entrevista con el director del centro, personal de mantenimiento, docente y conserjes.
- Fase II: Inventario energético y toma de datos. Consiste en la recopilación de los datos más relevantes de las instalaciones consumidoras de energía, así como de otras que se consideren de interés para la realización de dicha auditoría.

- Fase III: Análisis y evaluación de la situación actual. Estudio detallado de los diferentes registros energéticos, distribución de cada uno de los consumos incluyendo una realización de una contabilidad energética.
- Fase IV: Desarrollo de las propuestas de mejoras. Se lleva a cabo una serie de recomendaciones para conseguir los objetivos propuestos.
- Fase V: Informe de auditoría. Para finalizar el proyecto, se elabora un informe recogiendo los datos y hechos más relevantes del estudio para su posterior entrega a la persona destinataria.

2. DATOS DESCRIPTIVOS

2.1. Memoria histórica

El Instituto de Educación Secundaria (I.E.S.) “Virgen Del Carmen” es un centro docente público de Jaén fundado en 1846. Está considerado como uno de los institutos más relevantes de la ciudad ya que desde sus comienzos ocupó un lugar importante en el panorama educativo de toda la provincia.

A continuación, se presenta una pincelada de su historia desde sus comienzos hasta la actualidad.

La enseñanza secundaria en España, hasta bien entrado el siglo XIX, se había impartido en los llamados colegios de estudios menores, adscritos a las Universidades, o en colegios dependientes de las órdenes religiosas.

Los primeros Institutos Provinciales de Segunda enseñanza irán apareciendo a partir de 1839 como consecuencia de la iniciativa y la labor desarrollada por una serie de políticos y literatos y serán definitivamente regulados por el Plan de Estudios de 17 de septiembre de 1845.

En el año 1839, la Diputación de Jaén entró en posesión de los bienes de una fundación llamada Fundación Peñalosa, bajo el patronato del Ayuntamiento.

Con dichos bienes se funda y se financia en estos años el Colegio de Humanidades de Nuestra Señora de la Capilla, que vino a ocupar el hueco dejado por

el Colegio de Santo Domingo de los Predicadores, y que es el auténtico antecedente del institutito.

El funcionamiento del Colegio se regía por un reglamento de 94 artículos aprobado el 23 de febrero de 1839.

Este Centro funcionó durante algunos años, hasta que en 1843 por Real Orden se crea el Instituto de Segunda Enseñanza, que, en los primeros años de funcionamiento, no será en realidad más que una continuación del citado Colegio de Humanidades.

Pero no es hasta el año 1846 cuando definitivamente el Instituto Provincial de Jaén inicia su ininterrumpida historia hasta el día de hoy.

El día 1 de octubre de ese año, se celebró el solemne acto de inauguración del primer curso escolar del nuevo Instituto de Jaén que vino a ocupar un lugar importantísimo en el panorama educativo de toda la provincia ya que era el único centro de segunda enseñanza de la provincia al haber sido clausurada la Universidad de Baeza, que había sido convertida en Instituto por Real Decreto de 4 de septiembre de 1850.

Para tener una idea del comienzo de este centro educativo, es idóneo la observación del informe de Inspección realizada en 1891, elaborada y dirigida por don Manuel Fernández de Figares del Ministerio de Instrucción Pública, donde se recoge las siguientes condiciones físicas y su ubicación:

“...el edificio destinado al Instituto de Jaén está bastante bien situado, porque sin hallarse en el centro de la población, no dista mucho de ninguno de sus ángulos y pueden los alumnos concurrir a él fácil y cómodamente. Su capacidad es suficiente para el número de matriculados que atendiendo a las circunstancias ordinarias pueden asistir, teniendo un atrio cubierto donde pasear con desahogo en el intervalo de una clase a otra sin necesidad de salirse a la calle donde su presencia no acostumbra a ser muy provechosa a la comodidad del público ni a su educación moral. El instituto de Jaén puede ser una buena escuela de segunda enseñanza sabiendo sacar partido de los medios con que

cuenta, porque su edificio, además de ser bastante capaz, tiene una construcción sólida y susceptible de recibir notables mejoras con poco gasto...”



Ilustración 2. Fachada del edificio principal.

En la actualidad, está considerado como uno de los centros educativos públicos más prestigioso de la provincia explotando la innovación docente y tecnológica además de potenciar al alumnado para obtener los mejores resultados tanto académicos como a nivel personal.

Fue el primer centro en introducir cursos bilingües en el año 2006, que a día de hoy siguen actualizándose consiguiendo ser un centro plurilingüe.

2.2. Situación geográfica

Este centro está situado en la capital de la provincia de Jaén, concretamente en Paseo de la Estación, número 44 cuyas coordenadas UTM son $x = 37,776477$ y $y = -3,789029$.



Ilustración 3. Mapa de localización

2.3. Características del centro

2.3.1. Características generales

A continuación, se muestra en la *Tabla 1* donde se aprecia los detalles característicos del centro educativo a auditar.

Tabla 1. Características del instituto.

Denominación del centro	Instituto de Educación Secundaria "Virgen del Carmen"
Tipo de centro	Centro público
Dirección	Paseo de la Estación, 44
Municipio	Jaén
Código Postal	23008
Uso del edificio	Uso docente
Año de construcción	1864

2.3.2. Infraestructura

El instituto está compuesto por dos edificios principales donde se desarrollan distintos niveles docentes.

El edificio central es donde se desarrolla la mayoría de las funciones y se encuentran los diferentes departamentos, laboratorios, claustro y toda la parte de dirección y administración. Compuesta por tres plantas siendo el edificio más importante y con más consumo de todo el centro.

El edificio auxiliar está conectado con el edificio central a través de un pasillo. Está dividido en dos plantas: en la planta baja está el gimnasio junto con los vestuarios y en la planta primera hay varias aulas incluidas unas salas especiales de proyección.

En los exteriores del centro se encuentra tres pistas deportivas dotadas de elementos luminosos adecuados para una buena iluminación y un parking privado para el profesorado.

En la *Tabla 2* se recoge de manera esquemática los espacios existentes en el edificio central:

Tabla 2. Instalaciones del edificio central.

EDIFICIO CENTRAL	PLANTA BAJA	Salón de actos
		Conserjería y secretaria
		Orientación
		Sala de visitas
		Cafetería
		Servicio masculino y femenino
		Departamento de Biología, Comercio, Física, Informática, Música, Religión, Tecnología, Biología y Física
		Aula de Música y de Tecnología
		Aula 0-1, 0-2, 0-3, 0-4, 0-5 y 0-6
	PLANTA PRIMERA	Dirección y vicedirección
		Jefatura de estudios y claustro
		Departamento de Filosofía, Formación y Orientación Laboral, Geografía e Historia, Latín, Lengua y Matemáticas
		Biblioteca
		Servicios de docentes
		Servicios de alumnado
		Aula 1-1, 1-2, 1-3, 1-4, 1-5, 1-6, 1-7, 1-8, 1-9, 1-10, 1-11, 1-12
	PLANTA SEGUNDA	Departamento de Dibujo, Francés e Inglés
		Servicios de alumnado
		Aula de Dibujo
		Aula 2-1, 2-2, 2-3, 2-4, 2-5, 2-6, 2-7, 2-8, 2-9, 2-10, 2-11, 2-12, 2-13, 2-14, 2-15, 2-16, 2-17, 2-18

En el siguiente esquema se muestra los espacios situados en este edificio auxiliar:

Tabla 3. Instalaciones del edificio auxiliar.

EDIFICIO AUXILIAR	PLANTA BAJA	Gimnasio
		Aula Gimnasio
		Vestuarios
	PLANTA PRIMERA	Aula E1, E2, E3, E4 y E5

2.3.3. Instalaciones y servicios

El instituto desarrolla la actividad docente compuesto por las siguientes instalaciones:

- Aulas docentes. Estas salas están diseñadas de elementos necesarios para la comodidad tanto del docente como del alumnado, dotadas con un proyector, pizarra eléctrica y un ordenador para el profesorado. Muchas de dichas aulas son salas TIC compuestas con un ordenador para cada alumno.



Ilustración 4. Aula docente.

- Sala de profesores y diversos departamentos.



Ilustración 5. Departamento de biología.

- Salón de actos. Dotada de una gran iluminación con dispositivos ofimáticos potentes para abastecer con comodidad las distintas celebraciones como graduaciones, conferencias, festejos, conciertos...



Ilustración 6. Salón de actos.

- Laboratorios compuestos de distintas máquinas y herramientas.



Ilustración 8. Taller de tecnología.



Ilustración 7. Laboratorio de biología.

- Cafetería. Compuesta de electrodomésticos básicos de cocina como lavavajillas, tostadora o cafetera industrial.
- Patios, pistas deportivas y gimnasio dotadas de iluminación y dispositivos audiovisuales.



Ilustración 10. Pista deportiva.



Ilustración 9. Pista deportiva.



Ilustración 11. Patio interior.

- Pasillos interiores compuestas por elementos luminosos y de seguridad necesarios (como extintores y alarmas).

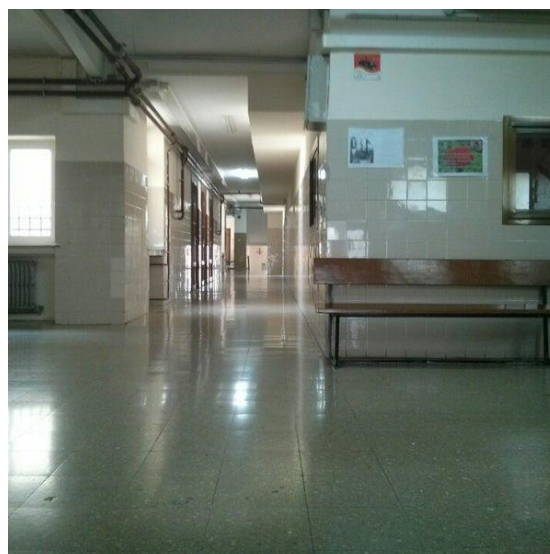


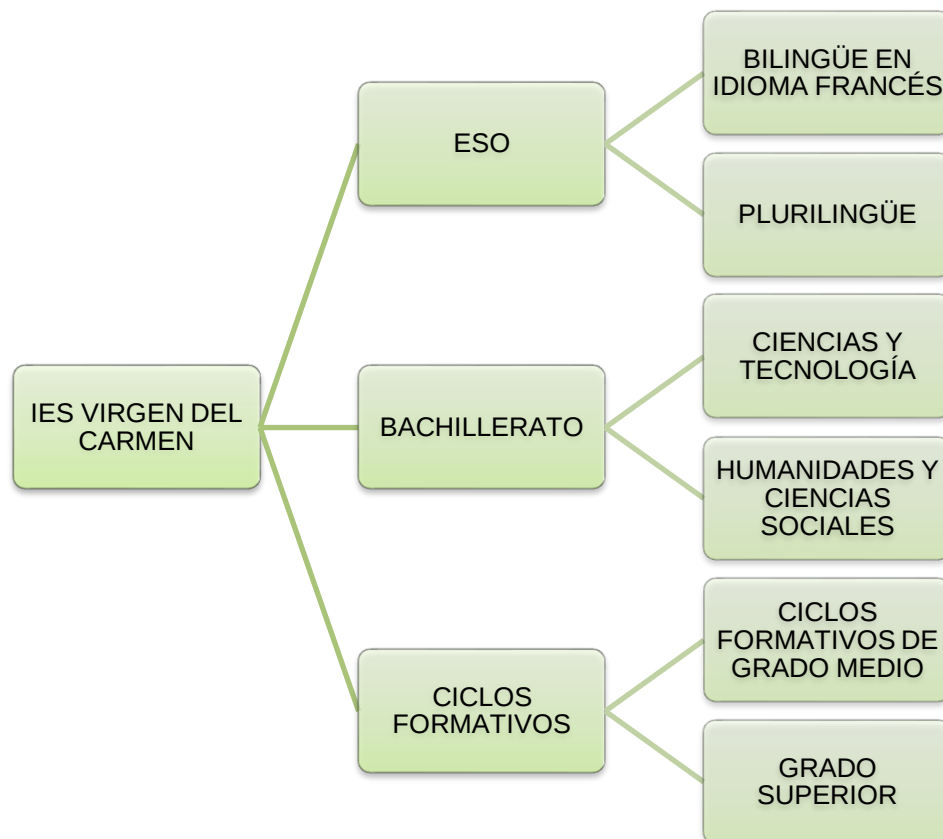
Ilustración 12. Pasillo de la primera planta.

Entre estas instalaciones cabe destacar los siguientes puntos en dicha edificación para su estudio energético centrándose en:

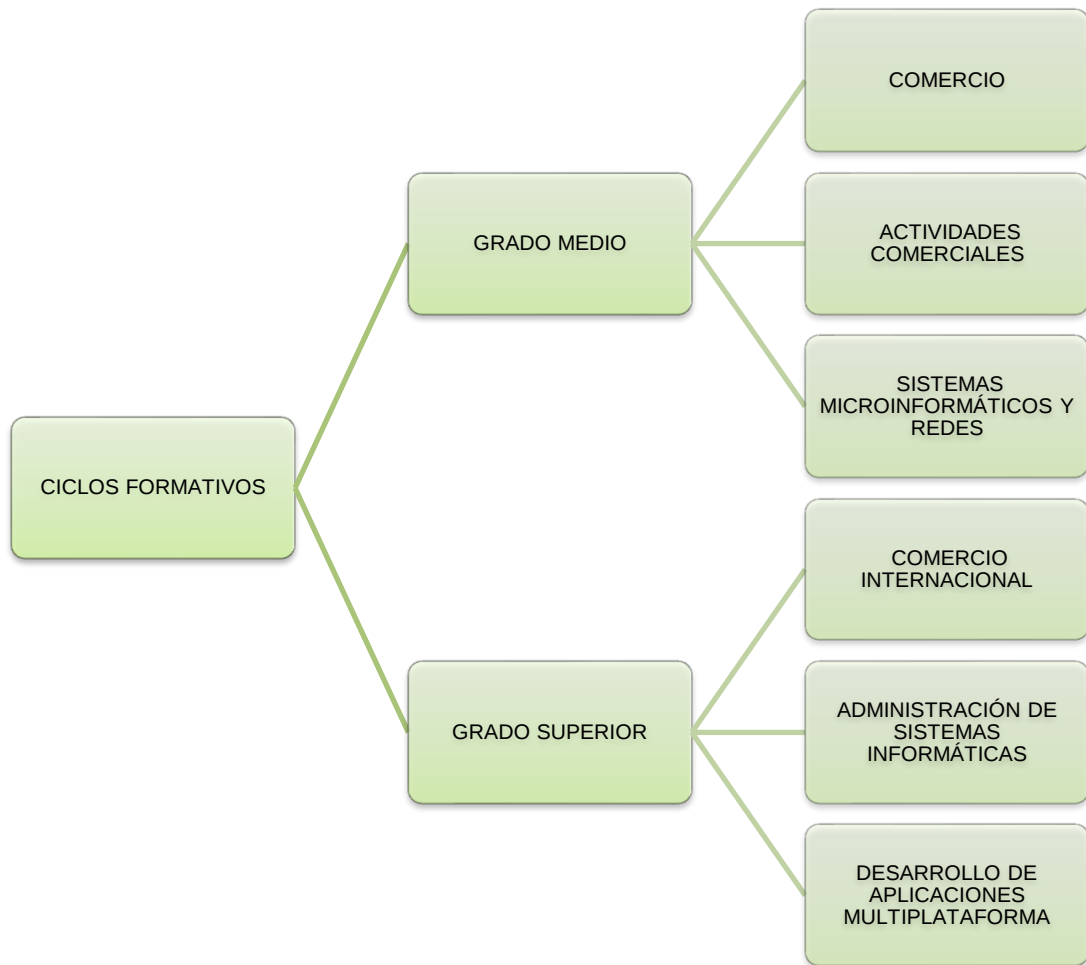
- Iluminación interior y exterior.
- Climatización.
- Máquinas y herramientas existentes.
- Dispositivos tecnológicos como ordenadores y otros aparatos ofimáticos.

2.3.4. Educación

En este centro docente se imparte Enseñanza Secundaria Obligatoria (E.S.O.) y Bachillerato; ambos con enseñanza bilingüe en idioma francés o plurilingüe incluyendo Educación Especial (F.B.O.) y con programa de mejora del aprendizaje y rendimiento para aquellos alumnos que tengan dichas necesidades. Además, se imparten diversos Ciclos Formativos de Grado Medio y Grado Superior.



Esquema 1. Programa educativo.



Esquema 2. Programa educativo de ciclos formativos.

2.3.5. Horario de funcionamiento

Es primordial conocer la jornada de funcionamiento del instituto para el estudio del consumo eléctrico.

Este centro educativo abre sus puertas el 1 de septiembre de cada año hasta la finalización del curso escolar, el 30 de junio permaneciendo cerrado los fines de semana y los días festivos fijados por el calendario escolar de cada año. Resaltando que en el mes de junio el instituto tiene un horario matinal por motivos administrativos ya que es el periodo de matriculación.

Una jornada diaria comienza abriendo las instalaciones a las 7 horas por el personal auxiliar y cerrando las instalaciones a las 23 horas.

En un curso escolar, las instalaciones abren en un total de 216 días y por tanto, 3452 horas.

Tabla 4. Horario desde septiembre a junio.

Horario de septiembre a junio	
Horario	De lunes a viernes de 7:00 a 23:00 horas.
Horas/día	17
Días/año	196
Horas/año	3332

Tabla 5. Horario en el mes de julio.

Horario en julio	
Horario	De lunes a viernes de 8:00 a 14:00 horas.
Horas/día	6
Días/año	20
Horas/año	120

Tabla 6. Horario anual de funcionamiento

Horario anual de funcionamiento	
Días totales/año	216
Horas totales/año	3452

3. ANÁLISIS DEL CONSUMO ELÉCTRICO ACTUAL

Los suministros eléctricos se van a caracterizar por tres parámetros:

- Tensión de alimentación.
- Potencia contratada o potencias contratadas.
- Tipo de discriminación horaria.

3.1. Tarifas de acceso

Se aplica a los suministros efectuados a tensiones no superiores a 1 kV, tarifas de baja tensión concretamente, la tarifa general 3.0 A para baja tensión.

3.2. Periodos tarifarios

En la modalidad de tres periodos tiene las siguientes características:

- P1 (Periodo Punta): Es el periodo en que la potencia y la energía resultan más caras. Son 4 horas al día y en caso de días festivos se llama P4.
- P2 (Periodo Llano): Son 12 horas al día y los días festivos se llama P5.
- P3 (Periodo Valle): Es el periodo en que la potencia y la energía resultan más baratos. Son 8 horas al día y los días festivos se llama P6.

Depende de si es invierno o verano, y si el contrato es peninsular o insular, los horarios de los periodos son diferentes. Para el caso de Andalucía (llamada Zona 1), comprende el siguiente horario:

Tabla 7. Horarios tarifa de acceso 3.0

Periodo	Invierno	Verano
Punta	18:00-22:00h	11:00-15:00h
Llana	22:00-00:00h y 08:00 a 18:00h	15:00-00:00 y 8:00-11:00h
Valle	00:00-08:00h	00:00-08:00h

Coincidiendo los cambios de horario de invierno a verano o vicesa con la fecha del cambio de hora.

3.3. Componentes de facturación de las tarifas de acceso

Las tarifas de acceso se componen de los siguientes términos:

- a) Término de facturación de potencia. Es el cálculo de la potencia a facturar que interviene en el mismo, así como la forma de proceder en el caso de modificación de las potencias contratadas a lo largo del año, se determinará para cada uno de los periodos tarifarios aplicables a las tarifas, se contratará una potencia, aplicable durante todo el año.

Por un lado, se calculará el término de facturación de potencia, siendo este el sumatorio resultante de multiplicar la potencia a facturar en cada periodo tarifario, que se define más adelante, por el término de potencia correspondiente, según la fórmula siguiente:

$$FP = \sum_{i=1}^{i=n} t_{pi} \cdot P_{fi}$$

Siendo:

i: Periodo tarifario.

P_{fi}: Potencia a facturar en el periodo tarifario i. Se expresa en kW.

T_{pi}: Precio anual del término de potencia del periodo tarifario i.

La determinación de la potencia a facturar se realizará en función de las potencias contratadas en cada periodo tarifario y, en su caso, dependiendo de cada tarifa, las potencias realmente demandadas en el mismo durante el periodo de facturación considerado, de acuerdo con el control y medición de la potencia demandada.

Para la tarifa 3.0 A el control de la potencia demandada se realizará mediante la instalación de los correspondientes aparatos de medida que registrarán la potencia cuarto horaria máxima demandada en cada periodo tarifario: punta, llano o valle del periodo de facturación.

La determinación de la potencia a facturar en cada periodo tarifario (P_{fi}) para la tarifa 3.0 A se calculará:

- i. Si la potencia máxima demandada, registrada en el periodo de facturación, estuviere dentro del 85% al 105% respecto a la contratada, dicha potencia registrada será la potencia a facturar (P_{fi}).

$$Potencia_{facturada} = Potencia_{máxima\ utilizada}$$

- ii. Si la potencia máxima demandada, registrada en el periodo de facturación, fuese superior al 105% de la potencia contratada, la potencia a facturar en el periodo considerado (P_{fi}) será igual al valor registrado más el doble de la diferencia entre el valor registrado y el valor correspondiente al 105% de la potencia contratada.

$$P_{facturada} = P_{máx\ utilizada} + 2 \cdot (P_{máx\ utilizada} - 1,05 \cdot P_{contratada})$$

- iii. Si la potencia máxima demandada en el periodo a factura fuere inferior al 85% de potencia contratada, la potencia a facturar (P_{fi}) será igual al 85% de la citada potencia contratada.

$$Potencia_{facturada} = 0,85 \cdot Potencia_{contratada}$$

- b) Término de facturación de energía activa. Será el sumatorio resultante de multiplicar la energía consumida y medida por contador en cada periodo tarifario por el precio término de energía correspondiente, de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$FE = \sum_{i=1}^{i=n} E_i \cdot T_{ei}$$

Siendo:

i: periodo tarifario

E_i: energía consumida en el periodo tarifario i. Se expresa en kWh.

T_{pi}: Precio del término de potencia del periodo tarifario i.

El término de facturación de energía activa se facturará mensualmente, incluyendo la energía consumida en el mes correspondiente a cada periodo tarifario i.

- c) Término por la facturación de la energía reactiva. El término de la facturación por energía reactiva será de aplicación a cualquier tarifa, para lo cual se dispone del contador de energía reactiva permanentemente instalado.

Este término se aplicará sobre todos los periodos tarifarios, excepto en el periodo 3, por lo cual afecta a la tarifa 3.0 contratada actualmente. Siempre que el consumo de energía reactiva exceda el 33 por 100 del consumo de activa durante el periodo de facturación considerado ($\cos\phi < 0,95$) y únicamente afectará a dichos excesos.

En conclusión, las partes básicas de una factura eléctrica se desglosa principalmente en los siguientes términos:

- A: término fijo. Llamada a la potencia contratada o potencia facturada.
- B: término variable. Formada por la energía consumida o energía facturada. Está compuesta por la energía activa y reactiva.
- C: alquiler del contador eléctrico.

Una vez sumada todos estos costes, se le aplica se multiplica por el impuesto eléctrico: 5,11%.

$$\text{Impuesto eléctrico} = 5,11\% \cdot (A + B + C)$$

$$Base imponible = A + B + C + D + Impuesto eléctrico$$

Por último, añadir el IVA del 21%:

$$IVA = 21\% \cdot Base imponible$$

Se suma ambas cantidades para obtener el importe total de la facturación eléctrica:

$$Importe total = Base imponible + IVA$$

4. ANÁLISIS DE LA FACTURACIÓN ELÉCTRICA ACTUAL

En este capítulo se procede a analizar la situación energética actual, a través del estudio de cada uno de los consumos producidos con el objetivo de conocer la demanda energética actual.

Se analizarán previamente las facturas eléctricas del instituto del curso escolar 2017/2018, comprendido desde septiembre de 2017 hasta agosto de 2018. Dichas facturas permiten el conocimiento del consumo de energía eléctrica y del cómo se produce.

Una vez analizado, se procede a la propuesta de medidas para la mejora de consumo con el objetivo de producir un ahorro económico llevando a cabo una optimización del contrato de suministro eléctrico.

4.1. Suministro eléctrico

En la facturación eléctrica, como se ha comentado anteriormente, se comprueba que la tarifa de acceso contratada por el centro es de 3.0A con la compañía Endesa Energía, S.A.U.

En la siguiente tabla se recoge los datos principales referentes al suministro eléctrico:

Tabla 8. Datos principales del contrato.

Dirección del suministro	PASEO DE LA ESTACIÓN 46-VG CARMEN, JAÉN
Producto contratado	Tarifa Triple
Peaje de acceso	3.0A
Potencia contratada	50, 50 y 18,01 kW

4.2. Término de energía

La energía representa un concepto de consumo efectivo de las instalaciones del edificio. La energía se mide en kilovatios por hora (kWh); es por tanto un término variable.

El término de energía es un precio que se compone del coste de producción de la energía eléctrica en cada periodo (variable) y del término de energía del peaje de acceso (fijo). A continuación, se explica de manera más detallada ambos componentes:

- El importe por el peaje de acceso está publicado en la Orden ETU 1976/2016 fijados por el Ministerio de Energía, Turismo y Agenda digital y vienen reflejadas en las facturas aportadas por el equipo directivo del instituto.
- El término económico de energía activa (€) para cada tramo horario será el resultado de multiplicar la energía medida (kWh) por el precio unitario fijado (€/kWh). Éste será la total debido a la suma de los términos de energía activa para cada uno de los periodos horarios (punta, llano y valle).

En la siguiente tabla se recoge los consumos correspondientes a cada mes, así como el coste de cada periodo comprendido entre el curso escolar a analizar.

Tabla 9. Consumo de energía y coste total.

		Energía consumida (kWh)	Energía total consumida (kWh)	Coste total de la energía consumida (€)
Septiembre 2017	Punta	1939	7888	697,4
	Llano	4349		
	Valle	1600		
Octubre 2017	Punta	2993	11128	1006,31
	Llano	6484		
	Valle	1651		
Noviembre 2017	Punta	2879	13187	1179,55
	Llano	8439		
	Valle	1869		
Diciembre 2017	Punta	2235	10759	954,78
	Llano	6817		
	Valle	1707		
Enero 2018	Punta	2164	10896	957,99
	Llano	7013		
	Valle	1719		
Febrero 2018	Punta	2034	10125	899,35
	Llano	6834		
	Valle	1257		
Marzo 2018	Punta	2108	10769	948,22
	Llano	7065		
	Valle	1596		
Abril 2018	Punta	2750	9956	894,11
	Llano	5696		
	Valle	1510		
Mayo 2018	Punta	2769	9572	862,13
	Llano	5338		
	Valle	1465		
Junio 2018	Punta	3053	10256	920,85
	Llano	5591		
	Valle	1612		
Julio 2018	Punta	1562	5755	502,21
	Llano	2905		
	Valle	1288		
Agosto 2018	Punta	734	4338	355,42
	Llano	2158		
	Valle	1446		
Total			114629	10178,32

A continuación, se muestran los datos de la energía consumida y costes correspondientes de la tabla anterior de manera gráfica.

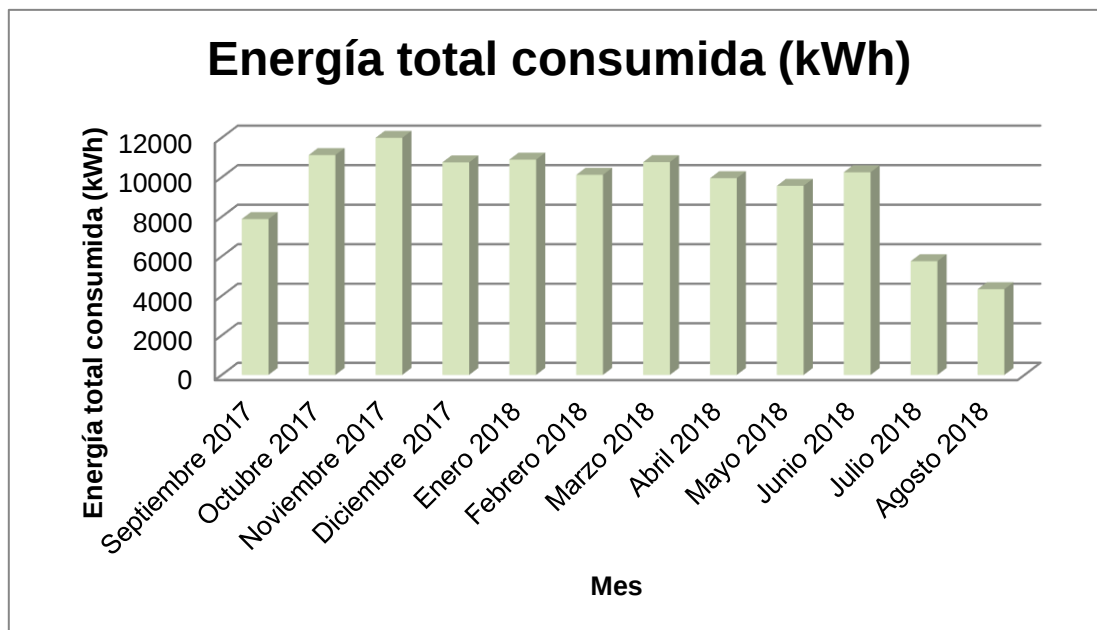


Ilustración 13. Energía total consumida

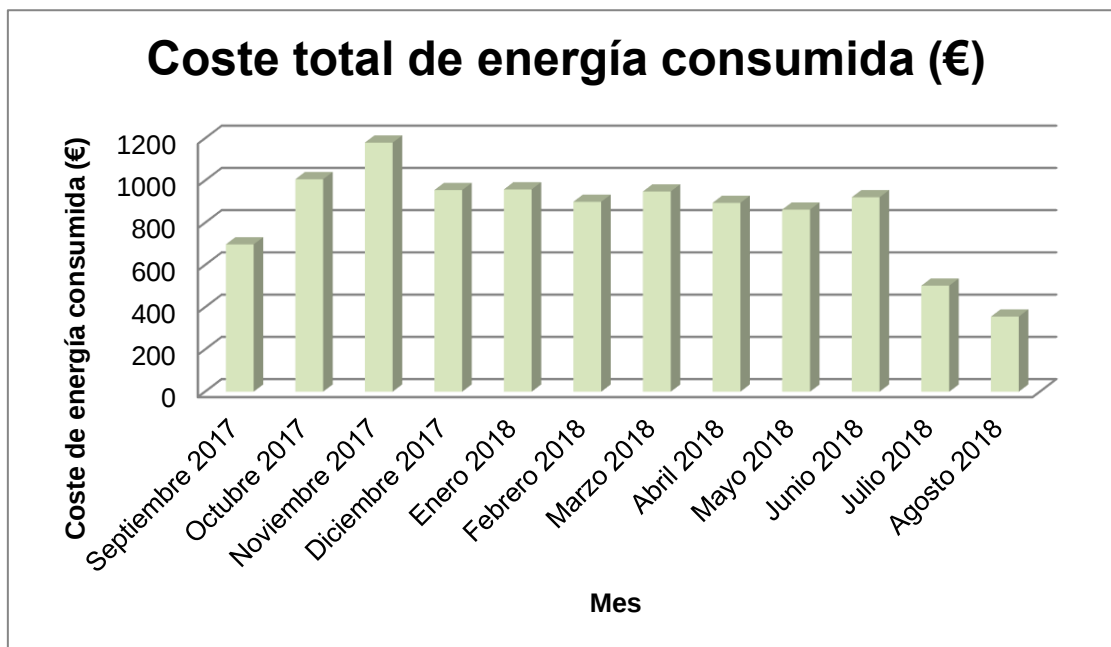


Ilustración 14. Coste total de energía consumida

Por tanto, el instituto en el curso académico 2017/18 consumió un total de **114.629 kWh** de energía con un coste total de **10.178,32 €**.

Como conclusión del consumo y su coste, se puede deducir que julio y agosto son los meses de menor consumo ya que el centro apenas hace uso de las instalaciones. Así como, los meses de invierno y principio de verano son los picos de consumo debido a la necesidad de climatización del centro a través de radiadores, aires acondicionados, equipos de climatización, etc.

El precio medio de la electricidad del curso escolar a analizar se obtiene al dividir el valor del coste anual de energía eléctrica entre el consumo anual cuyo resultado se muestra a continuación:

$$\text{Coste medio} = \frac{\text{Coste eléctrico anual}}{\text{Consumo eléctrico anual}} = \frac{10.178,32 \text{ €}}{114.629 \text{ kWh}} = \mathbf{0,08879 \text{ €/kWh}}$$

Según los datos extraídos del IDEA, por cada kWh consumido en hogares y empresas, la emisión de CO₂ a la atmósfera es de 0,33 kg CO₂/kWh. Por tanto, conocidos los kWh anuales se obtiene la emisión total de CO₂:

$$\text{Emisión anual}_{CO_2} = 0,33 \frac{\text{kg } CO_2}{\text{kWh}} \cdot 114.629 \text{ kWh} = \mathbf{37.827,57 \text{ kg } CO_2}$$

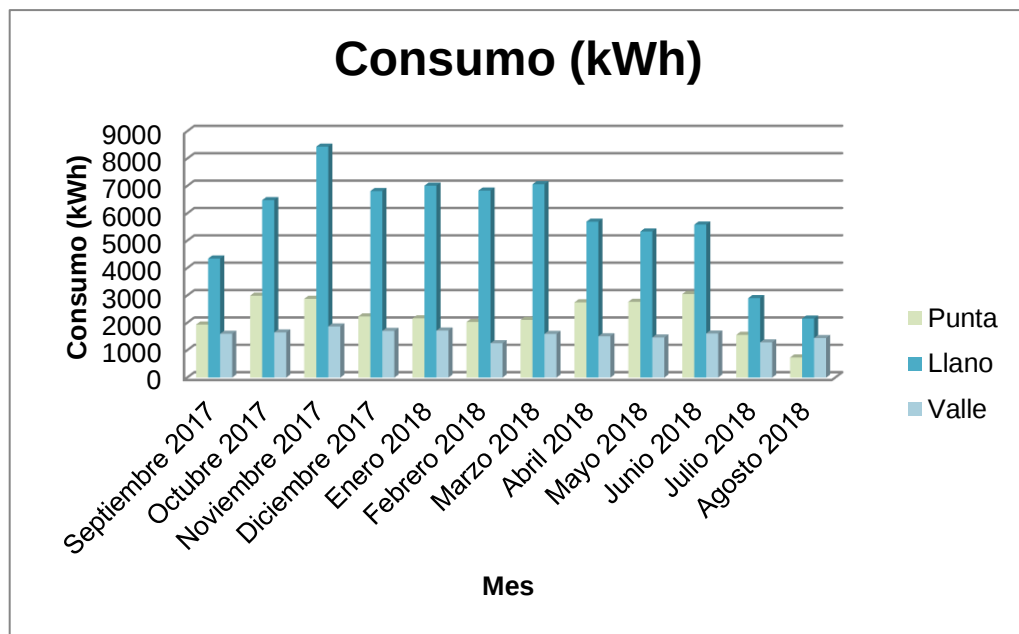
A continuación, se refleja en la *Tabla 10* los datos más relevantes obtenidos en este apartado:

Tabla 10. Resumen del consumo del curso escolar 2017/18

Consumo eléctrico anual (kWh)	114.629
Coste eléctrico anual (€)	10.178,32
Coste medio (€/kWh)	0,08879
Emisión anual de CO₂ (kg)	37.827,57

En los siguientes gráficos, se analizará la energía consumida con detalle de cada periodo como se refleja en la *Tabla 9*.

Tabla 11. Consumo por periodos



Se puede observar en la tabla anterior que el mayor consumo se realiza en el periodo llano (o también llamado periodo 2) coincidiendo con las horas centrales de más actividad en el centro, y además los máximos se dan en los meses de mayor consumo. Este horario se da en invierno de 08:00 a 18:00h como se refleja en el *apartado 3.2 Periodos tarifarios*.

En el horario de verano el periodo llano se da de 8:00-11:00h y 15:00-00:00 por tanto, parte de las horas de la mañana se cubren por el periodo punta (o también llamado periodo 1) debido a esto se puede apreciar una pequeña subida de dicho periodo en los meses de verano.

4.3. Término de potencia

El término de potencia se puede definir como capacidad. Se mide en kilovatios (kW); es por tanto un término fijo, aunque con matices. Para comprender esto es necesario definir tres conceptos que se establecen en cada uno de los tres periodos nombrados anteriormente en la tarifa contratada (punta, llano y valle).

- **Potencia contratada.** Es aquella que se fija en la puesta en uso inicial del edificio. Esta puede modificarse posteriormente en el caso de que resulte ineficiente, es decir, que se produzca un consumo superior o inferior al contratado.

El valor de la potencia debe ajustarse a la potencia de las instalaciones eléctricas del edificio y su funcionamiento (en función de simultaneidad y horarios). Además, se contrata un valor para cada periodo horario.

- **Potencia demandada.** Es la potencia que realmente se ha utilizado, para ello la instalación eléctrica tiene un maxímetro que permite detectar si ha superado la potencia contratada. Ésta se mide para cada periodo horario y se ve reflejada en la factura eléctrica.
- **Potencia facturada.** Se obtiene a partir de los valores anteriores. Para ello se sigue las siguientes condiciones:

Tabla 12. Condiciones de potencia de facturación.

Potencia Demanda	Potencia de Facturación
Si es inferior al 85% de la potencia contratada.	Se factura el 85% de la potencia contratada.
Si está comprendida entre el 85% y 105% de la potencia contratada.	Se factura la potencia registrada en el maxímetro.
Si supera el 105% de la potencia contratada.	Se factura la potencia registrada más el doble de la diferencia entre la potencia demandada y el 105% de la potencia contratada.

Para calcular el coste económico de potencia (€) para cada franja horario se multiplica los siguientes elementos para cada periodo:

- ✓ Potencia facturada (kW).
- ✓ Precio unitario fijado (€/kW·día).
- ✓ Número de días del periodo facturado.

La potencia total será la suma de todos los términos de potencia para cada uno de los periodos (punta, llano y valle).

Una vez tomada la potencia demandada (o potencia máxima registrada) se compara con la potencia contratada cuyo caso, es de 100 kW para los periodos de punta y llano y una potencia de 18,01 kW para el periodo de valle.

A continuación, se adjunta en la tabla siguiente una comparación de potencia contratada con la potencia registrada y la potencia a facturar en cada periodo y para cada mes.

Tabla 13. Potencia contratada, demandada y a facturar por meses.

		Potencia Contratada (kW)	Potencia Demandada (kW)	Potencia a Facturar (kW)
Septiembre 2017	Punta	50	48	48
	Llano	50	46	46
	Valle	18,01	12	15,3
Octubre 2017	Punta	50	50	50
	Llano	50	49	49
	Valle	18,01	13	15,3
Noviembre 2017	Punta	50	47	47
	Llano	50	58	69
	Valle	18,01	22	28,18
Diciembre 2017	Punta	50	49	49
	Llano	50	68	99
	Valle	18,01	21	25,18
Enero 2018	Punta	50	44	44
	Llano	50	63	84
	Valle	18,01	20	22,18
Febrero 2018	Punta	50	39	42,5
	Llano	50	63	84
	Valle	18,01	20	22,18
Marzo 2018	Punta	50	37	42,5
	Llano	50	52	52
	Valle	18,01	20	22,18
Abril 2018	Punta	50	49	49
	Llano	50	54	57
	Valle	18,01	16	16
Mayo 2018	Punta	50	47	47
	Llano	50	46	46
	Valle	18,01	11	15,3
Junio 2018	Punta	50	69	102
	Llano	50	55	60
	Valle	18,01	12	15,3
Julio 2018	Punta	50	50	50
	Llano	50	47	47
	Valle	18,01	12	15,3
Agosto 2018	Punta	50	8	42,5
	Llano	50	7	42,5
	Valle	18,01	6	15,3

Tabla 14. Potencia total y media demandada.

	Potencia Total Demandada (kW)	Potencia Media Demandada (kW)
Punta	488	40,667
Llano	554	46,167
Valle	169	14,083

En la siguiente tabla se aprecia de manera visual una comparación entre la potencia contratada y la potencia demandada entre los diferentes periodos horarios.

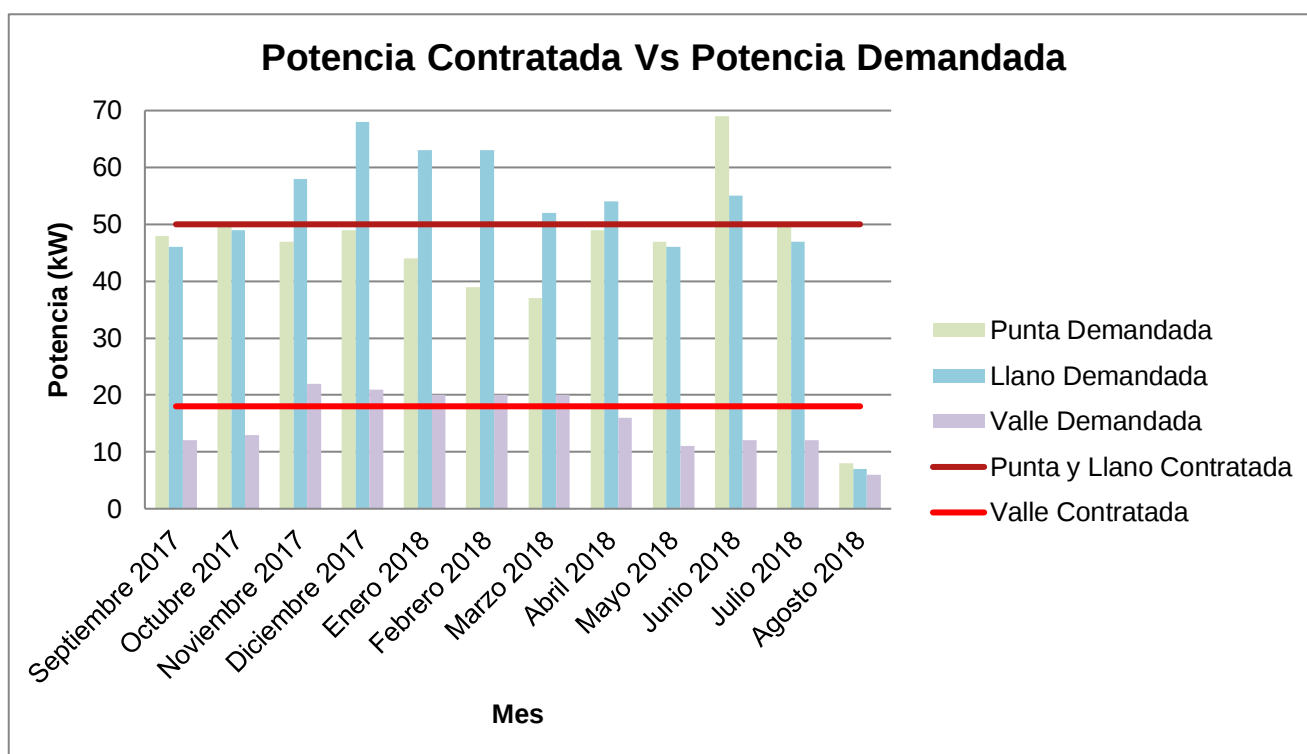


Ilustración 15. Potencia contratada y demandada de todos los periodos.

La potencia contratada establecida en el contrato de facturación aportada, para los periodos punta y llano es de 50 kW y para el periodo valle es de 18,01 kW.

Las potencias demandadas superan a las potencias contratadas en algunos periodos, sobre todo en los meses de invierno como consecuencia de la necesidad de climatización de las instalaciones. Debido a esto, se aplica una penalización económica si la potencia excedida supera el 105% de la potencia contratada (explicado detalladamente en el apartado anterior). Esta sanción económica aparece reflejada en las facturas eléctricas. En este caso, se produce concretamente en los

periodos llano y valle en los meses de invierno por lo que se llevará a cabo una penalización económica comentada anteriormente que encarecerá en consideración la factura. Esa sanción es calculada con la siguiente ecuación:

$$P_{Facturada} = P_{m\acute{a}x\ demandada} + 2 \cdot (P_{m\acute{a}x\ demandada} - 1,05 \cdot P_{Contratada})$$

Si la potencia demandada está comprendida entre el 85% y el 105%, la potencia facturada será igual a la potencia máxima demandada. Este suceso se produce en la mayoría de los meses del periodo de punta.

La potencia demandada igual o inferior al 85% de la potencia contratada será facturada como el 85% de la potencia contratada. Este caso ocurre con mayor frecuencia en el periodo de valle concretamente en los meses de verano y algunos meses del periodo punta, pero sin tener mayor importancia.

Todo el contenido explicado anteriormente se aclara de manera visual en las siguientes gráficas que ayudarán a entender el proceso de la potencia a facturar.

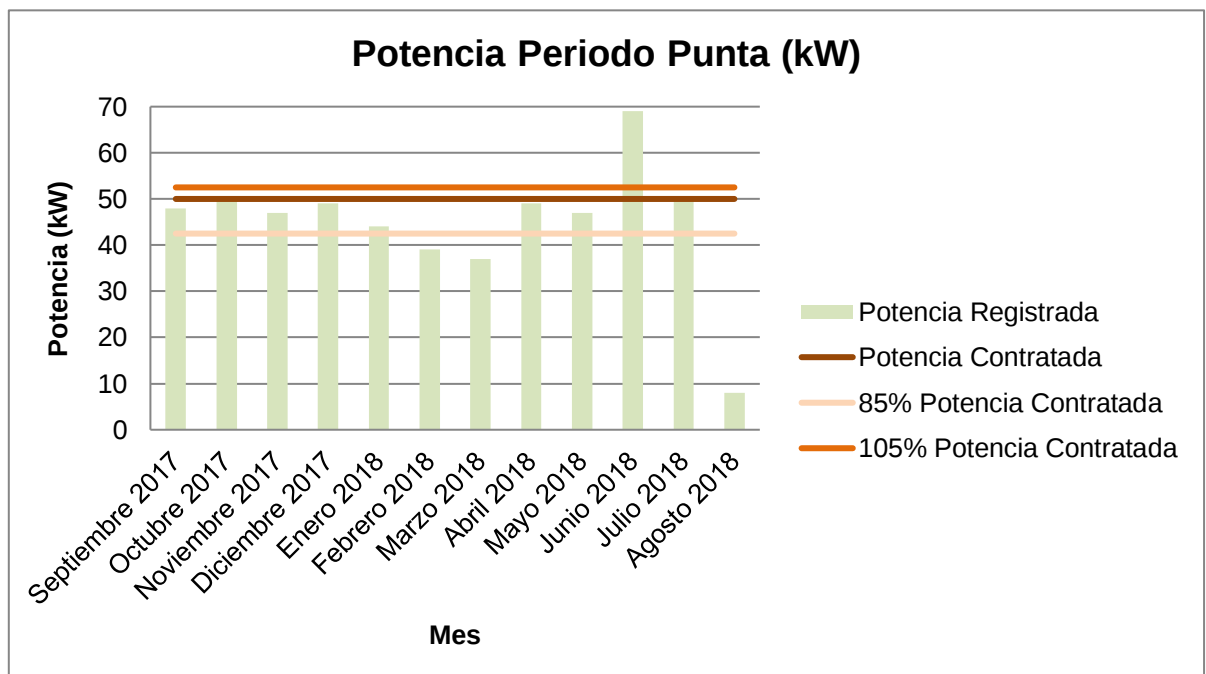


Ilustración 16. Potencia contratada y demandada periodo punta.

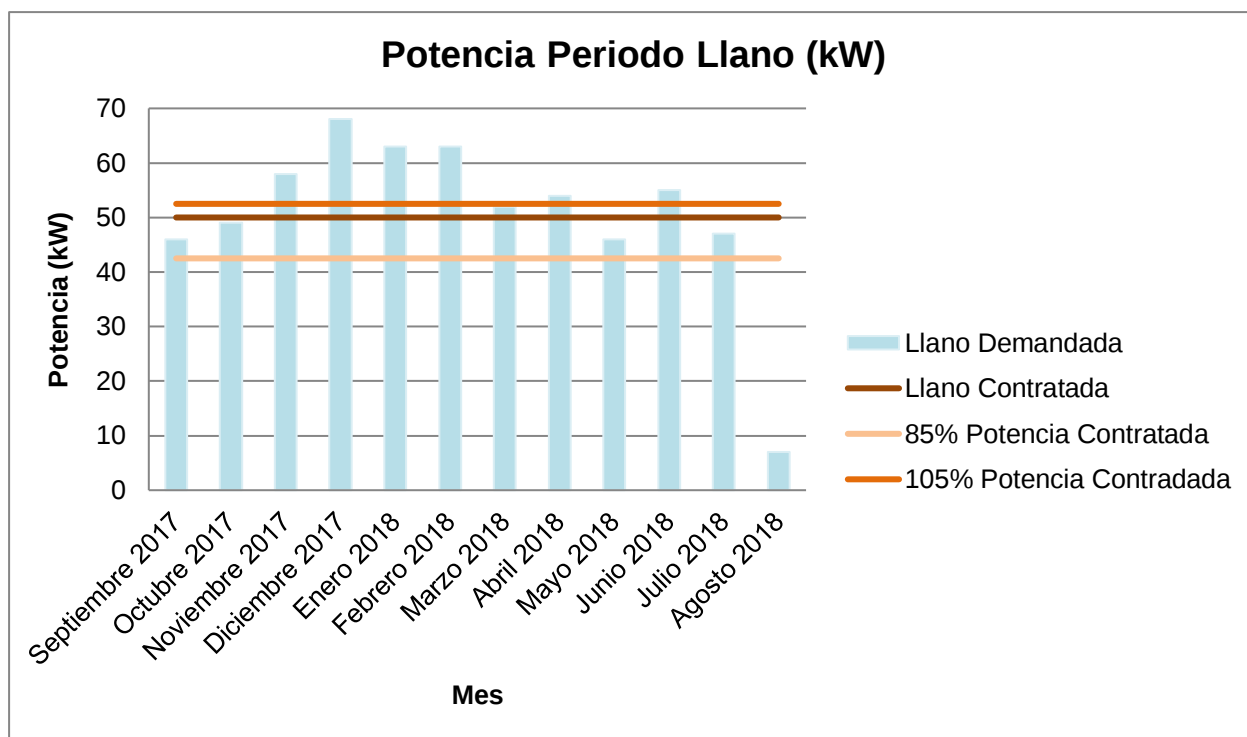


Ilustración 17. Potencia contratada y demandada periodo llano.

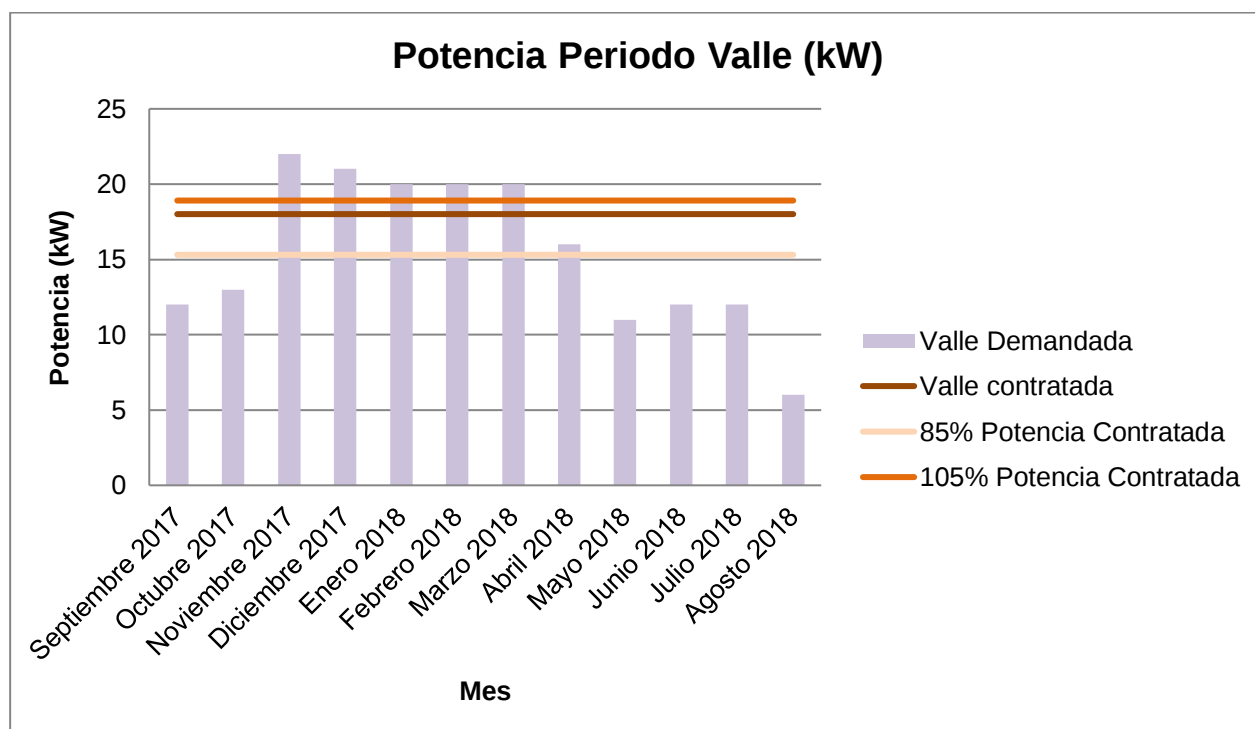


Ilustración 18. Potencia contratada y demandada periodo valle.

A continuación, se hará un análisis más exhaustivo para comparar la potencia contratada con la potencia facturada.

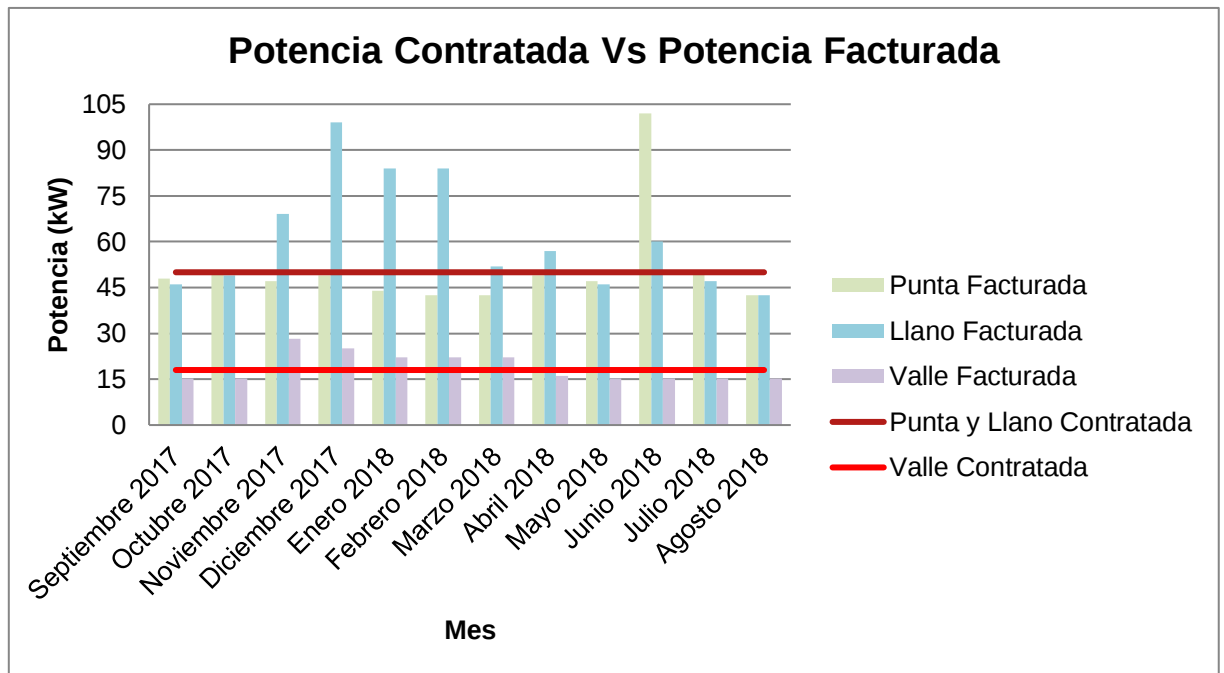


Ilustración 19. Potencia contratada y facturada de todos los periodos.

Como se puede observar, la potencia facturada supera en muchos de los meses sobre todo en el periodo de invierno. Es de gran importancia observar la gran diferencia entre la potencia contratada en el periodo llano con la potencia facturada de dicho periodo. En el periodo punta y valle, hay un equilibrio aceptable excepcionando el mes de junio en el horario de punta.

El objetivo final de este proyecto es el ahorro energético y económico del centro, por tanto, se hará por último en este apartado, un análisis de los costes desde el punto de vista de la potencia facturada.

El coste económico de la potencia se obtiene de multiplicar la potencia a facturar por los días facturados y por el precio del kilovatio y día, que variará en función del periodo:

- Periodo punta: 0,111586 eur/kW·día
- Periodo llano: 0,066952 eur/kW·día
- Periodo valle: 0,044634 eur/kW·día

Obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 15. Coste económico de los distintos periodos de potencia.

		Coste económico de potencia (€)	Coste total económico de potencia (€)
Septiembre 2017	Punta	182,11	310,05
	Llano	104,71	
	Valle	23,23	
Octubre 2017	Punta	167,38	286,3
	Llano	98,42	
	Valle	20,5	
Noviembre 2017	Punta	173,07	367,03
	Llano	152,45	
	Valle	41,51	
Diciembre 2017	Punta	164,03	396,6
	Llano	198,85	
	Valle	33,72	
Enero 2018	Punta	157,11	368,76
	Llano	179,97	
	Valle	31,68	
Febrero 2018	Punta	109,08	261,2
	Llano	129,35	
	Valle	22,77	
Marzo 2018	Punta	142,27	276,41
	Llano	104,44	
	Valle	29,7	
Abril 2018	Punta	174,97	319,94
	Llano	122,12	
	Valle	22,85	
Mayo 2018	Punta	157,34	270,23
	Llano	92,39	
	Valle	20,5	
Junio 2018	Punta	364,21	514,62
	Llano	128,55	
	Valle	21,86	
Julio 2018	Punta	167,38	282,28
	Llano	94,4	
	Valle	20,5	
Agosto 2018	Punta	161,24	281,22
	Llano	96,75	
	Valle	23,23	
Total			3934,64

Vistos de manera gráfica se adquiere el siguiente resultado:

Tabla 16. Coste total de potencia por mes.

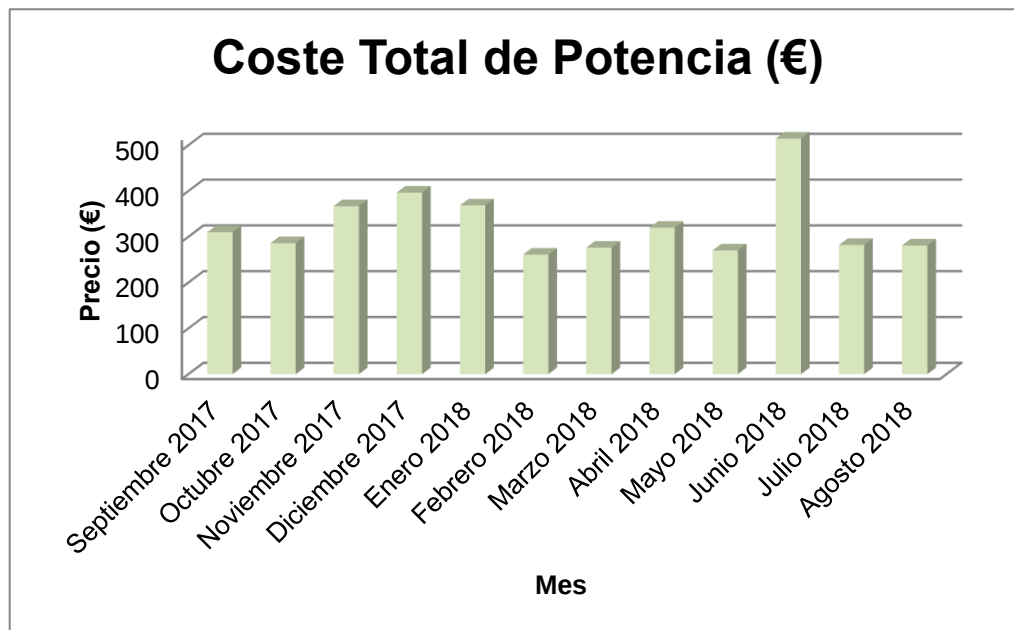
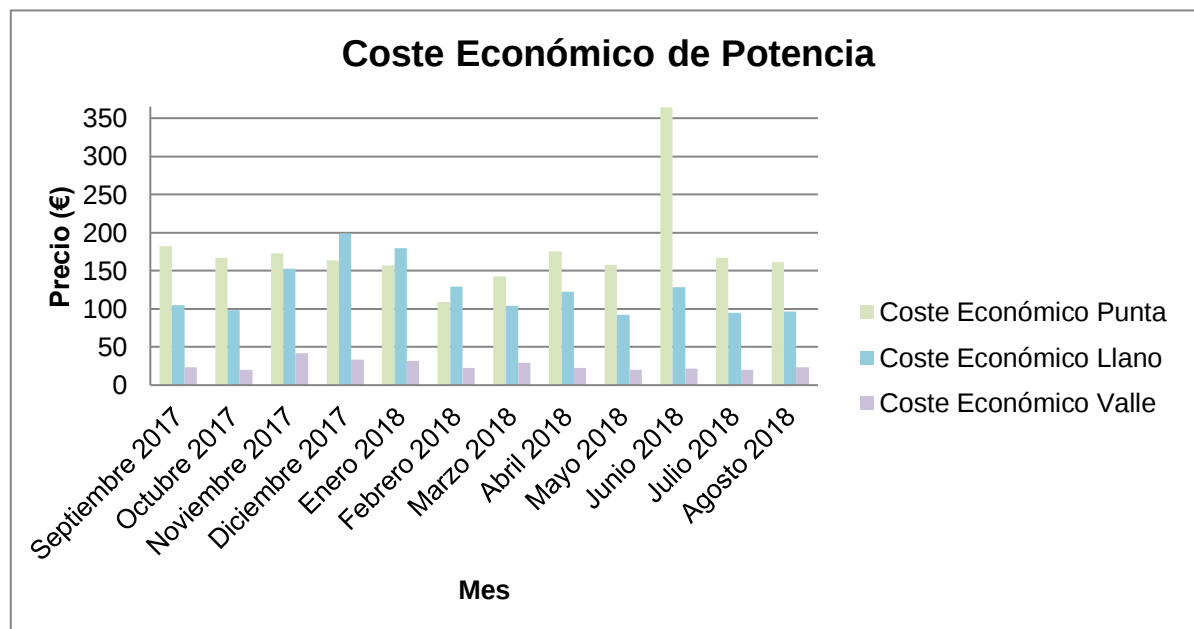


Tabla 17. Coste de potencia por cada periodo.



Se puede percibir que el periodo que supone un mayor coste es el periodo punta, seguido del periodo llano y, por último, con menor coste se encuentra el periodo valle.

4.4. Término de energía reactiva

La energía reactiva no es una potencia realmente consumida en la instalación, ya que no produce trabajo útil debido a su valor medio es nulo. Aparecen en una instalación eléctrica en la que existen bobinas o condensadores, necesarios para crear campos magnéticos y eléctricos en dichos componentes. Se mide en voltiamperios reactivos (Var).

La compañía eléctrica mide la energía reactiva con el contador (kVarh), en este caso Endesa Energía S.A. y si superan ciertos valores, se produce un término de penalización por reactiva en la factura eléctrica.

Si existe potencia reactiva, hace que la intensidad que circula sea mayor que la necesaria para el trabajo útil demandado.

Esta sobreintensidad provoca:

- Pérdida de potencia en las instalaciones: éstas se diseñan para una intensidad máxima, si existe potencia reactiva, la potencia útil (activa) máxima de la instalación disminuye.
- Aumenta las pérdidas en la instalación: al aumentar la intensidad que circula por los cables, aumentan las pérdidas por efecto joule y el calentamiento de estos.
- Transformadores recargados o infrautilizados: están diseñados para una potencia aparente máxima, por tanto, si existiera potencia reactiva estarían más cargados que si no existiese, y estarían “trabajando” más para la potencia útil demandada.

Para evitar todos estos defectos se lleva a cabo la compensación de reactiva a través de unos equipos instalados compuestos por baterías de condensadores.

Las ventajas de esta compensación de energía reactiva son:

- ✓ Aumenta la capacidad de las líneas
- ✓ Mejora la tensión de la red

- ✓ Disminuyen las pérdidas de energía en los cables y su calentamiento.
- ✓ Reducción de coste global de la energía.
- ✓ Evita penalizaciones en la factura eléctrica.

El factor de potencia (f.d.p) de una instalación eléctrica alimentada con corriente alterna, se define como el cociente entre la potencia activa y la potencia aparente. Viene expresada con la siguiente fórmula:

$$\cos \varphi = \frac{P_{Activa}}{P_{Aparente}} = \frac{P_{Activa}}{\sqrt{P_{Activa}^2 + P_{Reactiva}^2}}$$

Si las tensiones y las corrientes son señales perfectamente sinusoidales, el factor de potencia será igual al $\cos \varphi$, o el coseno del ángulo que forman la potencia activa y la potencia aparente que se puede apreciar viendo la representación del triángulo de potencias:

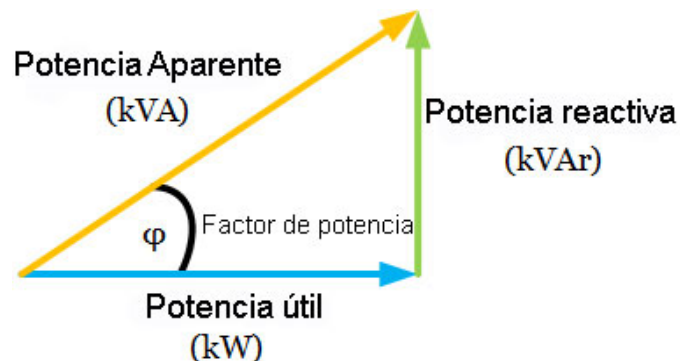


Ilustración 20. Triángulo de potencias.

Se pueden analizar tres casos para distintos valores de factor de potencia que se detallan a continuación:

- Si el factor de potencia o $\cos \varphi$, es igual a 1 significa que la potencia reactiva es nula, y la potencia activa y aparente son iguales. Por tanto, la intensidad que circula es la necesaria para la potencia útil demandada en la instalación y por tanto no tendrá ninguna penalización en la factura eléctrica.

- Si el factor de potencia o $\cos \varphi$, es igual menor que 1 significa que la potencia reactiva no es nula, y por tanto la potencia activa y aparente no son iguales. Como consecuencia, la intensidad que circula por los cables es mayor que la necesaria para la potencia útil demandada en la instalación y, por tanto, llevará una penalización económica en la factura eléctrica.

Para cobrar la energía reactiva se factura dicha energía que supere el 33% del consumo de activa de cada periodo sin aplicar sobre el último periodo (valle) sumado de la penalización en el caso que fuese necesario.

En las instalaciones del centro, no hay apenas energía reactiva ya que no existen componentes que consuman dicha energía excepcionando los tubos fluorescentes cuya cantidad de energía reactiva es despreciable.

Al no consumir potencia reactiva, el $\cos \varphi$ será igual a 1 y por tanto no tendrá una sanción económica.

Los precios de la energía reactiva y excesos de potencia según Orden ETU/1976/2016 (BOE 29-12-2016):

- $\cos \varphi \geq 0,95$ el precio será de 0,00000 €/KVArh
- $0,95 < \cos \varphi \geq 0,90$ el precio será 0,041554 €/KVArh
- $0,90 < \cos \varphi \geq 0,85$ el precio será 0,041554 €/KVArh
- $0,85 < \cos \varphi \geq 0,80$ el precio será 0,041554 €/KVArh
- $\cos \varphi \leq 0,8$ el precio será de 0,062332 €/KVArh

Visto de manera visual queda de la siguiente forma:

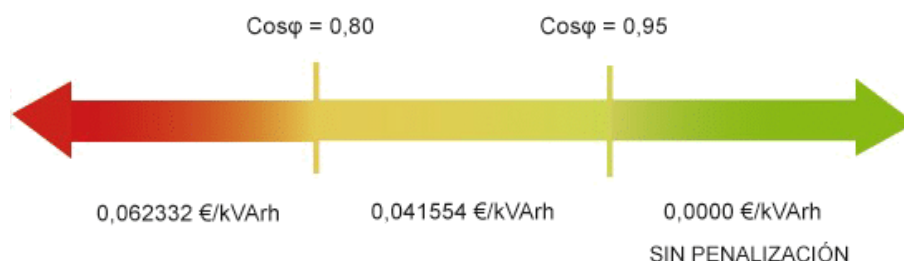


Ilustración 21. Penalización por $\cos \varphi$

Como conclusión, con respecto al centro, al no consumir potencia reactiva no tendrá ningún coste económico y esto supondrá un $\cos \varphi$ igual a 1 por lo que tampoco tendrá ninguna penalización económica, así como la no necesidad de incorporar batería de condensadores.

5. EVALUACIÓN DE INSTALACIONES

5.1. Introducción

Este apartado se basa en el análisis de las instalaciones y de los sistemas existentes en la edificación del centro. Para ello, se llevará a cabo un inventario recogiendo la máxima información posible.

Esto es de gran importancia porque, una vez conocida la situación de dichas instalaciones, se realizará la propuesta de mejoras para obtener un consumo más eficiente.

A continuación, se presenta una breve descripción de los equipos existentes y su consumo durante el curso escolar 2017/18.

5.2. Valoración de equipos e instalaciones

En este apartado se refleja mediante tablas los distintos equipos y herramientas existentes en los diferentes salas y aulas del instituto.

5.2.1. Edificio central

➤ Planta baja:

Tabla 18. Inventario salón de actos.

Salón de actos			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Aire acondicionado	6	10700	64200
Altavoces	5	200	1000
Equipo de mezclas	2	300	600

Halógeno ojo de buey	7	50	350
Luces de emergencia	13	6	78
Luminaria de 1 tubo fluorescentes	22	18	396
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	6	36	216
Ordenador	1	180	180
Proyector	1	300	300
Router	3	20	60
		Potencia total (W)	67380

Tabla 19. Inventario secretaría.

Secretaría			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Aire acondicionado	3	3500	10500
Altavoz pequeño	2	35	70
Alumbrado de emergencia	3	6	18
Equipo de música	1	20	20
Fax	1	160	160
Impresora grande	1	1200	1200
Impresora pequeña	4	550	2200

Luminaria de 2 tubos fluorescentes	6	36	216
Luminaria de 4 tubos fluorescentes	6	36	216
Minialtavoz	4	14	56
Ordenador	3	180	540
Radio	1	6	6
Subwoofer	1	40	40
Ventilador eléctrico	1	30	30
		Potencia total (W)	15272

Tabla 20. Inventario sala de visitas 1.

Sala de visitas 1			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Luminaria de 4 tubos fluorescentes	2	36	72
Ordenador	1	180	180
Radiador eléctrico	1	1500	1500
		Potencia total (W)	1758

Tabla 21. Inventario del departamento de Comercio.

Departamento de Comercio			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Aire acondicionado	1	3500	3500
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Equipo de música	1	20	20
Impresora pequeña	2	550	1100
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	4	36	144
Ordenador	3	180	540
Rack de servidores	5	220	1100
Potencia total (W)			6410

Tabla 22. Inventario servicio masculino.

Servicio masculino			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Foco empotrable LED	4	18	72
Potencia total (W)			78

Tabla 23. Inventario servicio femenino.

Servicio femenino

Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Foco empotrable LED	4	18	72
		Potencia total (W)	78

Tabla 24. Departamento de Música.

Departamento de Música			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Altavoz pequeño	2	2	4
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	1	36	36
Mezclador de sonidos	1	150	150
		Potencia total (W)	196

Tabla 25. Departamento de Biología.

Departamento de Biología			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Aire acondicionado	1	3200	3200
Altavoz mediano	2	60	120
Altavoz pequeño	2	35	70
Alumbrado de emergencia	3	6	18
Bola del mundo eléctrica	1	10	10

Escáner	1	4	4
Impresora pequeña	1	550	550
Luminaria de 1 tubo fluorescente	1	18	18
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	9	36	324
Ordenador	2	180	360
Proyector	1	270	270
Radiador eléctrico	1	1500	1500
Subwoofer	1	40	40
Trituradora pequeña	1	265	265
		Potencia total (W)	6749

Tabla 26. Inventario del departamento de Informática.

Departamento de Informática			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Aire acondicionado	1	3500	3500
Altavoz pequeño	2	35	70
Alumbrado de emergencia	3	6	18
Impresora 3D	1	240	240
Impresora pequeña	1	550	550
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	3	36	108

Luminaria de 4 tubos fluorescentes	6	36	216
Ordenador	4	180	720
Rack de servidores	3	220	660
Potencia total (W)			2582

Tabla 27. Inventario del departamento de Religión.

Departamento de Religión			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Flexo	1	50	50
Foco LED	1	60	60
Halógeno ojo de buey	2	50	100
Impresora pequeña	1	550	550
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	1	36	36
Ordenador	1	180	180
Potencia total (W)			982

Tabla 28. Inventario del laboratorio de Biología.

Laboratorio de Biología			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Altavoz pequeño	2	35	70
Alumbrado de emergencia	2	6	12
Cámara de seguridad	1	3,8	3,8

Flexo	3	5	15
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	10	36	360
Microscopio	17	5	85
Ordenador	19	180	3420
Proyector	1	270	270
Router	1	20	20
Subwoofer	1	40	40
		Potencia total (W)	4295,8

Tabla 29. Inventario del aula de Música.

Aula de Música			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Altavoz mediano	2	60	120
Altavoz pequeño	2	35	70
Alumbrado de emergencia	2	6	12
DVD	1	12	12
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	12	36	432
Mezclador de sonidos	2	150	300
Ordenador	1	180	180

Router	1	20	20
Subwoofer grande	2	60	120
Teclado	2	40	80
		Potencia total (W)	1346

Tabla 30. Inventario de conserjería.

Conserjería			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Aire acondicionado	1	3500	3500
Alumbrado de emergencia	2	1	2
Foco empotrable LED	2	18	36
Halógeno ojo de buey	3	50	150
Impresora grande	2	900	1800
Impresora pequeña	1	550	550
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	2	36	72
Ordenador	2	180	360
Pantalla de cámara de seguridad	1	50	50
Radio	1	6	6
Sirena	1	20	20
Timbre	8	0,5	4
Trituradora	1	1380	1380
		Potencia total (W)	7930

Tabla 31. Inventario de orientación.

Orientación			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Altavoz pequeño	2	35	70
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Impresora pequeña	1	550	550
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	2	36	72
Ordenador	1	180	180
Radiador eléctrico	1	1500	1500
Ventilador	1	30	30
		Potencia total (W)	2408

Tabla 32. Inventario de cafetería.

Cafetería			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Aire acondicionado portátil	2	2000	4000
Alumbrado de emergencia	3	6	18
Cafetera grande	1	2300	2300
Congelador botellero	1	270	270
Cortador de fiambres	1	150	150
Exprimidor	1	160	160
Frigorífico mediano	1	4800	4800

Halógeno ojo de buey	7	50	350
Lavavajillas	1	1800	1800
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	6	36	216
Router	1	20	20
Tostadora	2	3250	6500
Potencia total (W)			20584

Tabla 33. Inventario de pasillos.

Pasillos			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Altavoz pequeño	4	2	8
Alumbrado de emergencia	21	6	126
Ascensor	1	4000	4000
Bombilla LED	12	5,5	66
Cámara de seguridad	5	3,8	19
Foco LED pequeño	1	30	30
Halógeno ojo de buey	4	50	200
Luminaria de 1 tubo fluorescente	8	18	144
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	28	36	1008
Máquina expendedora de bebidas	1	900	900
Sirena	2	20	40
Televisión	1	300	300

Potencia total (W)	6841
-------------------------------	-------------

Tabla 34. Inventario del departamento de Física.

Departamento de Física			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Aire acondicionado	1	3500	3500
Altavoz pequeño	2	35	70
Alumbrado de emergencia	2	6	12
Halógeno ojo de buey	46	50	2300
Impresora pequeña	1	550	550
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	8	36	288
Ordenador	2	180	360
		Potencia total (W)	7080

Tabla 35. Inventario departamento de Tecnología.

Departamento de Tecnología			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Escáner	1	4	4
Flexo	1	22	22
Impresora pequeña	2	550	1100
Luminaria de 4 tubos fluorescentes	2	36	72
Minialtavoz	4	14	56
Mini taladro	4	130	520

Ordenador	1	180	180
Portátil	2	120	240
Rack	1	450	450
Radiador eléctrico	1	1500	1500
Router	1	20	20
		Potencia total (W)	4170

Tabla 36. Inventario del laboratorio de Física.

Laboratorio de Física			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Altavoz pequeño	2	35	70
Alumbrado de emergencia	2	6	12
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	22	36	792
Minialtavoz	2	14	28
Ordenador	3	180	540
Proyector	2	270	540
Router	2	20	40
Subwoofer	2	40	80
		Potencia total (W)	2102

Tabla 37. Inventario del aula de tecnología.

Aula de Tecnología			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)

Alumbrado de emergencia	9	6	54
Amplificador	1	200	200
Equipo de soldadura	1	4000	4000
Fuente de alimentación	7	60	420
Lijadora	1	150	150
Luminaria de 1 tubo fluorescente	15	18	270
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	1	36	36
Luminaria de 4 tubos fluorescentes	12	36	432
Ordenador	7	180	1260
Pistola de silicona	6	10	60
Proyector	1	270	270
Radio	1	6	6
Router	1	20	20
Secador de manos	1	1800	1800
Soldadores	9	25	225
Taladro de columna	1	250	250
Taladro de mesa vertical	1	500	500
Potencia total (W)			9953

Tabla 38. Inventario del aula 0-1.

Aula 0-1			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Altavoz pequeño	2	35	70

Alumbrado de emergencia	1	6	6
Luminaria de 1 tubo fluorescente	2	18	36
Ordenador	1	180	180
Proyector	1	270	270
Router	1	20	20
Subwoofer	1	40	40
		Potencia total (W)	622

Tabla 39. Inventario del aula 0-2.

Aula 0-2			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Altavoz pequeño	2	35	70
Alumbrado de emergencia	2	6	12
Impresora pequeña	1	550	550
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	2	36	72
Luminaria de 4 tubos fluorescentes	6	36	216
Ordenador	2	180	360
Radio	1	6	6
Termo eléctrico 50 L	1	1500	1500
		Potencia total (W)	2786

Tabla 40. Inventario del 0-3.

Aula 0-3

Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Luminaria de 4 tubos fluorescentes	6	36	216
Minialtavoz	2	35	70
Ordenador	31	180	5580
Proyector	1	270	270
Rack de servidores	3	220	660
Router	1	20	20
Subwoofer	1	40	40
		Potencia total (W)	6862

Tabla 41. Inventario del aula 0-4.

Aula 0-4 (Aula de Informática)			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Aire acondicionado	1	8000	8000
Altavoz mediano	4	60	240
Altavoz pequeño	2	35	70
Alumbrado de emergencia	3	6	18
Cámara de seguridad	1	3,8	3,8
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	9	36	324

Ordenador	31	180	5580
Proyector	1	270	270
Rack de servidores	4	220	880
Router	1	20	20
Potencia total (W)			15405,8

Tabla 42. Inventario del aula 0-5.

Aula 0-5 (Aula de Informática)			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Alumbrado de emergencia	2	6	12
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	4	36	144
Minialtavoz	2	35	70
Ordenador	23	180	4140
Proyector	1	270	270
Rack de servidores	2	220	440
Router	1	20	20
Potencia total (W)			5096

Tabla 43. Inventario del aula 0-6.

Aula 0-6			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Altavoz pequeño	2	35	70
Alumbrado de emergencia	1	6	6

Luminaria de 2 tubos fluorescentes	7	36	252
Ordenador	1	180	180
Pizarra digital	1	300	300
Proyector	1	270	270
Router	1	20	20
		Potencia total (W)	1098

Como conclusión:

Planta baja	
Emplazamiento	Potencia total (W)
Salón de actos	67380
Conserjería	7930
Secretaria	15272
Orientación	2408
Sala de visitas	1758
Cafetería	20584
Servicio masculino	78
Servicio femenino	78
Pasillos	6841
Departamento de Biología	6749
Departamento de Comercio	6410
Departamento de Física	7080
Departamento de Informática	2582

Tomas de fuerzas	
Lugar	Unidades
Salón de actos	32
Conserjería	20
Secretaria	19
Orientación	4
Sala de visitas	5
Cafetería	7
Pasillos	5
Departamento de Biología	18
Departamento de Comercio	18
Departamento de Física	16
Departamento de Informática	35
Departamento de Música	7
Departamento de Religión	6

Cuadros eléctricos	
Lugar	Unidades
Departamento de Biología	1
Aula de Música	1
Departamento de Tecnología	1
Aula de Tecnología	1
Cafetería	1
Pasillos	3
Departamento de Física	1
Departamento de Informática	1
Aula 0-1	1
Aula 0-3	1
Aula 0-4 (Aula de Informática)	1

Departamento de Música	196
Departamento de Religión	982
Departamento de Tecnología	4170
Laboratorio de Biología	4295,8
Laboratorio de Física	2102
Aula de Música	1346
Aula de Tecnología	9953
Aula 0-1	622
Aula 0-2	2786
Aula 0-3 (Aula de Informática)	6862
Aula 0-4 (Aula de Informática)	15405,8
Aula 0-5 (Aula de informática)	5096
Aula 0-6	1098

Departamento de Tecnología	13
Laboratorio de Biología	104
Laboratorio de Física	18
Aula de Música	12
Aula de tecnología	60
Aula 0-1	6
Aula 0-2	17
Aula 0-3 (Aula de Informática)	95
Aula 0-4 (Aula de Informática)	127
Aula 0-5 (Aula de informática)	91
Aula 0-6	11

Potencia total planta baja	200064,6 W
-----------------------------------	-------------------

➤ Planta primera:

Tabla 44. Inventario de dirección.

Dirección			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Aire acondicionado	1	3500	3500
Altavoz pequeño	2	35	70
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Bombilla LED	5	5,5	27,5
Impresora pequeña	1	550	550
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	4	36	144
Portátil	1	120	120
Subwoofer	1	40	40
Trituradora	1	1380	1380
		Potencia total (W)	5837,5

Tabla 45. Inventario de vicedirección.

Vicedirección			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Aire acondicionado	1	3500	3500
Altavoz pequeño	3	35	105
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Flexo	1	5	5
Impresora pequeña	1	880	880

Luminaria de 2 tubos fluorescentes	2	36	72
Ordenador	3	180	540
Radio	1	6	6
Trituradora	1	1380	1380
Potencia total (W)			6494

Tabla 46. Inventario de jefatura de estudios.

Jefatura de estudios			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Aire acondicionado	1	3500	3500
Altavoz pequeño	2	35	70
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Código de libros	1	200	200
Impresora grande	1	900	900
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	4	36	144
Ordenador	6	180	1080
Portátil	1	120	120
Potencia total (W)			6020

Tabla 47. Inventario de claustro.

Claustro			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)

Altavoz mediano	2	60	120
Altavoz pequeño	2	35	70
Alumbrado de emergencia	3	6	6
Dispensador de agua eléctrico	1	65	65
DVD	1	12	12
Equipo de música	1	20	20
Frigorífico mediano	1	4800	4800
Impresora grande	1	900	900
Luminaria de 1 tubo fluorescente	1	18	18
Luminaria de 4 tubos fluorescentes	4	36	144
Luminaria de 6 tubos fluorescentes	6	54	324
Ordenador	3	180	540
Router	1	20	20
Subwoofer	2	40	80
Televisión	2	180	360
		Potencia total (W)	7479

Tabla 48. Inventario del departamento de Filosofía.

Departamento de Filosofía			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Aire acondicionado	1	3500	3500
Altavoz pequeño	2	35	70
Alumbrado de emergencia	1	6	6

Escáner	1	4	4
Flexo	4	11	44
Impresora pequeña	1	550	550
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	6	36	216
Ordenador	1	180	180
Potencia total (W)			4570

Tabla 49. Inventario del departamento de Geografía e Historia.

Departamento de Geografía e Historia			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Aire acondicionado	1	3500	3500
Altavoz pequeño	2	35	70
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Cafetera pequeña	1	850	550
Impresora pequeña	1	550	550
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	6	36	216
Ordenador	2	180	360
Router	1	20	20
Potencia total (W)			5272

Tabla 50. Inventario del departamento de Lengua.

Departamento de Lengua			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)

Altavoz pequeño	4	35	70
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Impresora pequeña	2	550	550
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	6	36	216
Ordenador	3	180	360
Router	1	20	20
Ventilador de techo	1	80	80
Potencia total (W)			1302

Tabla 51. Inventario del departamento de Formación y Orientación Laboral.

Departamento de Formación y Orientación Laboral			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Aire acondicionado	1	3500	3500
Altavoz pequeño	2	35	70
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Escáner	1	4	4
Flexo	1	5	5
Impresora pequeña	1	550	550
Luminaria de 1 tubo fluorescente	1	18	18
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	2	36	72
Ordenador	1	180	180
Radio	1	6	6
Trituradora	1	1380	1380

Potencia total (W)	5791
-------------------------------	-------------

Tabla 52. Inventario del departamento de Latín.

Departamento de Latín			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Altavoz pequeño	2	35	70
Alumbrado de emergencia	1	6	6
DVD	1	12	12
Escáner	1	4	4
Flexo	1	5	5
Impresora pequeña	1	550	550
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	2	36	72
Ordenador	1	180	180
Proyector	1	270	270
Radiador eléctrico	1	1500	1500
Radio	1	6	6
Ventilador eléctrico	1	30	30
		Potencia total (W)	2705

Tabla 53. Inventario del departamento de Matemáticas.

Departamento de Matemáticas			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Aire acondicionado	1	3500	3500

Altavoz pequeño	5	35	70
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Impresora pequeña	1	550	550
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	6	36	216
Ordenador	4	180	180
Radio	1	6	6
Ventilador de techo	2	80	160
Potencia total (W)			4688

Tabla 54. Inventario de la biblioteca.

Biblioteca			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Alumbrado de emergencia	2	6	12
Impresora pequeña	2	550	550
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	12	36	432
Ordenador	4	180	360
Router	1	20	20
Potencia total (W)			1374

Tabla 55. Inventario de servicio de profesores.

Servicio de profesores			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)

Alumbrado de emergencia	1	6	6
Bombilla LED	2	5,5	11
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	6	36	216
Secador de manos	1	1800	1800
Potencia total (W)			2033

Tabla 56. Inventario del servicio de profesoras.

Servicio de profesoras			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Bombilla LED	8	5,5	44
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	1	36	36
Secador de manos	1	1800	1800
Potencia total (W)			1886

Tabla 57. Inventario del servicio masculino.

Servicio masculino			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Foco empotrable LED	4	18	72
Potencia total (W)			78

Tabla 58. Inventario del servicio femenino.

Servicio femenino			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Foco empotrable LED	4	18	72
		Potencia total (W)	78

Tabla 59. Inventario del aula 1-1.

Aula 1-1			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Altavoz pequeño	2	35	70
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Luminaria de 1 tubo fluorescente	7	18	126
Ordenador	31	180	5580
Pizarra digital	1	300	300
Proyector	1	270	270
Rack de servidores	2	220	440
Subwoofer	1	40	40
		Potencia total (W)	6832

Tabla 60. Inventario del aula 1-2.

Aula 1-2			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Altavoz pequeño	2	35	70

Alumbrado de emergencia	1	6	6
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	7	36	252
Ordenador	1	180	180
Proyector	1	270	270
Router	1	20	20
Subwoofer	1	40	40
Potencia total (W)			838

Tabla 61. Inventario del aula 1-3.

Aula 1-3			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Altavoz pequeño	2	35	70
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Luminaria de 1 tubo fluorescente	5	18	90
Ordenador	1	180	180
Proyector	1	270	270
Router	1	20	20
Potencia total (W)			636

Tabla 62. Inventario del aula 1-4.

Aula 1-4			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Altavoz pequeño	2	35	70

Alumbrado de emergencia	1	6	6
Luminaria de 1 tubo fluorescente	1	18	18
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	4	36	144
Ordenador	1	180	180
Proyector	1	270	270
Router	1	20	20
Potencia total (W)			708

Tabla 63. Inventario del aula 1-5.

Aula 1-5			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Luminaria de 1 tubo fluorescente	1	18	18
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	6	36	216
Ordenador	1	180	180
Pizarra digital	1	300	300
Router	1	20	20
Potencia total (W)			740

Tabla 64. Inventario del aula 1-6.

Aula 1-6			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Altavoz pequeño	2	35	70

Alumbrado de emergencia	1	6	6
Luminaria de 1 tubo fluorescente	1	18	18
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	4	36	144
Ordenador	1	180	180
Proyector	1	270	270
Router	1	20	20
Subwoofer	1	40	40
		Potencia total (W)	678

Tabla 65. Inventario del aula 1-7.

Aula 1-7			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Aire acondicionado	1	3500	3500
Altavoz pequeño	2	35	70
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	6	36	216
Ordenador	29	180	5220
Proyector	1	270	270
Rack de servidores	3	220	660
Router	1	20	20
		Potencia total (W)	9962

Tabla 66. Inventario del aula 1-8.

Aula 1-8			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Aire acondicionado	1	6000	6000
Altavoz pequeño	2	35	70
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Luminaria de 1 tubo fluorescente	1	18	18
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	6	36	216
Ordenador	24	180	4320
Proyector	1	270	270
Rack de servidores	3	220	660
Torre de ordenador	10	65	650
		Potencia total (W)	12210

Tabla 67. Inventario del aula 1-9.

Aula 1-9			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Aire acondicionado	1	3500	3500
Altavoz pequeño	2	35	70
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Impresora pequeña	1	550	550
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	6	36	216

Ordenador	28	180	5040
Pizarra digital	1	300	300
Proyector	1	270	270
Rack de servidores	3	220	660
Router	1	20	20
Subwoofer	1	40	40
Potencia total (W)			10672

Tabla 68. Inventario del aula 1-10.

Aula 1-10			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Luminaria de 1 tubo fluorescente	2	9	18
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	6	36	216
Ordenador	1	180	180
Pizarra digital	1	300	300
Router	1	20	20
Potencia total (W)			740

Tabla 69. Inventario del aula 1-11.

Aula 1-11			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Altavoz pequeño	4	35	140

Alumbrado de emergencia	1	6	6
Luminaria de 1 tubo fluorescente	2	18	36
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	6	36	216
Ordenador	1	180	180
Pizarra digital	1	300	300
Proyector	1	270	270
Router	1	20	20
Subwoofer	1	40	40
		Potencia total (W)	1208

Tabla 70. Inventario del aula 1-12.

Aula 1-12			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	6	36	216
Ordenador	1	180	180
Radiador eléctrico	1	1500	1500
Router	1	20	20
		Potencia total (W)	1922

Tabla 71. Inventario del almacén.

Almacén			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Luminaria de 1 tubo fluorescente	1	18	18
		Potencia total (W)	24

Tabla 72. Inventario de los pasillos de la primera planta.

Pasillos primera planta			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Altavoz mediano	2	60	120
Alumbrado de emergencia	14	6	6
Cámara de seguridad	6	3,8	22,8
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	30	36	1080
Router	1	20	20
Sirena	2	20	40
		Potencia total (W)	1288,8

Como conclusión:

Planta primera	
Emplazamiento	Potencia total (W)
Dirección	5837,5
Jefatura de estudios	6020
Vicedirección	6494
Departamento de Filosofía	4570
Departamento de Formación y Orientación Laboral	5791
Departamento de Geografía e Historia	5272
Claustro	7479
Departamento de Latín	2705
Departamento de Lengua	1302
Departamento de Matemáticas	4688

Tomas de fuerzas	
Lugar	Unidades
Dirección	6
Vicedirección	19
Jefatura de estudios	12
Departamento de Filosofía	5
Departamento de Formación y Orientación Laboral	9
Departamento de Geografía e Historia	6
Claustro	18
Departamento de Latín	19
Departamento de Lengua	10
Departamento de Matemáticas	22

Cuadros eléctricos	
Lugar	Unidades
Aula 1-7	1
Aula 1-8	1
Aula 1-9	1

Biblioteca	1374
Servicio de profesores	2033
Servicio de profesoras	1886
Sala de portátiles	4842
Servicio masculino	78
Servicio femenino	78
Aula 1-1	6832
Aula 1-2	838
Aula 1-3	636
Aula 1-4	708
Aula 1-5	740
Aula 1-6	678
Aula 1-7	9962
Aula 1-8	12210

Biblioteca	39
Servicio de profesores	1
Servicio de profesoras	1
Sala de portátiles	3
Aula 1-1	71
Aula 1-2	3
Aula 1-3	7
Aula 1-4	4
Aula 1-5	10
Aula 1-6	7
Aula 1-7	87
Aula 1-8	95
Aula 1-9	90
Aula 1-10	10

Aula 1-9	10672
Aula 1-10	740
Aula 1-11	1208
Aula 1-12	1922
Pasillos primera planta	1288,8

Aula 1-11	8
Aula 1-12	7

Potencia total planta primera (W)	108884,3
--	-----------------

➤ Planta segunda:

Tabla 73. Inventario del departamento de Dibujo.

Departamento de Dibujo			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Aire acondicionado	1	3500	3500
Altavoz pequeño	1	35	70
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Escáner	1	4	4
Impresora pequeña	1	550	550
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	3	36	108
Ordenador	2	180	360
Portátil	2	120	360
Radio	1	6	6
Router	1	20	20
		Potencia total (W)	4984

Tabla 74. Departamento de Francés.

Departamento de Francés			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Aire acondicionado	1	1200	1200
Altavoz pequeño	2	35	70
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Impresora pequeña	2	550	1100

Luminaria de 2 tubos fluorescentes	3	36	108
Ordenador	2	180	360
Portátil	1	120	120
Radiador eléctrico	1	1500	1500
Radio	1	6	6
Subwoofer	1	10,5	10,5
Ventilador eléctrico	1	30	30
		Potencia total (W)	4510,5

Tabla 75. Inventario del departamento de Inglés.

Departamento de Inglés			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Aire acondicionado	1	3500	3500
Altavoz pequeño	2	35	70
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Cafetera pequeña	1	2200	2200
Equipo de música	1	20	20
Escáner	2	4	8
Impresora pequeña	2	550	1100
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	4	36	144
Ordenador	2	180	360
		Potencia total (W)	7408

Tabla 76. Inventario del aula de Dibujo.

Aula de Dibujo			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Aire acondicionado	2	1200	2400
Altavoz pequeño	2	35	70
Alumbrado de emergencia	2	6	12
Impresora pequeña	1	550	550
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	12	36	432
Ordenador	1	180	180
Proyector	1	270	270
Router	1	20	20
Subwoofer	1	40	40
		Potencia total (W)	3974

Tabla 77. Inventario del aula 2-1.

Aula 2-1			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Aire acondicionado	1	3500	3500
Altavoz pequeño	2	35	70
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Luminaria de 1 tubo fluorescente	2	18	36
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	6	36	216
Ordenador	1	180	180

Proyector	1	270	270
Router	1	20	20
Subwoofer	1	40	40
		Potencia total (W)	4338

Tabla 78. Inventario del aula 2-2.

Aula 2-2			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Aire acondicionado	1	3500	3500
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Luminaria de 1 tubo fluorescente	1	18	18
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	6	36	216
Ordenador	1	180	180
Pizarra digital	1	300	300
		Potencia total (W)	4220

Tabla 79. Inventario del aula 2-3.

Aula 2-3			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Aire acondicionado	1	3500	3500
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Luminaria de 1 tubo fluorescente	1	18	18
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	6	36	216

Ordenador	1	180	180
Pizarra digital	1	300	300
Router	1	20	20
		Potencia total (W)	4240

Tabla 80. Inventario del aula 2-4.

Aula 2-4			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Altavoz pequeño	2	35	70
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	3	36	108
Ordenador	1	180	180
Proyector	1	270	270
Subwoofer	1	40	40
		Potencia total (W)	674

Tabla 81. Inventario del aula 2-5.

Aula 2-5			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Aire acondicionado	1	3500	3500
Altavoz pequeño	2	35	70
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Luminaria de 1 tubo fluorescente	1	18	18

Luminaria de 2 tubos fluorescentes	6	36	216
Pizarra digital	1	300	300
Router	1	20	20
		Potencia total (W)	4130

Tabla 82. Inventario del aula 2-6.

Aula 2-6			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Aire acondicionado	1	2800	3500
Altavoz pequeño	2	35	70
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	6	36	54
Ordenador	1	180	180
Pizarra digital	1	300	300
Router	1	20	20
		Potencia total (W)	4130

Tabla 83. Inventario del aula 2-7.

Aula 2-7			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Altavoz pequeño	2	35	70
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Luminaria de 1 tubo fluorescente	1	18	18

Luminaria de 2 tubos fluorescentes	4	36	144
Ordenador	1	180	180
Proyector	1	270	270
Router	1	20	20
Subwoofer	1	40	40
Potencia total (W)			748

Tabla 84. Inventario del aula 2-8.

Aula 2-8			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Aire acondicionado	1	3500	3500
Altavoz pequeño	2	35	70
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Luminaria de 1 tubo fluorescente	1	18	18
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	6	36	216
Ordenador	1	180	180
Proyector	1	270	270
Subwoofer	1	40	40
Potencia total (W)			4300

Tabla 85. Inventario del aula 2-9.

Aula 2-9			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Altavoz pequeño	2	35	70
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Luminaria de 1 tubo fluorescente	1	18	18
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	6	36	216
Ordenador	1	180	180
Proyector	1	270	270
Router	1	20	20
Subwoofer	1	40	40
		Potencia total (W)	820

Tabla 86. Inventario del aula 2-10.

Aula 2-10			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Aire acondicionado	1	3500	3500
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Luminaria de 1 tubo fluorescente	1	18	18
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	6	36	216
Ordenador	1	180	180
Pizarra digital	1	300	300
		Potencia total (W)	4220

Tabla 87. Inventario del aula 2-11.

Aula 2-11			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Aire acondicionado	1	3500	3500
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Luminaria de 1 tubo fluorescente	1	18	18
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	6	36	216
Ordenador	1	180	180
Pizarra digital	1	300	300
Router	1	20	20
		Potencia total (W)	4240

Tabla 88. Inventario del aula 2-12.

Aula 2-12			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Aire acondicionado	1	3500	3500
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Luminaria de 1 tubo fluorescente	1	18	18
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	6	36	216
Ordenador	1	180	180
Pizarra digital	1	300	300
Router	1	20	20
		Potencia total (W)	4240

Tabla 89. Inventario del aula 2-13.

Aula 2-13			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Aire acondicionado	1	3500	3500
Altavoz pequeño	2	35	70
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Luminaria de 1 tubo fluorescente	1	18	18
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	6	36	216
Ordenador	1	180	180
Pizarra digital	1	300	300
Subwoofer	1	40	40
		Potencia total (W)	4330

Tabla 90. Inventario del aula 2-14.

Aula 2-14			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Aire acondicionado	1	3500	3500
Altavoz pequeño	2	35	70
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Luminaria de 1 tubo fluorescente	2	18	36
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	6	36	216
Ordenador	1	180	180

Proyector	1	270	270
Router	1	20	20
Subwoofer	1	40	40
		Potencia total (W)	4338

Tabla 91. Inventario del aula 2-15.

Aula 2-15			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Altavoz pequeño	4	35	140
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	6	36	216
Ordenador	17	180	3060
Proyector	1	270	270
Rack de servidores	1	220	220
Router	1	20	20
Subwoofer	1	40	40
		Potencia total (W)	3972

Tabla 92. Inventario del aula 2-16.

Aula 2-16			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Aire acondicionado	1	3500	3500
Altavoz pequeño	4	35	140

Alumbrado de emergencia	1	6	6
Luminaria de 1 tubo fluorescente	2	18	36
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	6	36	216
Ordenador	1	180	180
Pizarra digital	1	300	300
Subwoofer	1	40	40
Altavoz mediano	1	120	120
		Potencia total (W)	4538

Tabla 93. Inventario del aula 2-17.

Aula 2-17			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Aire acondicionado	1	3500	3500
Altavoz mediano	1	120	120
Altavoz pequeño	2	35	70
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Luminaria de 1 tubo fluorescente	1	18	18
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	6	36	216
Ordenador	1	180	180
Pizarra digital	1	300	300
Router	1	20	20
		Potencia total (W)	4430

Tabla 94. Inventario del aula 2-18.

Aula 2-18			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	3	36	108
Ordenador	2	180	360
Radio	1	6	6
		Potencia total (W)	480

Tabla 95. Inventario de la sala de portátiles.

Sala de portátiles			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Luminaria de 1 tubo fluorescente	2	18	36
Portátil	60	120	7200
		Potencia total (W)	7242

Tabla 96. Inventario del servicio masculino.

Servicio masculino			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Foco empotrable LED	4	18	72
		Potencia total (W)	78

Tabla 97. Inventario del servicio femenino.

Servicio femenino			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Foco empotrable LED	4	18	72
Potencia total (W)			78

Tabla 98. Inventario pasillos de la planta segunda.

Pasillos			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Alumbrado de emergencia	21	6	126
Bombilla LED	9	5,5	49,5
Cámara de seguridad	8	3,8	30,4
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	40	36	1440
Sirena	2	20	40
Potencia total (W)			1685,9

Como conclusión:

Planta segunda	
Emplazamiento	Potencia total (W)
Departamento de Dibujo	4984
Departamento de Francés	4984
Departamento de Inglés	7408
Sala de portátiles	7242
Servicio masculino	78
Servicio femenino	78
Aula de Dibujo	3974
Aula 2-1	4338
Aula 2-2	4220
Aula 2-3	4240
Aula 2-4	674
Aula 2-5	4130

Tomas de fuerzas	
Lugar	Unidades
Departamento de Francés	17
Departamento de Inglés	14
Departamento de Dibujo	9
Sala de portátiles	12
Aula de Dibujo	5
Aula 2-1	7
Aula 2-2	11
Aula 2-3	8
Aula 2-4	6
Aula 2-5	5
Aula 2-6	8
Aula 2-7	7

Cuadros eléctricos	
Lugar	Unidades
Sala de portátiles	1
Pasillos	2

Aula 2-6	4130
Aula 2-7	748
Aula 2-8	4300
Aula 2-9	820
Aula 2-10	4220
Aula 2-11	4240
Aula 2-12	4240
Aula 2-13	4330
Aula 2-14	4338
Aula 2-15	3972
Aula 2-16	4538
Aula 2-17	4430
Aula 2-18	480
Pasillos	1685,9

Aula 2-8	8
Aula 2-9	12
Aula 2-10	7
Aula 2-11	10
Aula 2-12	7
Aula 2-13	4
Aula 2-14	7
Aula 2-15	70
Aula 2-16	10
Aula 2-17	9
Aula 2-18	6

Potencia total planta segunda (W)	92821,9
--	----------------

5.2.2. Edificio auxiliar

Tabla 99. Inventario del departamento de Educación Física.

Departamento de Educación Física			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Impresora pequeña	1	550	550
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	3	36	108
Reloj Despertador Digital	1	5	5
Potencia total (W)			669

Tabla 100. Inventario del gimnasio.

Gimnasio			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Altavoz grande	2	700	1400
Altavoz medio	4	60	240
Altavoz pequeño	1	35	35
Altavoz portátil grande	1	800	800
Alumbrado de emergencia	2	6	12
Amplificador	1	200	200
Dicroica halógena	14	250	3500
DVD	1	12	12
Router	1	20	20
Potencia total (W)			6219

Tabla 101. Inventario del aula del gimnasio.

Aula Gimnasio			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Altavoz pequeño	2	35	70
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	4	36	144
Ordenador	1	180	180
Proyector	1	270	270
Router	1	20	20
Potencia total (W)			684

Tabla 102. Inventario del pasillo del gimnasio.

Pasillo Gimnasio			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	3	36	108
Potencia total (W)			108

Tabla 103. Inventario del vestuario masculino.

Vestuario masculino			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Luz LED redonda	3	18	54
Potencia total (W)			60

Tabla 104. Inventario del vestuario femenino.

Vestuario femenino			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Luz LED redonda	2	18	36
Potencia total (W)			42

Tabla 105. Inventario del aula E1.

Aula E1 (Aula de proyección)			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Altavoz pequeño	2	35	70
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	8	36	288
Ordenador	1	180	180
Proyector	1	270	270
Router	1	20	20
Potencia total (W)			834

Tabla 106. Inventario del aula E2.

Aula E2 (Aula de Comercio)			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Altavoz pequeño	2	35	70
Alumbrado de emergencia	1	6	6

Impresora pequeña	1	550	550
Luminaria de 4 tubos fluorescentes	7	36	252
Ordenador	7	180	1260
Proyector	1	270	270
Potencia total (W)			2408

Tabla 107. Inventario del aula E3.

Aula E3			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Altavoz pequeño	2	35	70
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Luminaria de 4 tubos fluorescentes	8	36	288
Minialtavoz	2	14	28
Ordenador	1	180	180
Proyector	1	270	270
Potencia total (W)			842

Tabla 108. Inventario del aula E4.

Aula E4			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Altavoz pequeño	2	35	70
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Luminaria de 4 tubos fluorescentes	9	36	324

Ordenador	1	180	180
Proyector	1	270	270
Subwoofer	1	40	40
Potencia total (W)			890

Tabla 109. Inventario del aula E5.

Aula E5			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Altavoz pequeño	2	35	70
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Luminaria de 4 tubos fluorescentes	9	36	324
Minialtavoz	2	14	28
Ordenador	1	180	180
Proyector	1	270	270
Potencia total (W)			878

Tabla 110. Inventario de pasillo y escaleras.

Pasillo y escaleras			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Alumbrado de emergencia	3	6	18
Aplique ovalado blanco	3	60	180
Cámara de seguridad	1	3,8	3,8
Luminaria de 4 tubos fluorescentes	4	36	144

Potencia total (W)	345,8
-------------------------------	--------------

Como conclusión:

Edificio de comercio y gimnasio	
Emplazamiento	Potencia total (W)
Departamento de Educación Física	669
Gimnasio	6219
Aula Gimnasio	684
Pasillo Gimnasio	108
Vestuario masculino	60
Vestuario femenino	42
Aula E1 (Aula de proyección)	834
Aula E2 (Aula de Comercio)	2408
Aula E3	842
Aula E4	890
Aula E5	878
Pasillo y escaleras zona E	345,8

Potencia total edificio auxiliar (W)	13979,8
---	----------------

Tomas de fuerzas	
Lugar	Unidades
Departamento de Educación Física	10
Gimnasio	4
Aula de gimnasio	3
Aula de proyección (E1)	3
Aula de comercio (E2)	70
Aula E3	6
Aula E4	6
Aula E5	6

Cuadros eléctricos	
Lugar	Unidades
Departamento de Educación Física	1
Gimnasio	1
Pasillo y escaleras	1

5.2.3. Exteriores

Tabla 111. Inventario del aula P1.

P1			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Altavoz mediano	2	100	200
Alumbrado de emergencia	1	6	6
Bombilla LED	1	5,5	5,5
Luminaria de 1 tubo fluorescente	2	18	36
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	4	36	144
Radiador eléctrico	1	1500	1500
Termo eléctrico 50 L	1	1500	1500
		Potencia total (W)	3391,5

Tabla 112. Inventario del aula P2.

P2			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Altavoz pequeño	2	35	70
Alumbrado de emergencia	3	6	18
Impresora pequeña	1	550	550
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	11	36	396
Ordenador	30	180	5400
Proyector	2	270	540

Rack de servidores	2	220	440
Router	1	20	20
Potencia total (W)			7434

Tabla 113. Inventario del aula P3.

P3			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Aire acondicionado	1	3500	3500
Altavoz pequeño	2	35	70
Alumbrado de emergencia	3	6	18
Bajo consumo cuadrada	12	26	312
Impresora pequeña	3	550	1650
Luminaria de 1 tubo fluorescente	10	18	180
Luminaria de 2 tubos fluorescentes	2	36	72
Ordenador	29	180	5220
Pantalla	12	50	600
Proyector	1	270	270
Router	3	20	60
Trituradora	2	1380	2760
Potencia total (W)			14712

Tabla 114. Inventario de fachada y exteriores.

Fachada y exteriores			
Elemento	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Cámara de seguridad	5	3,8	19
Rótulo luminoso	1	50	50
Faro grande exterior	4	60	240
Foco LED	3	30	90
Halógeno metálico	13	250	3250
Megáfono	1	100	100
Puerta automática	1	350	350
Sirena	3	20	60
Potencia total (W)			4159

Como conclusión:

Exteriores	
Emplazamiento	Potencia total (W)
P1	3391,5
P2	7434
P3	14712
Fachada y exteriores	4159

Tomas de fuerzas	
Lugar	Unidades
P1	7
P2	109
P3	138

Cuadros eléctricos	
Lugar	Unidades
P1	1
P2	2
P3	2

Potencia total exteriores (W)	29696,5
-------------------------------	---------

5.3. Balance energético

En este apartado analizaremos la distribución de consumos en el centro. Se distribuirá en función de la potencia instalada y en diferentes sectores como iluminación, climatización, ofimática y sonido y por último, otros equipos.

En la siguiente tabla se muestra la cantidad de potencia consumida por cada sector y el porcentaje de la misma.

Tabla 115. Tabla de porcentajes de potencia.

Potencia total		%
Iluminación	35501,5	7,90772454
Equipos ofimáticos	172667	38,46043331
Climatización	195652	43,58019018
Otros equipos	45126,6	10,05165197
Total	448947,1	100

Tabla 116. Balance energético en función de la potencia instalada.



Como se puede observar, el mayor consumo con un 44% se produce debido a la climatización ya que son los dispositivos que más consumen a pesar de no ser los más abundantes en el centro. Seguido de los equipos ofimáticos ocupando el 38% de la potencia total ya que la mayoría de las aulas están equipadas de dispositivos ofimáticos con el objetivo de ofrecer una enseñanza tecnológica y actual. El 10% representa al grupo de otros equipos como herramientas de los laboratorios, dispositivos usados en cafetería...Por último, se encuentra la iluminación que representa el 8% de la potencia total.

Como conclusión, a pesar de que el porcentaje de la climatización sea el más elevado no significa que su consumo sea igual de excesivo, ya que este tipo de dispositivos se consumen en momentos puntuales y con poca demanda.

6. Propuestas de mejora

Una vez analizados todos los consumos procedentes de las instalaciones y como resultado un balance energético, se desarrollará a continuación medidas de ahorro para potenciar la reducción del consumo energético.

Para la creación de estas propuestas se han analizado los siguientes puntos:

- Mejoras en el suministro eléctrico.
- Sustitución de luminarias más eficientes.
- Sustitución de equipos por otros más eficientes.
- Recomendaciones de buenos hábitos de los equipos instalados.
- Estudio de viabilidad como sus beneficios a largo plazo.

Estas sugerencias se han propuesto para la reducción de costes energéticos y a su vez, para la disminución de CO₂ en las instalaciones para una eficiencia óptima.

6.1. Introducción

Las instalaciones de iluminación de un centro docente deben destacar por un entorno visual confortable y suficiente teniendo en cuenta las distintas dependencias que lo compone. Por lo que, dependiendo de las actividades que se vayan a

desarrollar en cada una de estas dependencias deberemos de adaptarlas para obtener una buena iluminación y a la vez, una eficiencia óptima con mínimos costes.

Este apartado es de gran importancia ya que además de un ahorro energético hay que mirar por el bienestar y el confort visual del personal que compone el centro.

En una instalación eléctrica destinado a un centro docente se encuentra la siguiente problemática específica, tal como:

- Luz natural que entra por la ventana y dificulta la visión de los distintos aparatos en el aula provocando una lectura ilegítima.
- Luminarias mal situadas o deficientemente apantalladas provocando la visión directa de las lámparas y produciendo deslumbramientos.
- Una ineficaz distribución de los emisores de la luz ya sean naturales o artificiales.

Estos puntos pueden llegar a dar una mala iluminación afectando principalmente a los alumnos incluso llegando a un fracaso escolar. Por lo que la instalación de alumbrado de un local destinado a centro docente es de gran importancia y de una compleja dificultad para poder superar todos estos obstáculos.

Para que los alumnos puedan ver de manera clara lo que un profesor escribe o dibuja sobre una pizarra tradicional o digital hay que adaptar una serie de soluciones en la iluminación para evitar estos problemas:

- La relación entre la iluminación existente y los espacios ocupados por alumnos y profesores deben de guardar una armonía para una correcta visión.
- Aprovechamiento de la luz proveniente de las ventanas.
- Iluminación específica para la pizarra para evitar brillos y deslumbramientos.
- El color de la luz emitida por las lámparas tiene también una gran importancia.

Cabe destacar que en el sector de iluminación en centros docentes se estima que tiene un potencial de ahorro del 20%. Por lo que, es de gran importancia la

utilización de iluminación eficiente, mediante luminarias con un rendimiento óptimo, con equipos de bajo consumo junto con sistemas de regulación y control adecuados.

Para llevar a cabo todo lo comentado anteriormente se hará un análisis de los siguientes puntos:

- ✓ Potencia eléctrica suministrada.
- ✓ Consumo de energía reactiva.
- ✓ Cambio de tarifa.

Teniendo en cuenta todo lo comentado anteriormente, se procederá a la descripción de una serie de propuestas de mejoras tanto en iluminación como en equipos.

6.2. Propuesta de mejora en la iluminación del interior

La propuesta de mejoras en iluminación para este proyecto consiste en la sustitución de las lámparas de menor eficiencia, por otras con mayor rendimiento basadas en la tecnología LED caracterizadas por su bajo consumo y una alta eficacia luminosa. A continuación, se describe los distintos dispositivos para obtener un aprovechamiento energético óptimo.

Todas las nuevas lámparas recomendadas mantienen el nivel de iluminación utilizando una cantidad menor de energía. Otra de sus ventajas es la forma de sustitución cuyo coste único asociado en estas sugerencias, será la compra de dichas lámparas añadiendo la mano de obra.

6.2.1. Sustitución de lámparas fluorescentes convencionales de 18 W por lámparas fluorescentes de gama eco.

Sustitución de lámparas fluorescentes lineales convencionales de 18 W por lámparas fluorescentes lineales con película trifosfórica de consumo gama eco de 16 W. Esto permitirá los siguientes cambios:

Actualidad	Reemplazo
Lámparas fluorescentes lineales de 18 W	Lámparas fluorescentes lineales de 16 W

Tabla 117. Lámparas actuales de 18 W.

	Número de lámparas de 18 W existentes	Potencia consumida (W)
Planta Baja	48	864
Planta Primera	23	414
Planta Segunda	21	378
Exteriores	12	216
Total	104	1872

Para esta recomendación, se llevará a cabo para un total de 104 lámparas de 18 W existentes en todo el centro con una potencia consumida actualmente de 1872 W.

Una vez realizada la sustitución, se obtendrían los siguientes datos:

Tabla 118. Sustitución por lámparas LED de 12 W.

	Número de lámparas LED de 12 W	Potencia consumida (W)
Planta Baja	48	576
Planta Primera	23	276
Planta Segunda	21	252
Exteriores	12	144
Total	104	1248

Por tanto, se tendría el siguiente ahorro económico:

Tabla 119. Comparativa entre lámparas de 18 W y lámparas LED de 12 W.

	Lámparas existentes de 18 W	Lámparas LED de 12 W
kWh	1,872	1,248
€/KW	0,07439	
€/h	0,13925808	0,09283872
Horas funcionales/año (h/año)	900	
€/año	125,33	83,55

Tabla 120. Ahorro económico con lámparas LED de 12 W.

Ahorro económico al año (€/año)	41,78
% Ahorro anual	33,33

6.2.2. Sustitución de lámparas fluorescentes convencionales de 36 W por lámparas fluorescentes de 32 W.

Sustitución de lámparas fluorescentes lineales convencionales de 36 W por lámparas fluorescentes lineales con película trifosfórica de consumo gama eco de 32 W. Esto permitirá los siguientes cambios:

Actualidad	Reemplazo
Lámparas fluorescentes lineales de 36 W	Lámparas fluorescentes lineales de 32 W

Tabla 121. Lámparas actuales de 36 W.

	Número de lámparas de 36 W existentes	Potencia consumida (W)
Planta Baja	143	5148
Planta Primera	145	5220
Planta Segunda	162	5832
Edificio comercio y gimnasio	18	648
Exteriores	17	612
Total	485	17460

Para las 485 lámparas de 36 W existentes en todo el centro con una potencia consumida actualmente de 17460 W.

Una vez realizada la sustitución, se obtendrían los siguientes datos:

Tabla 122. Sustitución por lámparas de 32 W.

	Número de lámparas LED de 32 W	Potencia consumida (W)
Planta Baja	143	4576
Planta Primera	145	4640
Planta Segunda	162	5184
Edificio comercio y gimnasio	18	576
Exteriores	17	544
Total	485	15520

Por tanto, se tendría el siguiente ahorro económico:

Tabla 123. Comparativa entre lámparas existentes de 36 W y lámparas LED de 32 W.

	Lámparas existentes de 36 W	Lámparas LED de 32 W
kWh	17,46	15,52
€/KW	0,07439	
€/h	1,2988494	1,1545328
Horas funcionales/año (h/año)	900	
€/año	1168,96	1039,08

Tabla 124. Ahorro económico con lámparas LED de 32 W.

Ahorro económico al año (€/año)	129,88
% Ahorro	11,11

6.2.3. Sustitución de lámparas incandescentes halógenas de 50 W por lámparas LED de 9 W.

Sustitución de lámparas incandescentes halógenas de 50 W por lámparas halógenas eficientes LED de 9 W. Esto permitirá los siguientes cambios:

Actualidad	Reemplazo
Lámparas incandescentes halógenas de 50 W	Lámparas halógenas LED de 9 W

Tabla 125. Halógenos actuales de 50 W.

	Halógeno de 50 W	Potencia consumida (W)
Planta Baja	69	3450
Total	69	3450

Para esta recomendación, se llevará a cabo para un total de 69 halógenos de 50 W existentes repartidas por la planta baja en todo el centro con una potencia consumida actualmente de 3450 W.

Una vez realizada la sustitución, se obtendrían los siguientes datos:

Tabla 126. Sustitución por halógenos LED de 9 W.

	Halógenos LED de 9 W	Potencia consumida (W)
Planta Baja	69	621
Total	69	621

Por tanto, se tendría el siguiente ahorro económico:

Tabla 127. Comparativa entre halógenos de 50 W y halógenos LED de 9 W.

	Halógenos de 50 W	Halógenos LED de 9 W
kWh	3,45	0,621
€/KW	0,07439	
€/h	0,2566455	0,04619619
Horas funcionales/año (h/año)	900	
€/año	230,98	41,58

Tabla 128. Ahorro económico con halógenos LED de 9 W

Ahorro económico al año (€/año)	189,40
% Ahorro	82,00

6.2.4. Sustitución de halogenuros metálicos de 250 W por campanas LED.

Sustitución de halogenuros metálicos de 250 W por campanas LED de 50 W. Esto permitirá los siguientes cambios:

Actualidad	Reemplazo
Halogenuros metálicos de 250 W	Campanas LED de 50 W

Tabla 129. Halogenuros metálicos actuales de 250 W.

	Halogenuros metálicos de 250 W	Potencia consumida (W)
Edificio de comercio y gimnasio	14	3500
Exteriores	13	3250
Total	27	6750

Para esta recomendación, se llevará a cabo para un total de 27 halógenos de 250 W existentes en todo el centro con una potencia consumida actualmente de 6750 W.

Una vez realizada la sustitución, se obtendrían los siguientes datos:

Tabla 130. Sustitución por campanas LED de 50 W.

	Campanas LED de 50 W	Potencia consumida (W)
Edificio de comercio y gimnasio	14	700
Exteriores	13	650
Total	27	1350

Por tanto, se tendría el siguiente ahorro económico:

Tabla 131. Comparación entre halogenuros metálicos de 250 W y campanas LED de 50 W.

	Halogenuros metálicos de 250 W	Campanas LED de 50 W
kWh	6,75	1,35
€/kW	0,07439	
€/h	0,5021325	0,1004265
Horas funcionales/año (h/año)	900	
€/año	451,92	90,38

Tabla 132. Ahorro económico con campanas LED de 50 W.

Ahorro económico al año (€/año)	361,54
% Ahorro	80,00

6.3. Iluminación con programación astronómica

Actualmente, la iluminación de la parte exterior del centro se realiza a través de una fotocélula que dependiendo de la intensidad de la luz que reciba del exterior se activa o no. Como medida de mejora, se propone la incorporación de un reloj astronómico, es decir, que realice el encendido en el minuto en que anochece de cada día.

Estos relojes astronómicos permiten un ahorro energético de un 5-15% respecto al sistema actual instalado ya que se ajusta de manera precisa al minuto en el que anoche permitiendo el aprovechamiento máximo de la luz solar antes de activarse este sistema.

Además, se reducen los costes de mantenimiento al no necesitar ningún tipo de actuación y así como de cumplir el Reglamento de Eficiencia Energética en instalaciones exteriores superiores a 5 kW como es el caso de este proyecto.

A continuación, se presenta un ejemplo de un reloj astronómico con sus principales funciones.

Este dispositivo es un interruptor horario con configuración por GPS y con reloj astronómico con sincronización que de forma automática garantiza la máxima precisión en el encendido/apagado de la instalación exterior del centro y permitiendo ajustes, así como la creación de calendarios específicos para optimizar al máximo el consumo energético mediante la detección y configuración de las coordenadas de la instalación, de forma automática y precisa. Además, de la sincronización constante permanente del reloj interno; todo ello gracias al uso de la tecnología de localización por satélite GPS.



Ilustración 22. Modelo de reloj astronómico.

Tabla 133. Ahorro económico con reloj astronómico.

Propuesta de reloj astronómico	
Potencia total exteriores (KW)	29,697
Horas de funcionamiento anuales (h)	900
kWh/año	26726,85
Consumo futuro (kWh/año)	25390,5075
Ahorro energético (kWh/año)	1336,3425
Ahorro económico (€/año)	99,4105186
Inversión (€)	240

6.4. Detectores de movimiento para la iluminación

Para la iluminación de pasillos, escaleras y lavabos, actualmente se accionan de manera manual cuando sea preciso dejándose activadas continuamente hasta su posterior desactivación al final de la jornada. Por lo cual, es recomendable el uso de

detectores de movimiento para estas zonas de iluminación que permitirá un control eficiente de iluminación obteniendo así un ahorro.

Dichos dispositivos consiste en la instalación de sensores de movimiento que activan las luces de los espacios cuando detecta movimiento y/o presencia humana pero también las apagarán automáticamente cuando ya el movimiento haya concluido.

Es aconsejable la instalación de unos sensores de buena calidad como se recomienda posteriormente ya que, si son de mala calidad, a diferencia de aportar ahorro energético pueden generar incluso mayores costos relacionados con el hecho de acortar la vida útil de las lámparas utilizadas o consumos adicionales de energía por exceso de encendidos innecesarios de la luminaria.

Para este centro específicamente, se recomienda la instalación de 8 detectores de movimiento para los distintos baños de alumnos repartidos por todo el centro, sin tener en cuenta los aseos de los profesores ya que éstos son activados y desactivados manualmente por ellos mismos. Además, se entiende que su uso es menos concurrido y que dichos docentes harán un consumo responsable de la iluminación.

Para los pasillos y escaleras incluida la zona del gimnasio, se aconseja la instalación de un total de 18 dispositivos de movimiento: 5 elementos en cada planta repartidos por los distintos pasillos y 3 en la zona del gimnasio.

Con esta medida de mejora, se considera entre un 47% y 60% de ahorro energético y cuya inversión únicamente sería la compra de estos dispositivos ya que la mano de obra sería innecesaria porque que no se requiere de ningún personal eléctrico cualificado por lo que sería suficiente con las personas de mantenimiento del centro.

A continuación, se presenta un ejemplo de un detector de presencia de buena calidad que nos asegura el ahorro energético comentado anteriormente.

Este detector por infrarrojos de pared en superficie tiene incorporado un sensor de luz, que se puede regular en función del nivel de la luminosidad y un sensor de movimiento a través de infrarrojos. La distancia máxima de detección es de 12 m y el ángulo de acción es de 180 grados. Además, incorpora un regulador de tiempo de encendido con un tiempo mínimo de $10s \pm 3s$ y con un tiempo máximo de $7min \pm 2min$.



Ilustración 23. Modelo de detector de movimiento.

En la siguiente tabla se refleja la potencia consumida de todas las zonas de las instalaciones que se van a llevar a cabo para la realización de esta propuesta de mejora.

Tabla 134. Potencia actual consumida en pasillos y vestuarios.

		Potencia consumida (W)
Planta baja	Pasillos	6841
	Servicio masculino	78
	Servicio femenino	78
1º Planta	Pasillos	1288,8
	Servicio masculino	78
	Servicio femenino	78
2º Planta	Pasillos	1685,9
	Servicio masculino	78
	Servicio femenino	78
Gimnasio	Pasillo Gimnasio	108
	Pasillo y escaleras zona E	345,8
	Vestuario masculino	60
	Vestuario femenino	42
Potencia consumida total (W)		10839,5

Tabla 135. Ahorro económico con detectores económicos.

Propuesta de detectores de movimiento	
Consumo Actual (kWh)	10,84
Horas de funcionamiento anuales (h)	900
kWh/año	9755,1
Consumo futuro (kWh/año)	5170,20
Ahorro energético (kWh/año)	4584,90
Ahorro económico (€/año)	341,07
Inversión (€)	180

6.5. Instalación de regletas eliminadoras de stand-by

Durante el periodo de observación de la iluminación y consumo eléctrico en el centro, se pudo observar que diversos aparatos electrónicos como ordenadores, proyectores, impresoras, televisiones...no estaban apagados, si no que algunos de ellos estaban encendidos dejándolos en modo suspensión desde que finalizaba la jornada hasta la mañana siguiente.

Además, otros permanecían en modo stand-by. Esto supone un consumo energético durante toda la noche de manera innecesaria y poco eficaz, aunque con un gasto menor que en condiciones normales de funcionamiento.

- El modo suspensión es el consumo del elemento en espera de recibir órdenes, por lo que se encuentra conectado y como consecuencia consume energía eléctrica.
- El modo stand-by se produce cuando un aparato está permanente enchufado a la red aunque esté apagado sin ningún tipo de uso.

También cabe destacar, que al finalizar la jornada de los viernes se quedan todos estos defectos comentados en funcionamiento durante todo el fin de semana por lo cual supone un gasto extra.

Según el Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDEA), calcula que entre el 7% y el 11% de media es el consumo eléctrico por este tipo de efecto.

Por tanto, se aconseja apagar todos los aparatos electrónicos al final de cada jornada así como la eliminación del modo stand-by de los dispositivos disponibles con la instalación de regletas eliminadoras de este efecto.

Estas regletas miden la corriente que se consume, si se produce una disminución muy elevada debido a la desconexión de diversos aparatos, la regleta corta el paso de la corriente eliminando de manera automática el efecto stand-by. De igual modo, cuando detecta una elevada demanda se activa dejando pasar la corriente.



Tabla 136. Regleta inteligente.

La inversión de esta propuesta sólo se basaría en la compra de estas regletas ya que no necesita mano de obra para su colocación, permitiendo ejecutarlo el propio personal de mantenimiento del centro docente.

6.6. Realización de una campaña de sensibilización sobre el uso de la energía

Este apartado está relacionado con la sección anterior, ya que para facilitar el proceso de apagado y eliminación de stand-by de los aparatos electrónicos implica la colaboración tanto del personal docente como del alumnado, ya que ambas partes hacen uso cotidiano de estos dispositivos. De tal manera, se evitaría encargar esta función a algún personal específico que realice esta labor.

De esta forma también serviría para sensibilizar a los alumnos de la importancia del consumo eléctrico, así como de hacerle partícipes en este proyecto de ahorro energético.

El impacto de este tipo de campañas puede llegar a suponer hasta un 5% de ahorro en energía cuyos temas principales en este caso serían:

- Uso de iluminación, aprovechamiento de la luz natural, etc.
- Gestión de equipos ofimáticos: apagados, modos de ahorro durante ausencias, programación de equipos comunes, etc.
- Para niveles más altos, análisis del precio de la electricidad en España e interpretación de las facturas eléctricas domésticas.

Es aconsejable llevar acabo charlas con el uso de presentaciones audiovisuales así como de alguna práctica sencilla con la presencia de un técnico eléctrico especializado para familiar al alumnado con el tema eléctrico y el ahorro energético.



Además, la campaña puede ir reforzada con material impreso difundido entre el personal del centro y con mensajes en puntos estratégicos a través de carteles o pegatinas.



7. Bibliografía

- Endesa Clientes (2019). Obtenido de <https://www.endesaclientes.com/>
- Agencia Andaluza de la Energía (2019). *Consejería de hacienda, industria y energía*. Obtenido de <https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/es>
- Boletín Oficial del Estado (2018). *Agencia Estatal*. Obtenido de <https://www.boe.es/>
- Informe de precios energéticos reguados. *Idea. Instituto para la Diversificación y ahorro de la Energía*.
- Imergia, Ingeniería de Medición y Gestión de Energía (2017). *Imergia*. Obtenido de <http://www.imergia.es/eficiencia-energetica/que-es-el-factor-de-potencia>
- Manual de eficiencia energética en centros docentes. *Junta de Castilla y León*
- Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital. (2019). Obtenido de <https://sede.minetur.gob.es/es-es/Paginas/Index.aspx>
- Boletín oficial (2018). *Asociación Española de Normalización y Certificación*. Obtenido de <https://www.aenor.com/>
- Shneider Universities (2019). *Shneider Electric* . Obtenido de <https://www.schneideruniversities.com/energy-university/>
- Velasco, J. G. (2009). *Energías renovables*. Editorial Reverte.
- Fenercom (2011). *Guía de ahorro y eficiencia energética en centros docentes*.