



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIEROS  
INDUSTRIALES VALENCIA

Curso Académico:

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero aprovechar la ocasión para agradecer el apoyo de mis padres, hermano, familia y amigos, que han sido una pieza fundamental para afrontar el grado de forma positiva y apasionada.

Tampoco puedo olvidar a mi tutor del trabajo, que ha sido un gran guía durante la realización del mismo.

## RESUMEN

En este TFG se lleva a cabo el estudio y análisis de los consumos energéticos de una clínica dental con el objetivo de obtener el mayor rendimiento energético posible sin disminuir el nivel de prestaciones, de forma que se reduzcan los consumos actuales y a su vez los costes relacionados a los mismos. Para ello, se analizarán los equipos consumidores, los consumos diarios y la cantidad de pacientes, y se desarrollarán distintos métodos estadísticos con esta información con el fin de encontrar la vía más eficiente. Esta técnica estadística servirá para plantearse una meta de consumo, y con los resultados obtenidos de las medidas de ahorro, se comprobará si se ha logrado llegar a la meta.

Antes de proponer las medidas de ahorro energético, se estimará la energía que consume cada equipo durante el año. Esto se realiza porque normalmente los equipos que más energía consumen son los que más margen de ahorro energético suelen otorgar.

Una vez analizados los consumos de los equipos, se propondrán una serie de medidas de ahorro energético y se estudiará si conviene o no llevarlas a cabo. Las medidas se distinguirán entre medidas sin inversión inicial y con inversión inicial.

También se estudiará el tipo de contrato de suministro eléctrico más conveniente para la empresa y se comparará con la contratada actualmente. Esta no es una medida de ahorro energético, sino de ahorro económico, y se analizará dentro de las medidas sin inversión.

Finalmente se analizarán los resultados de las medidas en conjunto y se redactará un presupuesto.

Palabras clave: Auditoría energética, consumos energéticos, medidas de ahorro y contrato de suministro eléctrico.

## RESUM

En aquest TFG se realitza l'estudi i anàlisi dels consums energètics d'una clínica dental amb l'objectiu d'obtenir el major rendiment energètic sense baixar el nivell de prestacions, de manera que es reduïsquen els consums actuals i els costos relacionats als mateixos. Per això, s'analitzaran els equips consumidors, els consums diaris i la quantitat de pacients, i es desenvoluparan diversos mètodes estadístics amb aquesta informació, amb la finalitat de trobar la via més eficient. Aquesta tècnica estadística servirà per a establir una meta de consum, i amb els resultats obtinguts de les mesures d'estalvi, es comprovarà si s'ha aconseguit arribar a la meta.

Abans de proposar les mesures d'estalvi energètic, s'estimarà la energia que consume cada equip durant l'any. Això es realitza perquè normalment els equips que més energia consumixen són els que més capacitat d'estalvi energètic atorguen.

Una vegada analitzats els consums dels equips, es proposaran una sèrie de mesures d'estalvi energètic i s'estudiarà si s'haurien d'implementar o no. Les mesures es diferenciarien entre mesures sense inversió inicial i amb inversió inicial.

També s'estudiarà el contracte de subministre elèctric més convenient per a la empresa i es compararà amb la contractada actualment. Aquesta no és una mesura d'estalvi energètic, és d'estalvi econòmic, i s'analitzarà dins de les mesures sense inversió.

Finalment s'analitzaran els resultats de les mesures en conjunt i es redactarà un pressupost.

Paraules clau: Auditoria energètica, consums energètics, mesures d'estalvi i contracte de subministre elèctric.

# **DOCUMENTOS CONTENIDOS EN EL TFG:**

- Memoria**
- Presupuesto**

# MEMORIA

## ÍNDICE DE LA MEMORIA

1. INTRODUCCIÓN .....	13
1.1. Contexto .....	13
1.2. Motivaciones .....	13
1.3. Objetivos del proyectista.....	13
1.4. Metodología .....	14
1.5. Finalidad del proyecto .....	14
2. DATOS DE LA EMPRESA .....	15
2.1. Consumos .....	15
2.2. Equipos consumidores .....	15
2.3. Pacientes diarios.....	16
2.4. Tarifa eléctrico contratada .....	17
3. PROCESAMIENTO DE DATOS.....	18
3.1. Explicación teórica de las herramientas.....	18
3.1.1. <i>Estimación del consumo energético</i> .....	18
3.1.2. <i>Desglose de los consumos energéticos</i> .....	19
3.1.3. <i>Diagrama de pareto</i> .....	19
3.1.4. <i>Relación consumo y pacientes en el tiempo</i> .....	20
3.1.5. <i>Relación consumo energético en función de los pacientes</i> .....	20
3.1.6. <i>Relación índice de consumo-pacientes</i> .....	21
3.2. Aplicación práctica de las herramientas.....	22
3.2.1. <i>Análisis anual</i> .....	22
3.2.1.1. <i>Estimación del consumo energético de 2017</i> .....	22
3.2.1.2. <i>Desglose energía</i> .....	25
3.2.1.3. <i>Pareto</i> .....	26
3.2.1.4. <i>Consumo y pacientes en el tiempo</i> .....	28
3.2.1.5. <i>Relación consumo energético en función de los pacientes</i> .....	29
3.2.1.6. <i>Índice de consumo</i> .....	30
3.2.2. <i>Análisis del periodo sin climatizar</i> .....	32
3.2.2.1. <i>Estimación del consumo energético del periodo sin climatizar</i> .....	32
3.2.2.2. <i>Desglose energía</i> .....	34
3.2.2.3. <i>Pareto</i> .....	35
3.2.2.4. <i>Consumo y pacientes en el tiempo</i> .....	36
3.2.2.5. <i>Relación consumo energético en función de los pacientes</i> .....	37

3.2.2.6. Índice de consumo .....	38
3.2.3. <i>Análisis durante uso de calefacción</i> .....	39
3.2.3.1. Estimación del consumo energético .....	39
3.2.3.2. Desglose energía .....	41
3.2.3.3. Pareto .....	42
3.2.3.4. Consumo y pacientes en el tiempo .....	43
3.2.3.5. Relación consumo energético en función de los pacientes .....	44
3.2.3.6. Índice de consumo .....	44
3.2.4. <i>Análisis durante la refrigeración</i> .....	45
3.2.4.1. Estimación del consumo energético durante refrigeración.....	45
3.2.4.2. Desglose de energía .....	47
3.2.4.3. Diagrama de Pareto.....	48
3.2.4.4. Análisis de energía y pacientes en el tiempo .....	49
3.2.4.5. Análisis del consumo en función de los pacientes .....	50
3.2.4.6. Índice de consumo .....	52
3.2.5. <i>Análisis domingos y festivos</i> .....	54
3.2.5.1. Estimación del consumo energético .....	54
3.2.5.2. Desglose energético .....	56
3.2.5.3. Diagrama de Pareto.....	56
3.2.5.4. Análisis del consumo en función del tiempo.....	58
4. FIJACIÓN DE METAS DE AHORRO ENERGÉTICO .....	59
5. MEDIDAS DE AHORRO .....	66
5.1. Medidas sin inversión.....	66
5.1.1. <i>Modificación de la temperatura de consigna de los aparatos de climatización local</i> .....	67
5.1.2. <i>Agrupación de pacientes</i> .....	70
5.1.3. <i>Optimización del contrato de suministro eléctrico actual de la empresa</i> .....	73
5.2. Medidas con inversión .....	76
5.2.1. <i>Iluminación LED</i> .....	76
5.2.2. <i>Sustitución del frigorífico</i> .....	80
5.3. Estudio de las medidas de ahorro energético en conjunto .....	82
5.4. Comprobación de cumplimiento de la meta de consumo .....	83
6. CONCLUSIONES .....	84
7. BIBLIOGRAFÍA .....	85
8. ANEXOS.....	86

8.1. Anexo 1.....	86
8.2. Anexo 2.....	89
8.3. Anexo 3.....	91

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Inventario de equipos.....	16
Tabla 2. Precios de la energía y de la potencia de la tarifa eléctrica .....	17
Tabla 3. Días de uso de los equipos de climatización.....	23
Tabla 4. Estimación del consumo energético anual.....	24
Tabla 5. Desglose energético anual.....	25
Tabla 6. Consumo energético por equipo y acumulado anual.....	27
Tabla 7. Días y fechas de inicio y fin de los periodos analizados.....	32
Tabla 8. Días del periodo sin climatizar .....	32
Tabla 9. Estimación del consumo energético durante el periodo sin climatizar .....	33
Tabla 10. Desglose energético durante el periodo sin climatizar .....	34
Tabla 11. Días periodo de calefacción.....	39
Tabla 12. Estimación del consumo energético durante el periodo de calefacción.....	40
Tabla 13. Desglose energético durante el periodo de calefacción .....	41
Tabla 14. Consumos energéticos por equipo y acumulado durante el periodo de calefacción .....	42
Tabla 15. Días del periodo de refrigeración .....	46
Tabla 16. Estimación del consumo energético durante el periodo de refrigeración.....	46
Tabla 17. Desglose energético durante el periodo de refrigeración.....	47
Tabla 18. Consumo energético por equipo y acumulado durante el periodo de refrigeración.....	48
Tabla 19. Domingos y festivos del año 2017 .....	54
Tabla 20. Estimación del consumo energético de los domingos y festivos .....	55
Tabla 21. Desglose energético de los domingos y festivos .....	56
Tabla 22. Consumo energético por equipo y acumulado de los domingos y festivos .....	57
Tabla 23. Resultados meta de consumo energético durante el periodo sin climatizar .....	60
Tabla 24. Resultados meta de consumo energético durante el periodo de calefacción .....	60
Tabla 25. Resultados meta de consumo energético durante los meses de junio y julio .....	61
Tabla 26. Resultados meta de consumo energético durante el mes de agosto .....	62
Tabla 27. Resultados meta de consumo energético durante el mes de septiembre.....	63
Tabla 28. Resultados meta de consumo energético durante el mes de septiembre.....	64
Tabla 29. Resultados meta de consumo energético durante el año 2017.....	64
Tabla 30. Resumen fijación de metas de consumo .....	65
Tabla 31. Resultados de la agrupación de pacientes durante el periodo sin climatizar .....	71
Tabla 32. Resultados de la agrupación de pacientes durante el periodo de calefacción .....	72
Tabla 33. Resultados de la agrupación de pacientes durante los meses de junio y julio .....	73
Tabla 34. Resultados de la agrupación de pacientes durante el año 2017.....	73
Tabla 35. Facturas eléctricas del año 2017 sin modificar la potencia contratada .....	74
Tabla 36. Facturas eléctricas del año 2017 modificando la potencia contratada.....	74
Tabla 37. Facturas eléctricas del año 2017 con las potencias contratadas finales .....	75
Tabla 38. Datos de las luminarias incandescentes y LED .....	77
Tabla 39. Días correspondientes a los horarios de invierno y verano .....	78
Tabla 40. Coincidencia de las horas de funcionamiento de las luminarias con los periodos de tarificación de lunes a viernes.....	78
Tabla 41. Coincidencia de las horas de funcionamiento de las luminarias con los periodos de tarificación los sábados .....	78

Tabla 42. Coincidencia de las horas de funcionamiento de las luminarias con los periodos de tarificación los domingos .....	78
Tabla 43. Resultados del cambio a iluminación LED .....	80
Tabla 44. Resultados de la sustitución del frigorífico.....	81
Tabla 45. Ahorro energético del conjunto de las medidas .....	82
Tabla 46. Ahorro económico del conjunto de las medidas.....	82

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Periodos de tarificación de la tarifa 3.0A .....	17
Figura 2. Desglose energético anual .....	26
Figura 3. Diagrama de Pareto del análisis anual .....	27
Figura 4. Evolución del consumo energético y los pacientes durante el año .....	28
Figura 5. Evolución del consumo energético en función de los pacientes durante el año.....	29
Figura 6. Índice de consumo en función de los pacientes durante el año .....	31
Figura 7. Desglose energético durante el periodo sin climatizar .....	34
Figura 8. Consumo energético por equipo y acumulado durante el periodo sin climatizar .....	35
Figura 9. Diagrama de Pareto del periodo sin climatizar .....	36
Figura 10. Evolución de los consumos energéticos y los pacientes durante el periodo sin climatizar .	37
Figura 11. Evolución del consumo energético en función de los pacientes durante el periodo sin climatizar .....	38
Figura 12. Índice de consumo en función de los pacientes durante el periodo sin climatizar .....	39
Figura 13. Desglose energético durante el periodo de calefacción .....	41
Figura 14. Diagrama de Pareto durante el periodo de calefacción.....	43
Figura 15. Evolución del consumo energético y los pacientes durante el periodo de calefacción.....	43
Figura 16. Evolución del consumo energético en función de los pacientes durante el periodo de calefacción.....	44
Figura 17. Índice de consumo en función de los pacientes durante el periodo de calefacción .....	45
Figura 18. Desglose energético durante el periodo de refrigeración .....	47
Figura 19. Diagrama de Pareto durante el periodo de refrigeración.....	49
Figura 20. Evolución del consumo energético y los pacientes durante el periodo de refrigeración....	50
Figura 21. Evolución del consumo energético en función de los pacientes durante junio y julio .....	51
Figura 22. Evolución del consumo energético en función de los pacientes durante agosto .....	51
Figura 23. Evolución del consumo energético en función de los pacientes durante septiembre .....	52
Figura 24. Índice de consumo en función de los pacientes durante los meses de junio y julio .....	53
Figura 25. Índice de consumo en función de los pacientes durante el mes de agosto.....	53
Figura 26. Índice de consumo en función de los pacientes durante el mes de septiembre .....	54
Figura 27. Desglose energético de los domingos y festivos .....	56
Figura 28. Diagrama de Pareto de los domingos y festivos .....	57
Figura 29. Consumo energético en función del tiempo los domingos y festivos.....	58
Figura 30. Consumos energéticos y meta de consumo por paciente durante el periodo sin climatizar .....	59
Figura 31. Consumos energéticos y meta de consumo por paciente durante el periodo de calefacción .....	60
Figura 32. Consumos energéticos y meta de consumo por paciente durante los meses de Junio y Julio .....	61
Figura 33. Consumos energéticos y meta de consumo por paciente durante el mes de agosto .....	62
Figura 34. Consumos energéticos y meta de consumo por paciente durante el mes de septiembre..	62
Figura 35. Consumos energéticos y meta de consumo los domingos y festivos .....	63
Figura 37. Comprobación de cumplimiento de las metas de consumo .....	68
Figura 38. IC vs P del periodo sin climatizar con la agrupación de pacientes realizada.....	70
Figura 39. IC vs P del periodo de calefacción con la agrupación de pacientes realizada.....	71

Figura 40. IC vs P del periodo de junio y julio con la agrupación de pacientes realizada .....	72
Figura 41. Luminaria LED propuesta para la medida de cambio a iluminación LED .....	76

# 1. INTRODUCCIÓN

El presente documento representa la memoria del trabajo de fin de grado correspondiente a la titulación de grado en Ingeniería de la Energía dentro de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, y cuyo título es “Realización, estudio y análisis de una auditoría energética: aplicación a una clínica dental ubicada en Castellón”.

## 1.1. Contexto

Hoy en día, debido al cambio climático y demás problemas relacionados con el medio ambiente, se ha intentado concienciar a la sociedad de la importancia de realizar un uso eficiente de la energía.

La empresa en cuestión ha decidido adherirse a este movimiento y se ha planteado realizar un uso más eficiente de sus equipos consumidores y desarrollar una política de buenas prácticas energéticas.

Para llevar a cabo esta iniciativa se ha decidido realizar una auditoría energética disponiendo de los servicios del graduado en ingeniería de la energía encargado de redactar esta memoria.

## 1.2. Motivaciones

La motivación en la vida diaria es uno de los argumentos más importantes para emprender proyectos y sacarlos adelante. La concienciación con el medio ambiente y el uso racional de la energía son las principales motivaciones que han impulsado al proyectista y empresa a realizar este proyecto.

## 1.3. Objetivos del proyectista

A continuación se procede a la enumeración de forma esquemática de los objetivos que debe tener el proyectista para la realización del proyecto:

- Entender los conceptos que se requieren para la realización de una auditoría energética.
- Recolecta y procesamiento de datos.
- Conocimiento de los métodos de trabajo necesarios para realizar una auditoría.
- Conocimiento de los softwares requeridos para la implementación de la misma.
- Estructurar un plan de trabajo organizado.
- Aplicación del proyecto auditor a la política y organigrama de la empresa.
- Aplicar a nivel práctico las hipótesis teóricas que se van obteniendo para confirmar su veracidad.
- Investigación de métodos alternativos no estudiados durante la carrera.
- Exposición de resultados de forma coherente y ordenada respetando la normativa vigente.

#### 1.4. Metodología

Para realizar este tipo de proyectos es necesaria la estructuración de un modelo de trabajo eficaz y el seguimiento exhaustivo del mismo.

A continuación se va a explicar paso a paso pero sin profundizar el procedimiento de trabajo seguido:

- En primer lugar, se han recolectado todos los datos necesarios, realizando mediciones y solicitando información a la empresa.
- Una vez obtenidos los datos, procesamiento de los mismos para entender la información que se ha proporcionado.
- Estudio para definir los métodos de procedimiento y las medidas de ahorro que se pueden implementar.
- Estudiar y comprender la política y organigrama de la empresa.
- Descartar los modelos y medidas que disciernen con la política de la empresa.
- Desarrollo exhaustivo de los métodos y las medidas de ahorro propuestas, explicando detalladamente las mismas y representando los resultados obtenidos.
- Sacar conclusiones en función de los resultados obtenidos.

#### 1.5. Finalidad del proyecto

La finalidad general del proyecto es reducir el consumo energético producido en la clínica dental desarrollando una serie de medidas. Concretamente la reducción del consumo energético está enfocada en la reducción del consumo de electricidad en el recinto.

Se plantea la realización de un estudio del consumo energético que conlleven las actividades dentro de la clínica, fijando unas metas de consumo mediante técnicas estadísticas que relacionan el consumo energético en la clínica con los pacientes de un día. Para conseguir lograr estas metas de consumo, se propondrán una serie de medidas de ahorro energético.

Se decidirá la implementación de las medidas de ahorro dependiendo del consentimiento que proporcione la organización de la clínica y los resultados que se obtengan.

También se realizará una auditoría al contrato de suministro eléctrico actual de la empresa, que no supone un ahorro energético en la clínica pero sí económico.

Las medidas de ahorro se distinguirán entre las medidas que no precisan de inversión inicial para implementarse, que se aplicarán de forma inmediata en caso de proporcionar resultados beneficiosos, y las que sí necesitan inversión inicial.

Una vez analizadas las medidas de forma individual, se estudiarán los resultados que se obtienen analizando las medidas de forma conjunta, y se comprobará si se han cumplido las metas de consumo fijadas por el método estadístico implementado anteriormente.

## 2. DATOS DE LA EMPRESA

Como ya se ha dicho anteriormente, el negocio es una clínica dental situada en Castellón de la Plana, provincia de Castellón, cuyo nombre no se puede desvelar debido a un pacto de confidencialidad entre la empresa y el proyectista.

### 2.1. Consumos

Los datos de consumo se han obtenido de la página web de Iberdrola, concretamente en el área de consumidores, donde con el usuario de la empresa se entra y existe un apartado donde aparecen los consumos energéticos diarios, semanales o mensuales durante el periodo de tiempo que se elija.

En el caso de este proyecto, se van a utilizar los datos de consumo de energía diarios del año 2017.

Los consumos energéticos de cada día del año 2017 se encuentran en el Anexo 1 del proyecto.

### 2.2. Equipos consumidores

En una auditoría energética es necesario reconocer los equipos consumidores y averiguar la potencia que consume cada uno.

Se representará en una tabla los equipos, la potencia que consumen y la cantidad que hay de cada uno de ellos.

Para saber la potencia consumida de cada equipo, se han utilizado dos métodos:

- Mirar en la placa de características la potencia que consumen.
- Con una pinza amperimétrica medir la corriente que pasa por el equipo, que multiplicándolo por el voltaje de la red (230V), se obtiene la potencia consumida por el equipo.

Los equipos y sus consumos pertinentes son los siguientes:

Equipos		Potencia por aparato (W)	Cantidad
Luminarias 9W		9	11
Luminarias 20W		20	40
Dicroicas de LED		8	26
Televisión	Actividad	150	1
	STDBY	3	
Ordenador	Actividad	50	5
	STDBY	3	
Impresoras		100	2
Autoclave		2.300	1
Aparatos junto autoclave		450	2
Sillas en gabinete		283	3
Nevera		180	1
Compresor		1.770	1
Aspiración		1.100	2
Descalcificador		30	1
Servidores informática		230	1
Extracción del local		350	1
Aportación aire local		350	1
Luminarias		100	16
Monitores	Actividad	20	8
	STDBY	3	
Climatización local	Invierno	4.130	2
	Verano	4.520	
Climatización SPLIT	Invierno	1.100	2
	Verano	1.100	

Tabla 1. Inventario de equipos

### 2.3. Pacientes diarios

Los pacientes diarios son necesarios para averiguar la relación entre pacientes y consumo diario y garantizar un estudio detallado. Esta información ha sido facilitada por la empresa.

Los pacientes que acudieron a la clínica durante todos los días del año 2017 se encuentran en el Anexo 2 del proyecto.

## 2.4. Tarifa eléctrico contratada

La tarifa eléctrica contratada es una 3.0A, contratada con la comercializadora Ninobe, cuyos precios tanto de energía como de potencia por periodo de tarificación son los siguientes:

Periodo de tarificación	Precio energía (€/KWh)	Precio potencia (€/KW)
<b>P1</b>	0,115452	0,120513
<b>P2</b>	0,098996	0,072308
<b>P3</b>	0,071419	0,048205

Tabla 2. Precios de la energía y de la potencia de la tarifa eléctrica

Esta tarifa es la contratada durante el año 2017 y los precios tanto de energía como de potencia se mantienen constantes durante todo el año. Las facturas eléctricas se reciben mensualmente.

Más adelante, se necesitará calcular la energía consumida por periodo de tarificación. Para ello nos hará falta la siguiente tabla:

## PERÍODOS DE TARIFICACIÓN

### Tarifa 3.0A

ITC/2794/2007

Zona	Invierno			Verano		
	Punta	Llano	Valle	Punta	Llano	Valle
1	18-22	8-18 22-24	0-8	11-15	8-11 15-24	0-8
2	18-22	8-18 22-24	0-8	18-22	8-18 22-24	0-8
3	18-22	8-18 22-24	0-8	11-15	8-11 15-24	0-8
4	19-23	0-1 9-19 23-24	1-9	11-15	9-11 15-24 0-1	1-9

A estos efectos las zonas en que se divide el mercado eléctrico nacional serán las relacionadas a continuación:

- Zona 1: Península.
- Zona 2: Baleares.
- Zona 3: Canarias.
- Zona 4: Ceuta y Melilla.

Los cambios de horario de invierno a verano o viceversa coincidirán con la fecha del cambio oficial de hora.

Figura 1. Periodos de tarificación de la tarifa 3.0A

### 3. PROCESAMIENTO DE DATOS

Una vez recopilados los datos de la empresa, será necesario establecer unas herramientas de procesamiento de datos con el fin de producir una información útil.

Este apartado es crucial para todo tipo de proyectos ya que de aquí se extraerán las futuras conclusiones y predicciones.

Existen muchos métodos de procesamiento de datos, por lo que habrá que realizar una selección de los mismos en consonancia con el objetivo planteado en el proyecto.

En el caso de este proyecto, en función de los equipos que consumen energía, número de pacientes y el consumo de energía, se ha decidido realizar las siguientes actividades:

- Estimación del consumo energético
- Desglose de los consumos energéticos
- Método de estratificación de Pareto
- Relación consumo y pacientes en función del tiempo
- Relación consumo energético en función de los pacientes
- Relación índice de consumo-pacientes

#### 3.1. Explicación teórica de las herramientas

A continuación se procede a efectuar una explicación teórica de las actividades anteriormente comentadas.

##### *3.1.1. Estimación del consumo energético*

La estimación del consumo energético consiste en aproximar al máximo posible el consumo calculado con la cantidad de consumo energético real que se produce en la clínica dental. Esto se hace para conocer y cuantificar la cantidad de energía que consumen los equipos existentes en la clínica, verificando que se aproxima a los datos de consumo real en la misma. El cálculo del consumo estimado se desarrolla sabiendo la potencia que consumen los equipos del recinto a estudiar, y realizando una estimación de las horas de funcionamiento diarias de dichos equipos. De esta forma, con la potencia y las horas de funcionamiento diarias, se puede obtener el consumo energético diario de cada equipo.

Para ello se estima el cálculo de consumo de cada equipo por separado. Cada equipo tiene distinto funcionamiento, por lo que si se cumple el análisis por separado aplicando los requisitos individuales se conseguirá la aproximación óptima requerida en esta actividad.

Una vez finalizado el cálculo individual de cada equipo, ya se pueden sumar todos y de esta forma conseguir el consumo energético durante el periodo de tiempo aplicado.

### 3.1.2. Desglose de los consumos energéticos

El desglose de los consumos energéticos consiste en la separación y clasificación del consumo energético.

La finalidad de la actividad consiste en conocer el reparto del consumo energético según la ocupación de los equipos consumidores (iluminación, climatización, etc). De esta forma se sabe la magnitud del consumo en las distintas facetas, ampliando así los conocimientos necesarios para realizar la auditoría.

### 3.1.3. Diagrama de Pareto

Para desarrollar esta actividad primero es necesario conocer la denominada ley de distribución de los ingresos o ley de Pareto. Vilfredo Pareto fue un economista y sociólogo que anunció la mencionada ley y que lleva su nombre.

La ley de distribución de los ingresos o ley de Pareto afirma que el 80% de la riqueza y los ingresos son producidos por el 20% de la población.

Curiosamente, esta afirmación puede aplicarse a ámbitos muy distintos al simplemente económico y, de hecho, puede encontrarse en cualquier parte, incluyendo el ámbito del consumo energético en las empresas.

Dentro de esta actividad se diferencia entre: Diagrama de Pareto y Estratificación.

Los diagramas de Pareto son gráficos especializados de barras que representan la información en orden descendente, desde la categoría mayor a la más pequeña en unidades y en porcentaje.

El diagrama de Pareto es muy útil para aplicar la denominada ley de Pareto, que identifica el 20% de las causas que provoca el 80% de los efectos de cualquier fenómeno estudiado.

A continuación se explicará la utilidad de los diagramas:

- Identificar y concentrar los esfuerzos en los puntos clave de un problema o fenómeno como puede ser: los mayores consumidores energéticos, las mayores pérdidas de energía o los mayores costes energéticos de una empresa.
- Predecir la efectividad de una mejora (al conocer la influencia de la disminución de un efecto de la mejora)
- Determinar la efectividad de una mejora comparando los diagramas de Pareto anteriores y posteriores a la mejora.

Generalmente un diagrama de Pareto informa sobre los siguientes aspectos:

- Cuál es la causa o elemento de mayor importancia y cuál es su influencia cuantitativa.
- Cuál es el 20% de los elementos que producen el 80% del efecto reflejado en la categoría.
- Cómo influye cuantitativamente la reducción de una causa o elemento en el efecto o categoría general analizado.

### 3.1.4. Relación consumo y pacientes en el tiempo

Esta actividad consiste en realizar un gráfico del consumo energético y una unidad comparativa, que en el caso de este proyecto son los pacientes diarios que hay en la clínica, y representarlos en función del tiempo.

La utilidad de esta actividad es la siguiente:

- Conocer la evolución del consumo energético y de los pacientes en el tiempo.
- Comparar la evolución del consumo energético y de los pacientes en el tiempo.
- Identificar puntos y periodos de anomalías tanto en el consumo como en los pacientes.

El tipo de gráfico debe permitir la visualización de la evolución en el tiempo tanto del consumo como de los pacientes.

### 3.1.5. Relación consumo energético en función de los pacientes

Para este proyecto, realizar un gráfico de la energía usada por mes u otro periodo de tiempo con respecto a los pacientes atendidos en ese mismo periodo, revela importante información sobre la eficiencia del proceso.

La utilidad de la actividad es:

- Determinar en qué medida la variación de los consumos energéticos se debe a variaciones de la cantidad de pacientes.
- Encontrar la relación entre la variación de la cantidad de pacientes y la energía.
- Estimar el valor de la energía no asociada a los pacientes.
- Establecimiento de metas cuantitativas.

Los pasos para realizar el gráfico E vs P son:

1. Recolectar datos de consumo de energía y de pacientes para el mismo periodo de tiempo (día, mes, año, etc).
2. Representar los datos de energía y pacientes en un diagrama x, y; siendo los pacientes la variable independiente (x) y la energía consumida la variable dependiente (y).
3. Utilizando el método de los mínimos cuadrados determinar el coeficiente de correlación entre E y P y trazar la recta que más ajuste los puntos representados en el diagrama. Calcular analíticamente la pendiente y la ordenada en el origen de la recta, expresando su ecuación de la siguiente forma:

$$E = m * P + E_0$$

E: consumo energético en el periodo seleccionado

P: Pacientes en el periodo seleccionado

m: pendiente de la recta

$E_0$ : ordenada en el origen que interpreta la energía no asociada a los pacientes en el periodo analizado.

$m \cdot P$ : es la energía asociada directamente a los pacientes

Existe un método para verificar la validez de este estudio, que se comprueba mediante el coeficiente de correlación de Pearson ( $R^2$ ). Es un índice que puede utilizarse para medir el grado de relación de dos variables siempre y cuando ambas sean cuantitativas. Para verificar la validez del estudio este coeficiente debe ser mayor de un mínimo, que dependerá de los parámetros relacionados. En el caso de este proyecto, donde las dos variables a comparar son el consumo energético y los pacientes, las recomendaciones para que los parámetros puedan estudiarse de forma correcta son que el coeficiente de correlación entre ambos debe ser mayor del 0,6.

### 3.1.6. Relación índice de consumo-pacientes

Este diagrama se realiza después de haber obtenido el gráfico  $E$  vs  $P$  y la ecuación,  $E = mP + E_0$ , con un nivel de correlación significativo. El gráfico  $IC$  vs  $P$  es una línea curva con asíntota en el eje  $x$ , en el valor de la pendiente  $m$  de la expresión  $E$  ( $p$ ). La expresión de la curva se obtiene de la siguiente forma:

$$E = m \cdot P + E_0$$
$$IC = \frac{E}{P} = \frac{m \cdot P + E_0}{P}$$
$$IC = m + \frac{E_0}{P}$$

La curva muestra que el índice de consumo depende de la cantidad de pacientes atendidos en la clínica en un periodo de tiempo. En la medida que los pacientes disminuyen es posible que disminuya el consumo total de energía, como se aprecia de la expresión  $E$  ( $P$ ) pero el gasto energético por unidad de paciente aumenta. Este se debe a que aumenta el peso relativo de la energía no asociada a los pacientes.

En cada gráfico  $IC$  vs  $P$  existe un punto donde comienza a dispararse el índice de consumo para bajo número de pacientes. Este punto lo podemos denominar punto crítico. La cantidad de pacientes por encima del punto crítico no cambian significativamente el índice de consumo, sin embargo, por debajo del punto crítico se incrementa cada vez más. El gráfico  $IC$  vs  $P$  es muy útil para establecer sistemas de gestión energética. Valores de  $IC$  por debajo de la curva teórica indican un incremento de eficiencia del proceso. En el caso contrario existe un potencial de disminución del índice de consumo igual a la diferencia entre el  $IC$  real (encima de la curva) y el  $IC$  teórico (en la curva) para igual cantidad de pacientes. Los objetivos de esta actividad son:

- Establecer metas de índices de consumo para los pacientes.
- Evaluar la eficiencia energética de la empresa en un periodo dado.
- Determinar los puntos máximos de pacientes de la empresa y planificar estos indicadores en las zonas de alta eficiencia energética.
- Determinar factores que influyen en las variaciones del índice de consumo.

## 3.2. Aplicación práctica de las herramientas

Una vez explicadas las herramientas que se van a utilizar para el procesamiento de los datos de la empresa, se procede a desarrollar su implementación práctica.

Como se ha explicado anteriormente, en el proyecto se pretende analizar el consumo de una clínica dental durante el año 2017, por lo que primeramente se optará por la aplicación de las técnicas estudiadas para ese periodo de tiempo, el año 2017 completo.

### 3.2.1. Análisis anual

El análisis anual va a comprender los 365 días que tuvo el año 2017, por lo que va a ser un análisis muy general con muchos datos que analizar y representar.

#### 3.2.1.1. Estimación del consumo energético de 2017

El objetivo es calcular el consumo energético que producen los equipos consumidores de energía de la clínica durante un año natural. Para comprobar si la estimación realizada es correcta se comprobará si el consumo estimado se asemeja al consumo de energía real que se produjo en la clínica dental durante el año 2017.

Como ya se ha dicho en la explicación de esta técnica, se necesita para realizar el cálculo el número de equipos consumidores que hay en el negocio, la potencia que consumen y realizar una estimación del número de horas de funcionamiento diarias de cada uno.

Para ello se tendrá en cuenta que el año 2017 tuvo 365 días en total, de los cuales 14 días fueron festivos y la clínica estuvo cerrada, hubo 53 domingos donde también se mantuvo cerrada para los pacientes y solo se abrió para la limpieza de la misma (2 horas), 52 sábados donde solo se abrió por la mañana durante 4 horas, y de 246 días que fueron de lunes a viernes laborales. Hay que tener en cuenta que la clínica un día laboral normal (de lunes a viernes) está abierta 8 horas y media.

La mayoría de los equipos consumidores tienen un valor de potencia fijo porque su modo de funcionamiento es on/off. Los que tienen un valor de potencia variable, se ha estimado el valor de potencia de consumo medio, o si tienen varios modos de funcionamiento se ha determinado la potencia de cada modo.

Los equipos consumidores no se utilizan todos los mismos días durante el año, por lo que la estimación de su consumo energético no se calculará de la misma forma para todos.

Los equipos que solo se utilizan durante el horario laboral y durante todo el año (compresor, aspiración, descalcificador, sillas en gabinete, impresoras, autoclave, aparatos junto autoclave, extracción de aire del local y aportación de aire del local), se estima su consumo con las siguientes fórmulas:

$$\text{horas anuales} = \text{horas } L_V * (246) + 52 * \text{horas Sábados}$$

$$\text{Energía anual}(KWh) = \frac{\text{Potencia}(W) * \text{horas anuales}}{1000}$$

Todos los equipos de iluminación tendrán el mismo funcionamiento que los equipos anteriores, añadiéndose que estos aparatos también funcionarán los domingos el tiempo que dure la limpieza de la clínica.

$$\text{horas anuales} = \text{horas } L_V * (246) + 52 * \text{horas Sábados} + 53 * \text{horas Domingos}$$

$$\text{Energía anual(KWh)} = \frac{\text{Potencia(W)} * \text{horas anuales}}{1000}$$

Para realizar el cálculo de la energía consumida por los equipos de climatización hay que saber los días de uso de los mismos. Los días de uso corresponden con los meses de invierno y de verano, de forma que durante el invierno se utiliza la calefacción y en verano el aire acondicionado. Al ser la localidad Castellón de la Plana, donde el clima es cálido, los días de uso de calefacción se reducen, mientras los días de uso del aire acondicionado aumentan.

Finalmente el periodo de empleo de estos equipos será el siguiente (No se muestran los festivos ya que el negocio está cerrado, no se realiza la limpieza, y los equipos de climatización no se utilizan):

TIPO DE CLIMATIZACIÓN	TOTAL DÍAS	LUNES A VIERNES	SÁBADOS	DOMINGOS
CALEFACCIÓN	85	70	15	16
AIRE ACONDICIONADO	103	85	18	17

Tabla 3. Días de uso de los equipos de climatización

Las fórmulas empleadas para obtener la estimación de la energía consumida serán:

$$\text{horas invierno} = \text{horas } L_V * 70 + \text{horas Sábados} * 15 + \text{horas Domingos} * 16$$

$$\text{horas verano} = \text{horas } L_V * 85 + \text{horas Sábados} * 18 + \text{horas Domingos} * 17$$

Viendo la placa de características de las máquinas de climatización local, se ve que los consumos para calefacción y refrigeración son distintos, mientras que las máquinas de climatización SPLIT consumen los mismo para ambos modos.

$$\text{Energía Invierno(KWh)} = \frac{\text{PotInvierno(W)} * \text{horasInvierno}}{1000}$$

$$\text{Energía Verano(KWh)} = \frac{\text{PotVerano(W)} * \text{horasVerano}}{1000}$$

Por último hay que obtener el consumo energético de los equipos que no se apagan. Estos equipos son la nevera, los servidores informáticos y aparatos de alrededor y los ordenadores.

La nevera y los servidores y aparatos de alrededor se calculan de la siguiente forma:

$$\text{horas anuales} = \text{horas diarias} * 365$$

$$\text{Energía anual(KWh)} = \frac{\text{Potencia(W)} * \text{horas anuales}}{1000} = \frac{\text{Potencia(W)} * \text{horas diarias} * 365}{1000}$$

Los ordenadores, la televisión y los monitores tienen un funcionamiento distinto, ya que siempre están encendidos, pero tienen dos modos de funcionamiento. Uno es el modo de actividad, que está en uso mientras se está utilizando el aparato, y otro es el modo STDBY, que consume menos energía y se emplea cuando el aparato no se está utilizando, pero está encendido. El tiempo de uso del modo de actividad coincidirá con las horas de trabajo en la clínica, es decir, 8 horas de lunes a viernes y 4 horas los sábados, mientras que todas las demás horas son de funcionamiento del modo STDBY.

$$\text{horas anuales} = \text{horas L}_V * (246) + 52 * \text{horas Sábados} + 67 * \text{horas Domingos}$$

$$\text{Energía anual(KWh)} = \frac{\text{Potencia(W)} * \text{horas anuales}}{1000}$$

Los resultados de la estimación del consumo energético durante el año 2017 se representan en esta tabla:

Equipos	Potencia por aparato (W)	Cantidad	Total Potencia (W)	Horas diarias (L-V)	Horas diarias (S)	Horas diarias (D)	Horas anuales	Energía consumida (KWh)
Luminarias 9W	9	11	99	8	4	2	2.282	225,92
Luminarias 20W	20	40	800	8	4	2	2.282	1.825,60
Dicroicas de LED	8	26	208	8	4	2	2.282	474,66
Televisión	Actividad	1	150	8	4	0	2.176	326,40
	STDBY		3	16	20	24	6.584	19,75
Ordenador	Actividad	5	250	8	4	0	2.176	544
	STDBY		3	16	20	24	6.584	98,76
Impresoras	100	2	200	0,25	0,05	0	64	12,82
Autoclave	2.300	1	2.300	3	1	0	790	1.817
Aparatos junto autoclave	450	2	900	2	0,5	0	518	466,20
Sillas en gabinete	283	3	849	2	0,5	0	518	439,78
Nevera	180	1	180	12	12	12	4.380	788,40
Compresor	1.770	1	1.770	3	1	0	790	1.398,30
Aspiración	1.100	2	2.200	3	1	0	790	1.738
Descalcificador	30	1	30	8	4	0	2.176	65,28
Servidores informática	230	1	230	24	24	24	8.760	2.014,80
Extracción del local	350	1	350	2	0,5	0	518	181,30
Aportación aire local	350	1	350	2	0,5	0	518	181,30
Luminarias	100	16	1.600	8	4	1	2.229	3.566,40
Monitores	Actividad	8	160	8	4	0	2.176	348,16
	STDBY		3	16	20	24	6.584	158,02
Climatización local	Invierno	2	8.260	3,5	1,5	1,5	292	2.407,79
	Verano		4.520	4	2	1,5	402	3.629,56
Climatización SPLIT	Invierno	2	2.200	3,5	1,5	1	284	623,70
	Verano		1.100	4	2	1	393	864,60

Tabla 4. Estimación del consumo energético anual.

Una vez calculado el consumo estimado de los equipos de la clínica, hay que compararlo con el consumo real que se produjo en la misma durante el año 2017. Para considerar que la estimación es correcta, en el proyecto se limita que el error máximo que se puede cometer entre el consumo real y el estimado sea del 10%.

$$\%Error = \frac{|ConsumoReal - ConsumoEstimado|}{ConsumoReal} * 100$$

Los valores de los componentes de la ecuación anterior son:

ConsumoReal = 24.050,98 KWh

ConsumoEstimado = 24.216,49 KWh

$$\%Error = \frac{|24.050,98 - 24.216,49|}{24.050,98} * 100 = 0,69\% < 10\%$$

Al cumplir la condición del error menor del 10%, se considera que la estimación es válida.

### 3.2.1.2. Desglose energía

Para realizar esta actividad, primero es necesario haber realizado la estimación de consumos energéticos de los equipos (el apartado anterior).

Los equipos consumidores se dividen en cuatro opciones según la función que son capaces de desarrollar.

Las opciones son:

-Iluminación: son los equipos cuya función es iluminar el local. En esta opción se encuentran las luminarias de 9W, 20W y 100W, y las dicroicas LED.

-Climatización: son los aparatos cuya función es climatizar el recinto, tanto refrigerar como calefactar. En esta opción se encuentran el aparato de climatización local y el de climatización SPLIT.

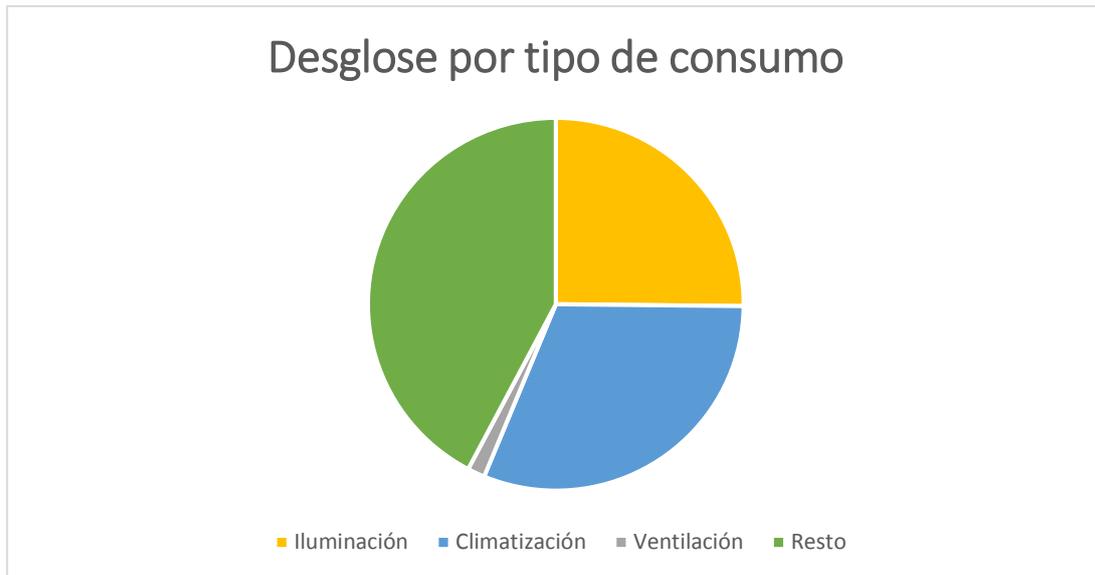
-Ventilación: se refiere a los aparatos de extracción y aportación de aire al local, que ventilan y renuevan el aire del interior del recinto. La ventilación es obligatoria legislativamente.

-Resto: son el resto de los equipos que consumen de la red eléctrica de la clínica y tienen funciones distintas a las dos anteriores. Se distinguen la televisión, ordenadores, autoclave, aparatos junto autoclave, nevera, descalcificador, compresor, monitores, aspiración, sillas junto autoclave, servidores informática, impresoras y microondas.

A continuación se va a representar la cantidad de energía que consume cada categoría. Se realiza sumando los consumos de los equipos que pertenecen a la misma clasificación.

Tipo de consumo	Consumo energético (KWh)	Porcentaje respecto al total
<b>Iluminación</b>	6.092,57	25,16%
<b>Climatización</b>	7.525,65	31,08%
<b>Ventilación</b>	362,60	1,50%
<b>Resto</b>	10.235,67	42,27%

Tabla 5. Desglose energético anual



*Figura 2. Desglose energético anual*

Se puede observar que lo que más energía consume son los equipos referidos al resto, seguidos por los de climatización, iluminación y por último los de ventilación.

#### 3.2.1.3. Pareto

Con el diagrama de Pareto se quiere identificar el 20% de los equipos consumidores que consumen el 80% de la energía consumida en la clínica dental.

Para realizar el diagrama, primero se ha realizado una tabla representando los equipos consumidores y su consumo anual, y se han ordenado de mayor a menor en función de su consumo.

También se representará el consumo porcentual respecto al total de cada equipo, los consumos acumulados, y los porcentajes de esos consumos acumulados que indicarán qué equipos llegan a consumir el 80% del consumo energético total de la clínica. Anteriormente se ha estimado que el consumo de energía total de la clínica es de 24.216,49 KWh.

$$\text{Porcentaje de consumo por equipo} = \frac{\text{Consumo energético por equipo}}{\text{Consumo energético total}} * 100$$

Siendo  $i=1, 2, 3... n$ , la enumeración de cada equipo y  $n$  la cantidad de equipos consumidores que hay, se puede obtener la fórmula de los consumos acumulados. Estas fórmulas se repetirán para la realización de los diagramas de Pareto venideros.

$$\text{Consumos acumulados} = \sum_{i=1}^n (\text{Consumo energético})_i$$

$$\text{Porcentaje de los consumos acumulados} = \frac{\text{Consumos acumulados}}{\text{Consumo energético total}} * 100$$

Equipos	Energía consumida (KWh)	Porcentaje de consumo por equipo	Consumos acumulados (KWh)	Porcentaje de consumos acumulados
Climatización local	6.037,35	24,93%	6.037,35	24,93%
Luminarias	3.566,40	14,73%	9.603,75	39,66%
Servidores informática	2.014,80	8,32%	11.618,55	47,98%
Luminarias 20W	1.825,60	7,54%	13.444,15	55,52%
Autoclave	1.817	7,50%	15.261,15	63,02%
Aspiración	1.738	7,18%	16.999,15	70,20%
Climatización SPLIT	1.488,30	6,15%	18.487,45	76,34%
Compresor	1.398,30	5,77%	19.885,75	82,12%
Nevera	788,40	3,26%	20.674,15	85,37%
Ordenador	642,76	2,65%	21.316,91	88,03%
Monitores	506,18	2,09%	21.823,09	90,12%
Dicroicas de LED	474,66	1,96%	22.297,74	92,08%
Aparatos junto autoclave	466,20	1,93%	22.763,94	94,00%
Sillas en gabinete	439,78	1,82%	23.203,72	95,82%
Televisión	346,15	1,43%	23.549,88	97,25%
Luminarias 9W	225,92	0,93%	23.775,79	98,18%
Extracción del local	181,30	0,75%	23.957,09	98,93%
Aportación aire local	181,30	0,75%	24.138,39	99,68%
Descalcificador	65,28	0,27%	24.203,67	99,95%
Impresoras	12,82	0,05%	24.216,49	100%

Tabla 6. Consumo energético por equipo y acumulado anual

El diagrama de Pareto representará en un gráfico el consumo energético de cada equipo, representándose en el eje de las x el equipo y en el eje de las y el consumo de energía.

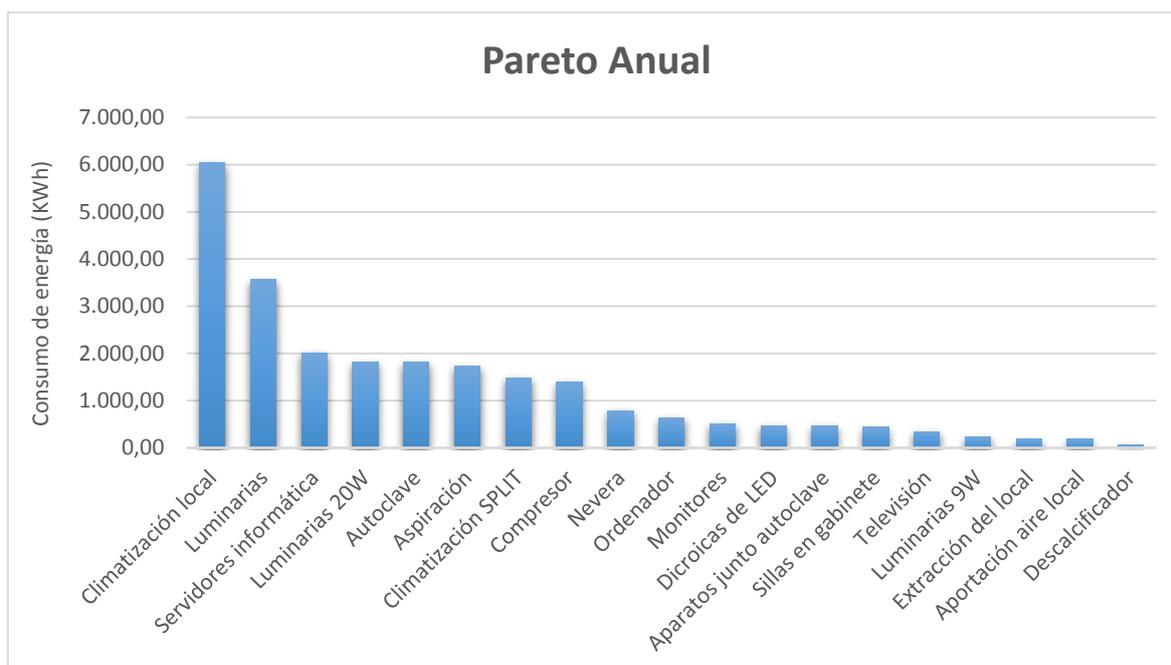


Figura 3. Diagrama de Pareto del análisis anual

De esta forma podemos saber los equipos que más consumen y cuáles son los que producen el 80% del consumo total de la clínica. Estos últimos serán los equipos de climatización local, las luminarias de 100W, los servidores de informática, las luminarias de 20W, el aparato de autoclave, la aspiración, la climatización SPLIT y el compresor. En este caso es más del 20% de los equipos, concretamente el 40%.

Estos equipos serán los más indicados para fijarse en caso de querer implementar medidas de mejora energética.

#### 3.2.1.4. Consumo y pacientes en el tiempo

Hay que representar el consumo y los pacientes durante el periodo de tiempo señalado, que es de todo el año 2017. De esta forma se puede analizar y comparar la evolución de los consumos energéticos y los pacientes durante todo el año.

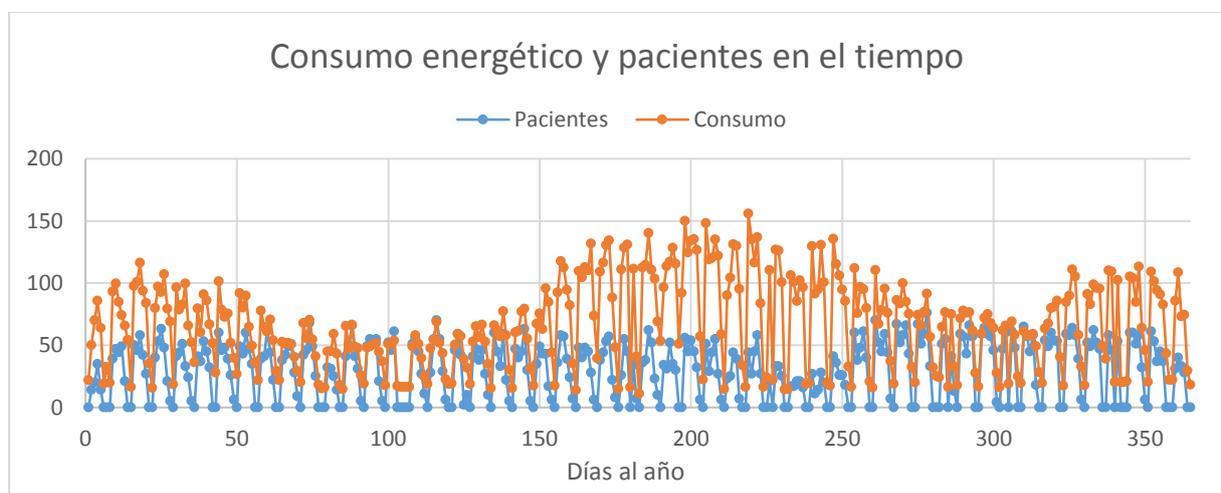


Figura 4. Evolución del consumo energético y los pacientes durante el año

De esta imagen se pueden sacar diversas conclusiones:

- Relación entre el consumo energético y los pacientes diarios: Cuando hay menos pacientes, también hay menos consumo energético y viceversa.
- Diferencia de consumo energético en función de la estacionalidad: El gráfico muestra diferencias elevadas de consumo energético dependiendo del momento del año en que se encuentra. Estas épocas coinciden con los periodos de funcionamiento de los equipos de climatización, donde anteriormente se ha analizado que son de los aparatos que más consumen en el año dentro de la empresa.
- Mantenimiento del consumo cuando la clínica está cerrada: Normalmente, cuando no hay pacientes en la clínica, es porque está cerrada. En estos casos, se puede observar que el consumo es similar durante todos estos días, y las variaciones del mismo serán consecuencia de otras actividades como pueden ser la limpieza del local, reparaciones o alguna urgencia específica, entre otras.

### 3.2.1.5. Relación consumo energético en función de los pacientes

En la anterior actividad se ha concluido que existe una relación entre la variación de pacientes y la variación de consumo energético.

A continuación, se procede a encontrar la relación entre la variación de pacientes y la de consumo energético.

Como ya se ha explicado en la introducción teórica de la actividad, para realizar el gráfico se debe representar en el mismo los datos de consumo de energía (eje y) y los de la cantidad de pacientes (eje x) para el mismo período de tiempo seleccionado, que en este caso es para todo el año 2017.

Los datos representados en el gráfico estarán contenidos en las tablas de los anexos 1 y 2.

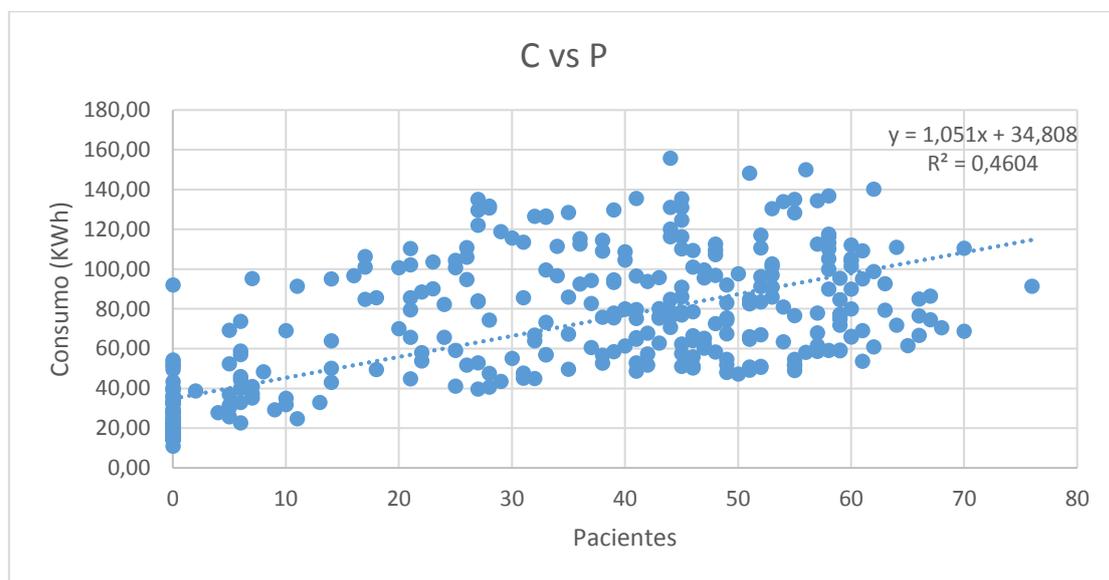


Figura 5. Evolución del consumo energético en función de los pacientes durante el año

Al representar el gráfico en Excel, para obtener la relación hay que trazar la línea de tendencia que más se ajuste a los puntos del diagrama. Esta relación corresponde con una regresión lineal, por lo que la línea de tendencia será una recta, y la relación tendrá la forma de la ecuación de la recta.

$$E = m * P + E_0$$

La relación entre la variación de pacientes y la de consumo de energía será la siguiente:

$$E = 1,051 * P + 34,808$$

Donde:

- E → Consumo energético en el periodo seleccionado.
- P → Pacientes en el periodo seleccionado.
- m=1,051 → Pendiente de la recta.

-  $E_0=34,808$  → Ordenada en el origen que interpreta la energía no asociada a los pacientes en el periodo analizado.

-  $m \cdot P=1,051 \cdot P$  → Es la energía asociada directamente a los pacientes.

También es necesario determinar el coeficiente de correlación de Pearson, que es un índice que puede utilizarse para medir el grado de relación de dos variables siempre y cuando ambas sean cuantitativas. En este caso, las dos variables son la energía y los pacientes, por lo que el coeficiente de correlación entre energía y pacientes indicará el grado de relación de estas dos variables. Cuanto mayor sea el coeficiente, significa que el grado de relación entre las variables será mayor y viceversa, siendo el máximo 1 y el mínimo 0. El coeficiente de correlación ( $R^2$ ) entre el consumo de energía y los pacientes es:

$$R^2 = 0,4604$$

Se observa que el coeficiente de correlación no es lo suficientemente elevado para realizar un análisis preciso, ya que es menor que el mínimo requerido.

$$R^2 = 0,4604 < 0,6$$

La razón por la que el grado de relación entre las dos variables no es muy elevado se debe a la gran variación del consumo energético que existe durante el año en la clínica.

Gracias a la actividad anterior de analizar la evolución del consumo y los pacientes en el tiempo, se ha determinado que la razón de estas variaciones de consumo se debe a que en los periodos del año donde se utilizan los equipos de climatización, se incrementa mucho la energía debido a que estos aparatos consumen mucha energía. Esto hace que la diferencia de consumo entre los días que se utilizan los equipos de climatización y los días que no se utilizan sea muy elevada, aunque los pacientes en la clínica sean los mismos.

La solución que se plantea para resolver este problema es dividir el año en distintos periodos y analizarlos independientemente. Más adelante se enunciará y explicará la división realizada.

#### 3.2.1.6. Índice de consumo

El índice de consumo es un indicador de control medible que relaciona dos parámetros, en este caso el consumo energético y los pacientes. Las medidas empleadas serán KWh/Pacientes.

El cálculo es simple de realizar:

$$IC = \frac{\text{Consumo de energía}}{\text{Pacientes}}$$

Los datos de consumo de energía y pacientes para cada día se encuentran en los anexos 1 y 2, de forma que con los mismos se puede calcular el índice de consumo para cada día excluyendo los días de cero pacientes.

En el gráfico se debe representar como variable independiente los pacientes de cada día del año 2017, excepto los días donde no haya pacientes, y sus correspondientes índices de consumo como variable dependiente.

A su vez, también debe trazarse la curva teórica del índice de consumo (IC (P)), que se obtiene a partir de la línea teórica del consumo energético (E (P)) calculada en la anterior actividad.

$$IC = \frac{E}{P} = \frac{m * P + E_0}{P} = m + \frac{E_0}{P}$$

$$IC = 1,051 + \frac{34,808}{P}$$

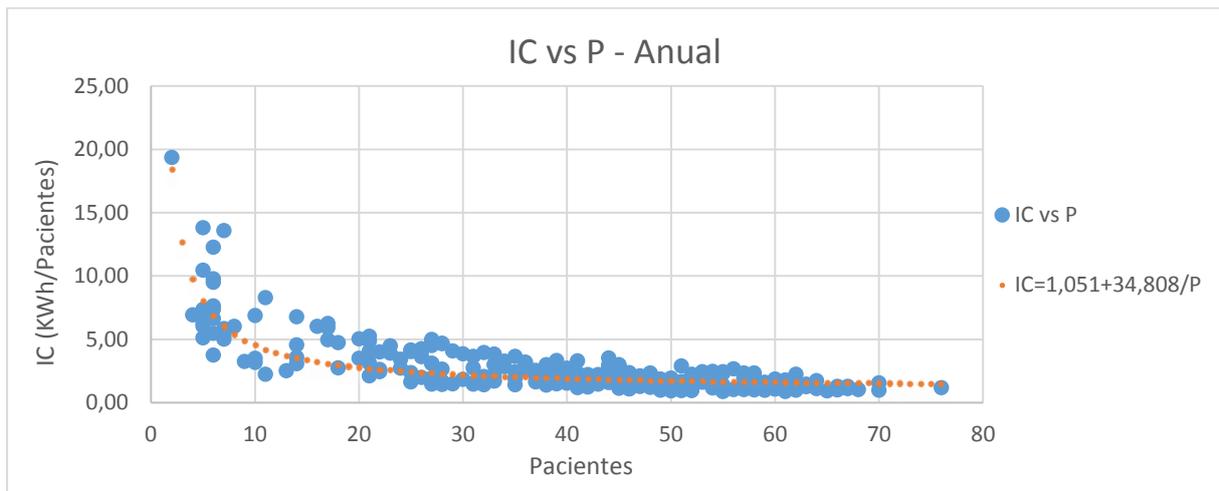


Figura 6. Índice de consumo en función de los pacientes durante el año

Como se puede observar, se cumple que cuanto menor sea el número de pacientes en la clínica, menor es el consumo total en la misma, pero también el consumo asociado por paciente aumenta. Esto quiere decir que energéticamente conviene agrupar los pacientes de los días donde haya poca clientela en otros días, ya que de esta forma se reduciría el índice de consumo.

Al analizar el gráfico Consumo-Pacientes anual, se ve que la correlación obtenida no coincide con la mínima aceptable para poder realizar un estudio correcto de los dos parámetros. Como ya se ha dicho, esto se debe a que el uso de la calefacción y el aire acondicionado son estacionales y tienen un alto impacto en el consumo energético de la clínica, por lo que los días donde se utilizan y no se utilizan tendrán diferencias significativas en el consumo aunque tengan los mismos pacientes. Para corregir este problema, se ha optado por analizar los datos por distintos periodos. Los intervalos de tiempo elegidos serán los siguientes:

- Análisis del periodo sin climatizar.
- Análisis del periodo de uso de calefacción.
- Análisis del periodo de uso de aire acondicionado.
- Análisis de domingos y festivos.

Los domingos y festivos se analizarán aparte, mientras que de lunes a sábado se dividirán entre los periodos mencionados anteriormente.

PERIODOS ANALIZADOS	NÚMERO DE DÍAS	FECHA DE INICIO	FECHA DE FIN
SIN CLIMATIZAR	110	1/3/2017 –1/10/2017	31/5/2017 – 15/11/2017
CALEFACCIÓN	85	1/1/2017 – 16/11/2017	28/2/2017 – 31/12/2017
REFRIGERACIÓN	103	1/6/2017	30/9/2017
DOMINGOS Y FESTIVOS	67	-	-

Tabla 7. Días y fechas de inicio y fin de los periodos analizados

### 3.2.2. Análisis del periodo sin climatizar

En este apartado se van a analizar los periodos de tiempo donde los equipos de climatización no estén funcionando. El estudio se realizará de lunes a sábado.

Gracias al gráfico de consumo y pacientes en función del tiempo se puede estimar que los periodos de inutilización de los equipos de climatización corresponden con los meses de marzo, abril, mayo, octubre y hasta mediados de noviembre, concretamente hasta el 15 de noviembre incluido.

Esta conclusión se extrae de que en el tiempo donde no se utilizan los equipos de climatización, el consumo general de la clínica es menor que en otros periodos del año, ya que como se ha comprobado en el análisis anual, el uso de estos equipos conlleva un gran porcentaje del consumo total.

#### 3.2.2.1. Estimación del consumo energético del periodo sin climatizar

La estimación de las horas de consumo diario será la misma que la realizada en el análisis anual, a excepción de que el tiempo funcionamiento de los equipos de climatización será nulo.

Este periodo de tiempo, como ya se ha dicho, corresponde con los meses de marzo, abril, mayo, octubre y hasta el 15 de noviembre, por lo que los días son:

Total días	Lunes a Viernes	Sábados
110	91	19

Tabla 8. Días del periodo sin climatizar

Las fórmulas para calcular tanto las horas de funcionamiento durante el periodo sin climatizar y la energía consumida por los equipos consumidores serán las mismas que se han empleado en la estimación del consumo energético del análisis anual, pero cambiando el número de días.

Equipos		Potencia por aparato (W)	Cantidad	Total Potencia (W)	Horas diarias (L-V)	Horas diarias (S)	Horas sin climatización	Energía consumida (KWh)
Luminarias 9W		9	11	99	8	4	804	79,60
Luminarias 20W		20	40	800	8	4	804	643,20
Dicroicas de LED		8	26	208	8	4	804	167,23
Televisión	Actividad	150	1	150	8	4	804	120,60
	STDBY	3		3	16	20	1.836	5,51
Ordenador	Actividad	50	5	250	8	4	804	201
	STDBY	3		15	16	20	1.836	27,54
Impresoras		100	2	200	0,25	0,05	23,70	4,74
Autoclave		2.300	1	2.300	3	1	292	671,60
Aparatos junto autoclave		450	2	900	2	0,5	191,50	172,35
Sillas en gabinete		283	3	849	2	0,5	191,50	162,58
Nevera		180	1	180	12	12	1.320	237,60
Compresor		1.770	1	1.770	3	1	292	516,84
Aspiración		1.100	2	2.200	3	1	292	642,40
Descalcificador		30	1	30	8	4	804	24,12
Servidores informática		230	1	230	24	24	2.640	607,20
Extracción del local		350	1	350	2	0,5	191,50	67,03
Aportación aire local		350	1	350	2	0,5	191,50	67,03
Climatización local		3.320	2	6.640	0	0	0	0
Climatización SPLIT		1.100	2	2.200	0	0	0	0
Luminarias		100	16	1.600	8	4	804	1.286,40
Monitores	Actividad	20	8	160	8	4	804	128,64
	STDBY	3		24	16	20	1.836	44,06

Tabla 9. Estimación del consumo energético durante el periodo sin climatizar

Por último se debe comparar el consumo estimado con el real para comprobar que la estimación realizada es válida. La suma de los consumos de energía de todos los aparatos componen el consumo estimado, que es de 5.877,26 KWh, mientras que el consumo real en este periodo de tiempo es de 5.966,36 KWh.

Calculando el error cometido entre lo estimado y lo real se comprueba si la estimación es válida.

$$\%Error = \frac{|ConsumoReal - ConsumoEstimado|}{ConsumoReal} * 100 = \frac{|5.966,36 - 5.877,26|}{5.966,36} * 100 = 1,49\%$$

$$1,49\% < 10\%$$

Al ser el error menor del 10%, se verifica que la estimación es correcta.

### 3.2.2.2. Desglose energía

Las opciones de clasificación de los equipos consumidores serán las mismas que las empleadas anteriormente, cambiando los valores con respecto al análisis anual.

En este desglose, hay que fijarse que la climatización será nula, ya que los equipos no funcionan en este intervalo temporal.

Los valores obtenidos son:

Tipo de consumo	Consumo energético (KWh)	Porcentaje respecto al total
<b>Iluminación</b>	2.176,43	37,03%
<b>Climatización</b>	0	0,00%
<b>Ventilación</b>	134,05	2,28%
<b>Resto</b>	3.566,79	60,69%

Tabla 10. Desglose energético durante el periodo sin climatizar

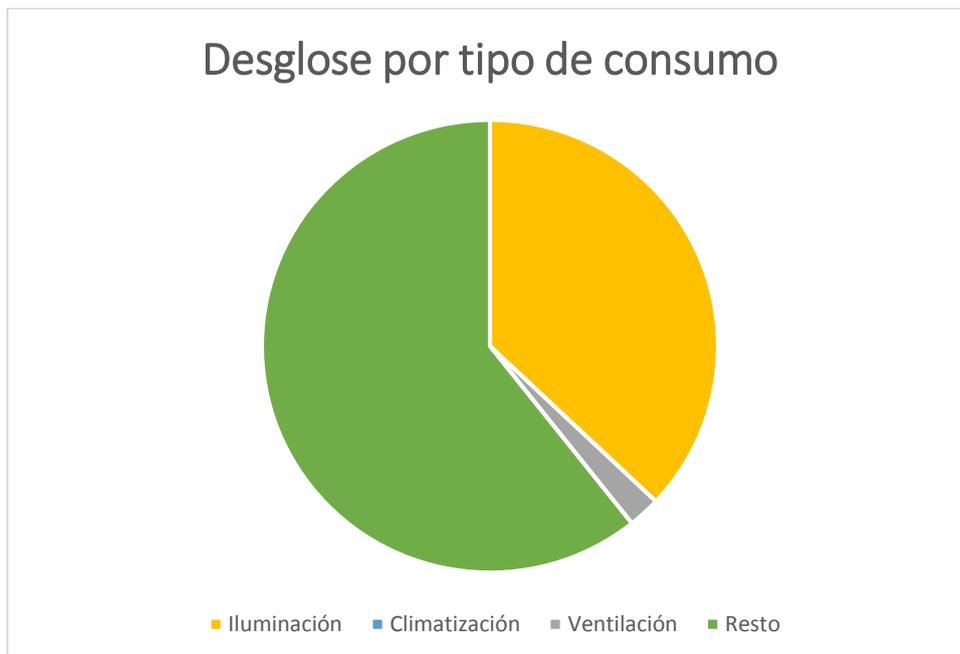


Figura 7. Desglose energético durante el periodo sin climatizar

El consumo energético se reparte entre los equipos de iluminación y el resto, siendo menor el consumo de los equipos de iluminación.

### 3.2.2.3. Pareto

El diagrama de Pareto se va a calcular de la misma forma que se hizo en el análisis anual.

Primero se representará la tabla ordenada de los equipos que más energía consumen a los que menos, representando también el porcentaje de consumo respecto al total consumido, los consumos acumulados y los porcentajes de consumo acumulado. La energía consumida total para este periodo se ha estimado que es de 5.877,26 KWh.

Equipos	Energía consumida (KWh)	Porcentaje de consumo por equipo	Consumos acumulados (KWh)	Porcentaje de consumos acumulados
Luminarias	1.286,40	21,89%	1.286,40	21,89%
Autoclave	671,60	11,43%	1.958,00	33,31%
Luminarias 20W	643,20	10,94%	2.601,20	44,26%
Aspiración	642,40	10,93%	3.243,60	55,19%
Servidores informática	607,20	10,33%	3.850,80	65,52%
Compresor	516,84	8,79%	4.367,64	74,31%
Nevera	237,60	4,04%	4.605,24	78,36%
Ordenador	228,54	3,89%	4.833,78	82,25%
Monitores	172,70	2,94%	5.006,48	85,18%
Aparatos junto autoclave	172,35	2,93%	5.178,83	88,12%
Dicroicas de LED	167,23	2,85%	5.346,07	90,96%
Sillas en gabinete	162,58	2,77%	5.508,65	93,73%
Televisión	126,11	2,15%	5.634,76	95,87%
Luminarias 9W	79,60	1,35%	5.714,35	97,23%
Extracción del local	67,03	1,14%	5.781,38	98,37%
Aportación aire local	67,03	1,14%	5.848,40	99,51%
Descalcificador	24,12	0,41%	5.872,52	99,92%
Impresoras	4,74	0,08%	5.877,26	100%
Climatización local	0	0%	5.877,26	100%
Climatización SPLIT	0	0%	5.877,26	100%

Figura 8. Consumo energético por equipo y acumulado durante el periodo sin climatizar

En el diagrama de Pareto se representarán los equipos consumidores y su consumo energético correspondiente.

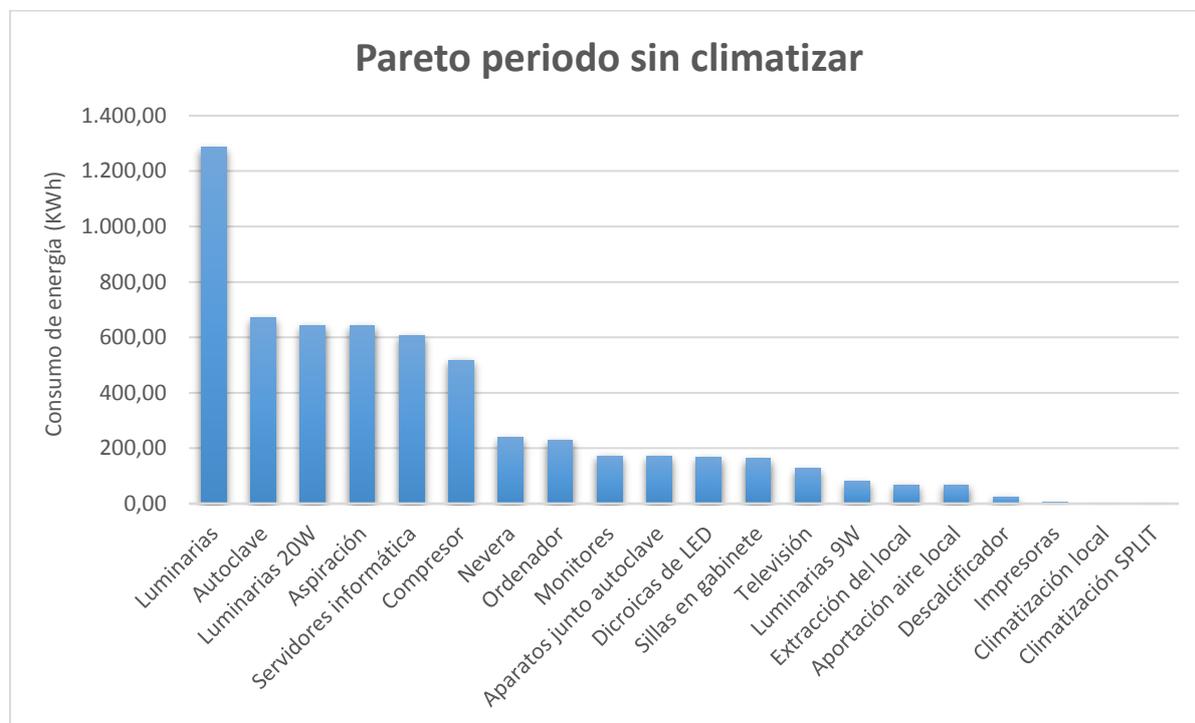


Figura 9. Diagrama de Pareto del periodo sin climatizar

En este periodo, los equipos que consumen en conjunto el 80% de la energía total son las luminarias de 100W, el aparato de autoclave, las luminarias de 20W, la aspiración, los servidores de informática, el compresor, la nevera y los ordenadores.

#### 3.2.2.4. Consumo y pacientes en el tiempo

El análisis del consumo energético y pacientes en el tiempo se deberá realizar para el periodo acordado anteriormente, que es del 1/3/2017 al 31/5/2017 y del 1/10/2017 al 15/11/2017.

Los datos utilizados se encuentran en el anexo 1 y 2.

A continuación se muestra el gráfico de la evolución del consumo energético y los pacientes durante el periodo donde el recinto no se climatiza:

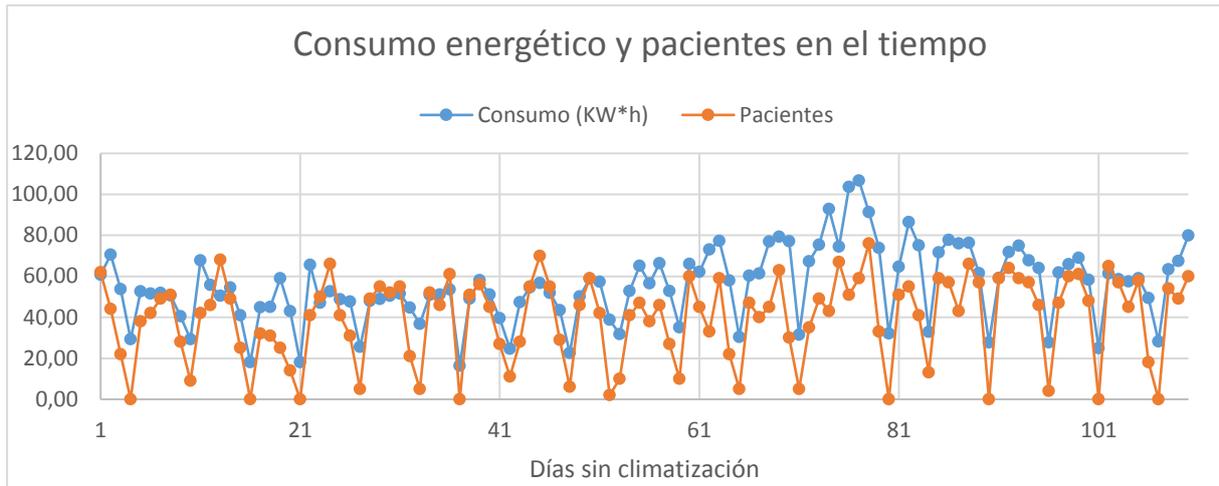


Figura 10. Evolución de los consumos energéticos y los pacientes durante el periodo sin climatizar

Los días se contabilizan de forma que el día 1 es el 1 de marzo, hasta el 31 de mayo que es el día 74. Después se hace un salto del fin del mes de mayo a principios de octubre, siendo el día 75 el 1 de octubre y el 15 de noviembre el último (día 110).

En este gráfico se observa que la distribución de consumos es bastante similar, excepto en el rango comprendido entre los días 70 y 80, donde los consumos son mayores debido a que se corresponden con el final de mayo y principios de octubre y puede que los equipos de climatización estén aún conectados, pero consumiendo un bajo porcentaje con respecto a su potencia nominal.

### 3.2.2.5. Relación consumo energético en función de los pacientes

Con los datos de los anexos 1 y 2 se representan los consumos en función de los pacientes durante el periodo de tiempo sin climatizar, y se obtiene la relación de ambos parámetros.

La relación se consigue como se ha explicado anteriormente en el análisis anual, agregando una línea de tendencia en Excel cuya forma debe ser lineal. La forma de la ecuación es:

$$E = m * P + E_0$$

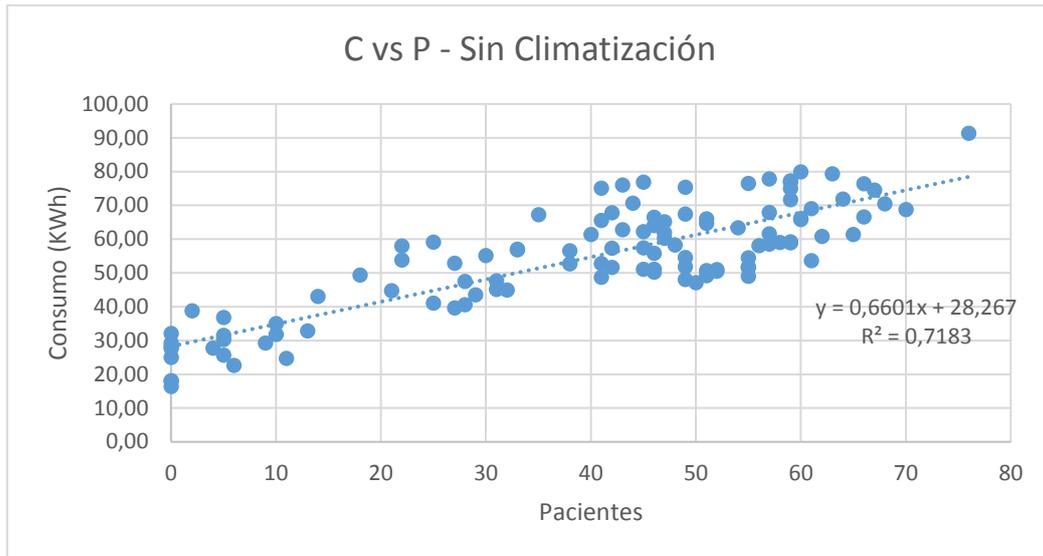


Figura 11. Evolución del consumo energético en función de los pacientes durante el periodo sin climatizar

Una vez representado, se ve que los valores de la regresión lineal son:

$$E = 0,661 * P + 28,267$$

Para comprobar la validez del estudio, es necesario determinar el coeficiente de correlación de Pearson ( $R^2$ ). Se observa que la correlación es del valor de 0,7183 y se comprueba si cumple el requisito propuesto para validar su estudio.

$$R^2 = 0,7183 > 0,6$$

Al ser mayor, se corrobora que supera el mínimo de 0,6, por lo que la relación entre ambos parámetros en el periodo de tiempo estudiado es válida para realizar posteriores actividades.

### 3.2.2.6. Índice de consumo

Para calcular el índice de consumo hay que dividir los consumos energéticos entre los pacientes de cada día del periodo donde no se climatiza la clínica dental. Los datos necesarios están representados en los anexos 1 y 2 del trabajo.

Una vez obtenidos los índices de consumo, se debe representar el gráfico donde se muestran los IC y los pacientes de cada día del intervalo de tiempo estudiado.

También debe representarse la curva teórica del índice de consumo ( $IC(P)$ ), que se obtiene a partir de la ecuación teórica de la energía ( $E(P)$ ) calculada en la actividad anterior.

$$IC = \frac{E}{P} = \frac{m * P + E_0}{P} = m + \frac{E_0}{P}$$

$$IC = 0,661 + \frac{28,267}{P}$$

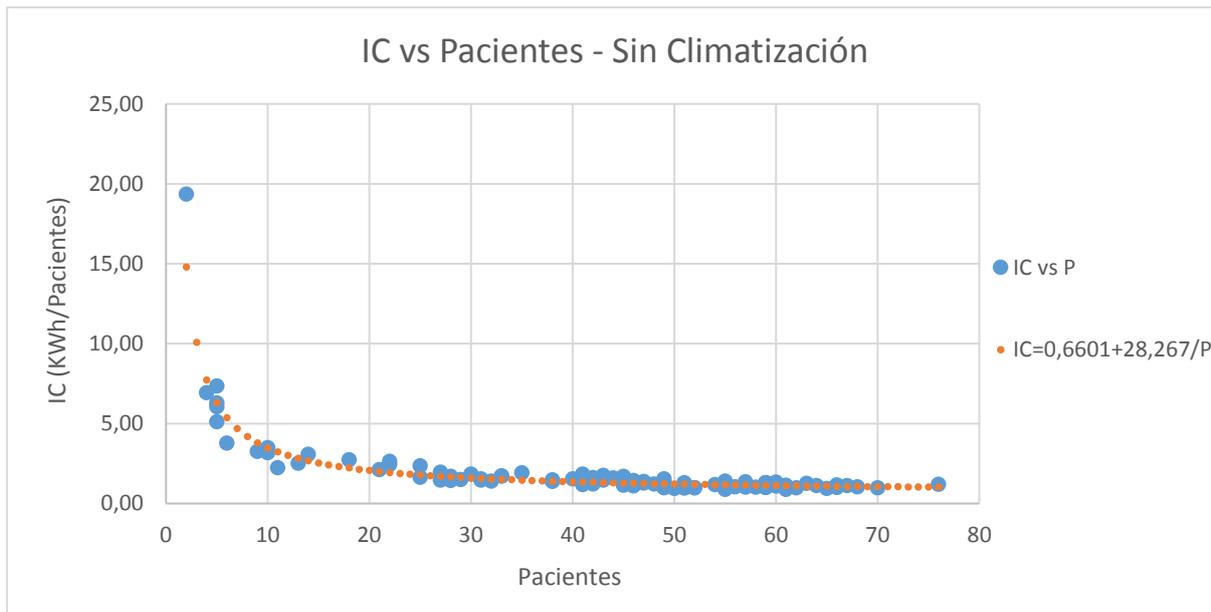


Figura 12. Índice de consumo en función de los pacientes durante el periodo sin climatizar

Las observaciones son que la tendencia es que el índice de consumo disminuye a medida que aumenta la cantidad de pacientes.

### 3.2.3. Análisis durante el periodo de calefacción

El periodo de tiempo que se va a estudiar en este apartado es el coincidente con el uso de la calefacción, y el intervalo corresponde con los meses de enero, febrero, y después del 16 de noviembre hasta el 31 de diciembre.

#### 3.2.3.1. Estimación del consumo energético

Para esta estimación hay que tener en cuenta que las horas de uso de los equipos de climatización para refrigeración se anulan, siendo el tiempo de funcionamiento de los demás equipos consumidores el mismo que se ha utilizado en las anteriores estimaciones del consumo.

Los días donde se utiliza la calefacción son:

Total días	Lunes a Viernes	Sábados
85	70	15

Tabla 11. Días periodo de calefacción

Para realizar el cálculo de las horas de uso de calefacción totales se utilizarán las fórmulas empleadas en las anteriores estimaciones del consumo energético, pero cambiando el número de días.

Equipos		Potencia por aparato (W)	Cantidad	Total Potencia (W)	Horas diarias (L-V)	Horas diarias (S)	Horas uso calefacción	Energía consumida (KWh)
Luminarias 9W		9	11	99	8	4	620	61,38
Luminarias 20W		20	40	800	8	4	620	496
Dicroicas de LED		8	26	208	8	4	620	128,96
Televisión	Actividad	150	1	150	8	4	620	93
	STDBY	3		3	16	20	1.420	4,26
Ordenador	Actividad	50	5	250	8	4	620	155
	STDBY	3		15	16	20	1.420	21,30
Impresoras		100	2	200	0,25	0,05	18,25	3,65
Autoclave		2.300	1	2.300	3	1	225	517,50
Aparatos junto autoclave		450	2	900	2	0,5	147,5	132,75
Sillas en gabinete		283	3	849	2	0,5	147,5	125,23
Nevera		180	1	180	12	12	1.020	183,60
Compresor		1.770	1	1.770	3	1	225	398,25
Aspiración		1.100	2	2.200	3	1	225	495
Descalcificador		30	1	30	8	4	620	18,60
Servidores informática		230	1	230	24	24	2.040	469,20
Extracción del local		350	1	350	2	0,5	147,5	51,63
Aportación aire local		350	1	350	2	0,5	147,5	51,63
Climatización local		4.130	2	8.260	3,5	1,5	267,5	2.209,55
Climatización SPLIT		1.100	2	2.200	3,5	1,5	267,5	588,50
Luminarias		100	16	1.600	8	4	620	992
Monitores	Actividad	20	8	160	8	4	620	99,20
	STDBY	3		24	16	20	1.420	34,08

Tabla 12. Estimación del consumo energético durante el periodo de calefacción

La suma de los consumos de energía de todos los aparatos componen el consumo estimado, que es de 7.330,26 KWh, mientras que el consumo real en este periodo de tiempo es de 6.664,31 KWh.

Calculando el error cometido entre lo estimado y lo real se comprueba si la estimación es válida.

$$\%Error = \frac{|ConsumoReal - ConsumoEstimado|}{ConsumoReal} * 100 = \frac{|6.664,31 - 7.330,26|}{6.664,31} * 100 = 9,99\%$$

$$9,99\% < 10\%$$

Al ser el error menor del 10%, se verifica que la estimación es correcta.

### 3.2.3.2. Desglose energía

La clasificación está formada por iluminación, climatización, ventilación y resto, de forma que los valores obtenidos son:

Tipo de consumo	Consumo energético (KWh)	Porcentaje respecto al total
Iluminación	1.678,34	22,90%
Climatización	2.798,05	38,17%
Ventilación	103,25	1,41%
Resto	2.750,62	37,52%

Tabla 13. Desglose energético durante el periodo de calefacción



Figura 13. Desglose energético durante el periodo de calefacción

En este periodo de tiempo la distribución de consumos cambia, siendo mayor el consumo por climatización que la del resto de equipos por una diferencia mínima, seguidos por la iluminación y la ventilación.

### 3.2.3.3. Pareto

El primer paso para representar el diagrama de Pareto es desarrollar la tabla donde se representan los equipos en orden del que más energía consume al que menos, el porcentaje de consumo respecto al total consumido, los consumos acumulados y los porcentajes de consumo acumulado. La energía consumida total para este periodo se ha estimado que es de 7.330,26 KWh.

Equipos	Energía consumida (KWh)	Porcentaje de consumo por equipo	Consumos acumulados (KWh)	Porcentaje de consumos acumulados
Climatización local	2.209,55	30,14%	2.209,55	30,14%
Luminarias	992	13,53%	3.201,55	43,68%
Climatización SPLIT	588,50	8,03%	3.790,05	51,70%
Autoclave	517,50	7,06%	4.307,55	58,76%
Luminarias 20W	496	6,77%	4.803,55	65,53%
Aspiración	495	6,75%	5.298,55	72,28%
Servidores informática	469,20	6,40%	5.767,75	78,68%
Compresor	398,25	5,43%	6.166,00	84,12%
Nevera	183,60	2,50%	6.349,60	86,62%
Ordenador	176,30	2,41%	6.525,90	89,03%
Monitores	133,28	1,82%	6.659,18	90,85%
Aparatos junto autoclave	132,75	1,81%	6.791,93	92,66%
Dicroicas de LED	128,96	1,76%	6.920,89	94,42%
Sillas en gabinete	125,23	1,71%	7.046,12	96,12%
Televisión	97,26	1,33%	7.143,38	97,45%
Luminarias 9W	61,38	0,84%	7.204,76	98,29%
Extracción del local	51,63	0,70%	7.256,38	98,99%
Aportación aire local	51,63	0,70%	7.308,01	99,70%
Descalcificador	18,60	0,25%	7.326,61	99,95%
Impresoras	3,65	0,05%	7.330,26	100%

Tabla 14. Consumos energéticos por equipo y acumulado durante el periodo de calefacción

En el diagrama de Pareto se representarán los equipos consumidores y su consumo energético correspondiente.

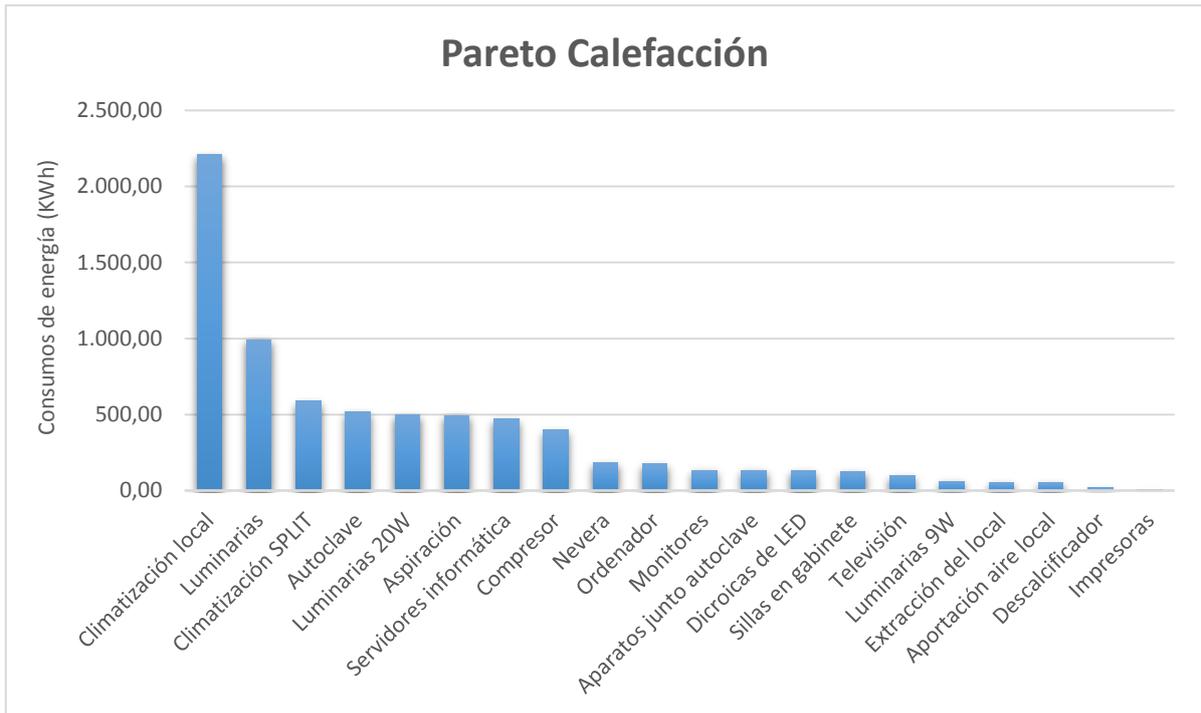


Figura 14. Diagrama de Pareto durante el periodo de calefacción

En este periodo, los equipos que consumen en conjunto el 80% de la energía total son los equipos de climatización local, las luminarias de 100W, los equipos de climatización SPLIT, el aparato de autoclave, las luminarias de 20W, la aspiración y los servidores de informática.

### 3.2.3.4. Consumo y pacientes en el tiempo

Para ver la evolución de los consumos energéticos y de los pacientes en el tiempo se muestran los datos proporcionados en el anexo 1 y 2, y posteriormente se representan los datos del periodo de calefacción de la clínica, que es del 1/1/2017 al 28/2/2017 y del 16/11/2017 al 31/12/2017.

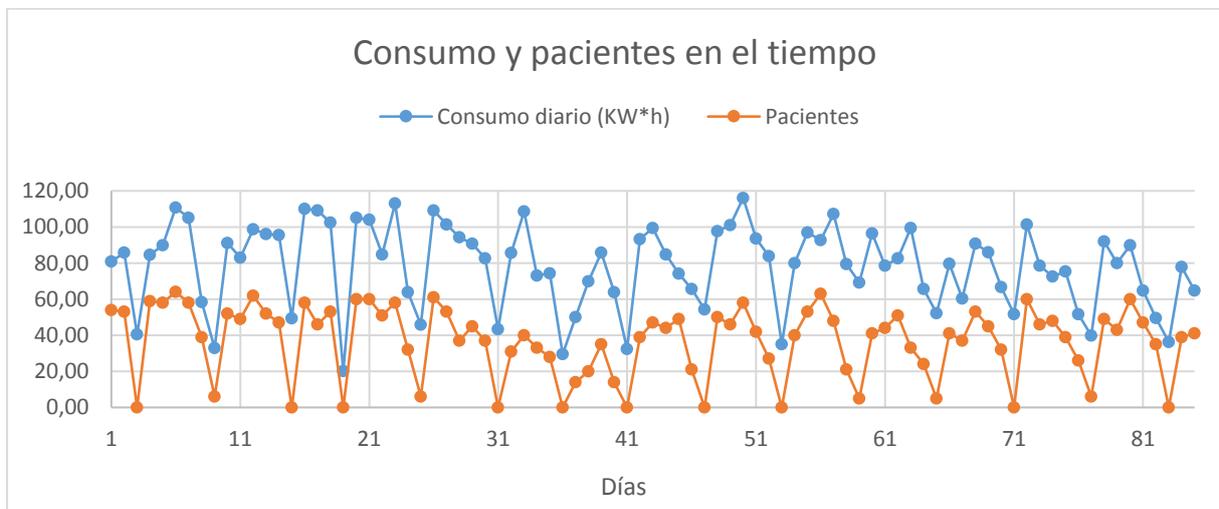


Figura 15. Evolución del consumo energético y los pacientes durante el periodo de calefacción

Al ver esta figura, se puede comprobar que la evolución de los consumos es muy parecida durante todo el periodo, lo que facilitará la siguiente actividad.

### 3.2.3.5. Relación consumo energético en función de los pacientes

Los datos a utilizar en esta actividad se encuentran en el anexo 1 y 2. La representación es la siguiente:

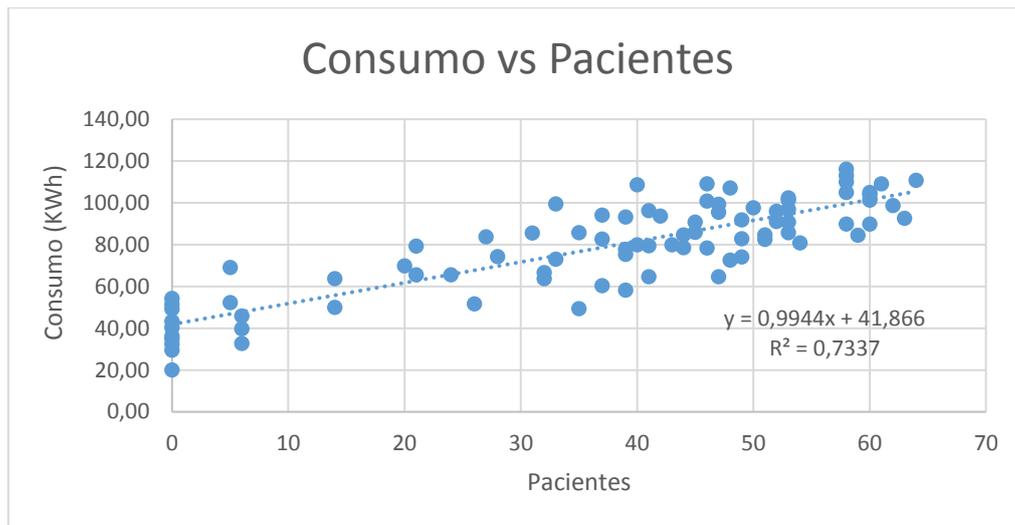


Figura 16. Evolución del consumo energético en función de los pacientes durante el periodo de calefacción

La regresión lineal obtenida corresponde con la forma de la ecuación de la recta:

$$E = m * P + E_0$$

$$E = 0,9944 * P + 41,886$$

Para comprobar la validez de la relación se comprueba que el coeficiente de correlación es mayor que el mínimo aceptable.

$$R^2 = 0,7337 > 0,6$$

Esto demuestra que la relación entre el consumo energético y los pacientes cumple la condición requerida para poder sacar conclusiones a partir de esta relación.

### 3.2.3.6. Índice de consumo

Para calcular el índice de consumo hay que dividir los consumos energéticos entre los pacientes de cada día del periodo donde se utiliza la calefacción en la clínica. Los datos necesarios están representados en los anexos 1 y 2 del trabajo.

Una vez obtenidos los índices de consumo, se debe representar el gráfico donde se muestran los IC y los pacientes de cada día del intervalo de tiempo estudiado.

También debe representarse la curva teórica del índice de consumo (IC(P)), que se obtiene a partir de la ecuación teórica de la energía (E(P)) calculada en la actividad anterior.

$$IC = \frac{E}{P} = \frac{m * P + E_0}{P} = m + \frac{E_0}{P}$$

$$IC = 0,9944 + \frac{41,886}{P}$$

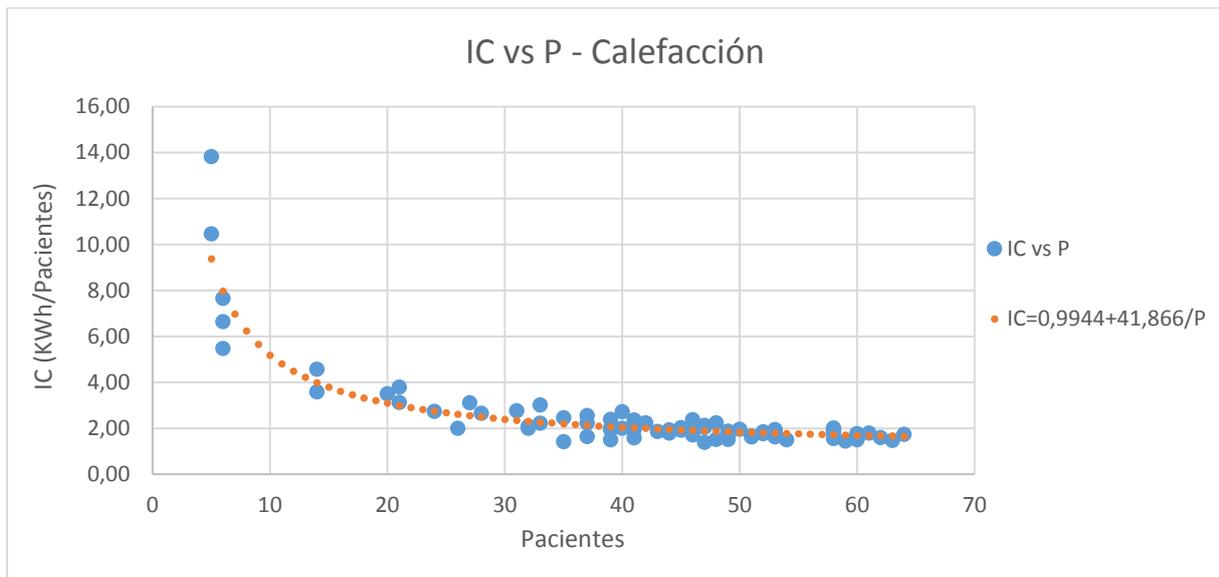


Figura 17. Índice de consumo en función de los pacientes durante el periodo de calefacción

En la figura 16 se observa que los días con índice de consumo más elevado corresponden con los días de menos clientela en la clínica. Esto se debe a que aumenta el peso relativo de la energía no asociada a los pacientes.

### 3.2.4. Análisis durante el periodo de utilización del aire acondicionado

El estudio de este apartado corresponde al periodo de tiempo donde los equipos de climatización se utilizan para refrigerar el recinto, que coinciden con la época del año más calurosa.

Este intervalo de tiempo estará compuesto por los meses de junio, julio, agosto y septiembre.

#### 3.2.4.1. Estimación del consumo energético durante refrigeración

Hay que tener en cuenta que en el caso de Castellón, la carga térmica de refrigeración en general será mayor que la de calefacción, ya que se trata de un clima cálido. Por esta razón, los aparatos de climatización consumen más energía en este periodo de tiempo, ya que tienen que combatir más carga térmica.

Los días de uso de la refrigeración son:

Total días	Lunes a Viernes	Sábados
103	85	18

Tabla 15. Días del periodo de refrigeración

La estimación del consumo se calcula con las fórmulas empleadas en las anteriores estimaciones, y representa en la siguiente tabla:

Equipos		Potencia por aparato (W)	Cantidad	Total Potencia (W)	Horas diarias (L-V)	Horas diarias (S)	Horas uso aire acondicionado	Energía consumida (KWh)
Luminarias 9W		9	11	99	8	4	752	74,45
Luminarias 20W		20	40	800	8	4	752	601,60
Dicroicas de LED		8	26	208	8	4	752	156,42
Televisión	Actividad	150	1	150	8	4	752	112,80
	STDBY	3		3	16	20	1.720	5,16
Ordenador	Actividad	50	5	250	8	4	752	188
	STDBY	3		15	16	20	1.720	25,80
Impresoras		100	2	200	0,25	0,05	22,15	4,43
Autoclave		2.300	1	2.300	3	1	273	627,90
Aparatos junto autoclave		450	2	900	2	0,5	179	161,10
Sillas en gabinete		283	3	849	2	0,5	179	151,97
Nevera		180	1	180	12	12	1.236	222,48
Compresor		1.770	1	1.770	3	1	273	483,21
Aspiración		1.100	2	2.200	3	1	273	600,60
Descalcificador		30	1	30	8	4	752	22,56
Servidores informática		230	1	230	24	24	2.472	568,56
Extracción del local		350	1	350	2	0,5	179	62,65
Aportación aire local		350	1	350	2	0,5	179	62,65
Climatización local		4.520	2	9.040	4	2	376	3.399,04
Climatización SPLIT		1.100	2	2.200	4	2	376	827,20
Luminarias		100	16	1.600	8	4	752	1.203,20
Monitores	Actividad	20	8	160	8	4	752	120,32
	STDBY	3		24	16	20	1.720	41,28

Tabla 16. Estimación del consumo energético durante el periodo de refrigeración

Sumando los consumos energéticos de los equipos se obtiene la estimación del consumo energético, que es de 9.723,38 KWh, mientras que el consumo real que se produjo fue de 10.010,64 KWh. Con estos dos valores se puede calcular el error cometido entre el consumo real y el estimado, y comprobar si está dentro del rango considerado para verificar que la estimación es correcta.

$$\%Error = \frac{|ConsumoReal - ConsumoEstimado|}{ConsumoReal} * 100$$

$$\%Error = \frac{|10.010,64 - 9.723,38|}{10.010,64} * 100 = 2,87\% < 10\%$$

Se observa que la estimación del consumo de energía es correcta.

### 3.2.4.2. Desglose de energía

La clasificación es la misma que en los anteriores desgloses realizados.

Tipo de consumo	Consumo energético (KWh)	Porcentaje respecto al total
<b>Iluminación</b>	2.035,66	20,94%
<b>Climatización</b>	4.226,24	43,46%
<b>Ventilación</b>	125,30	1,29%
<b>Resto</b>	3.336,17	34,31%

Tabla 17. Desglose energético durante el periodo de refrigeración



Figura 18. Desglose energético durante el periodo de refrigeración

Se observa que el porcentaje de energía consumida en este periodo de refrigeración es mayor que el de calefacción. Seguido de la climatización está el resto, la iluminación y la ventilación.

### 3.2.4.3. Diagrama de Pareto

En esta actividad se desarrollará el diagrama de Pareto del periodo de tiempo correspondiente al uso del aire acondicionado de la clínica.

Como se ha hecho anteriormente, habrá que representar una tabla con los equipos consumidores en orden del que más energía consume al que menos. También se debe calcular el porcentaje de energía respecto al total que consume cada uno, los consumos acumulados y los porcentajes de los consumos acumulados respecto al total, que indicarán los equipos que consumen el 80% de la energía total consumida en la clínica.

Equipos	Energía consumida (KWh)	Porcentaje de consumo por equipo	Consumos acumulados (KWh)	Porcentaje de consumos acumulados
Climatización local	3.399,04	34,96%	3.399,04	34,96%
Luminarias	1.203,20	12,37%	4.602,24	47,33%
Climatización SPLIT	827,20	8,51%	5.429,44	55,84%
Autoclave	627,90	6,46%	6.057,34	62,30%
Luminarias 20W	601,60	6,19%	6.658,94	68,48%
Aspiración	600,60	6,18%	7.259,54	74,66%
Servidores informática	568,56	5,85%	7.828,10	80,51%
Compresor	483,21	4,97%	8.311,31	85,48%
Nevera	222,48	2,29%	8.533,79	87,77%
Ordenador	213,80	2,20%	8.747,59	89,96%
Monitores	161,60	1,66%	8.909,19	91,63%
Aparatos junto autoclave	161,10	1,66%	9.070,29	93,28%
Dicroicas de LED	156,42	1,61%	9.226,71	94,89%
Sillas en gabinete	151,97	1,56%	9.378,68	96,45%
Televisión	117,96	1,21%	9.496,64	97,67%
Luminarias 9W	74,45	0,77%	9.571,09	98,43%
Extracción del local	62,65	0,64%	9.633,74	99,08%
Aportación aire local	62,65	0,64%	9.696,39	99,72%
Descalcificador	22,56	0,23%	9.718,95	99,95%
Impresoras	4,43	0,05%	9.723,38	100%

Tabla 18. Consumo energético por equipo y acumulado durante el periodo de refrigeración

Una vez calculada la tabla, en el diagrama de Pareto se representarán los equipos consumidores y su consumo de energía en el periodo analizado.

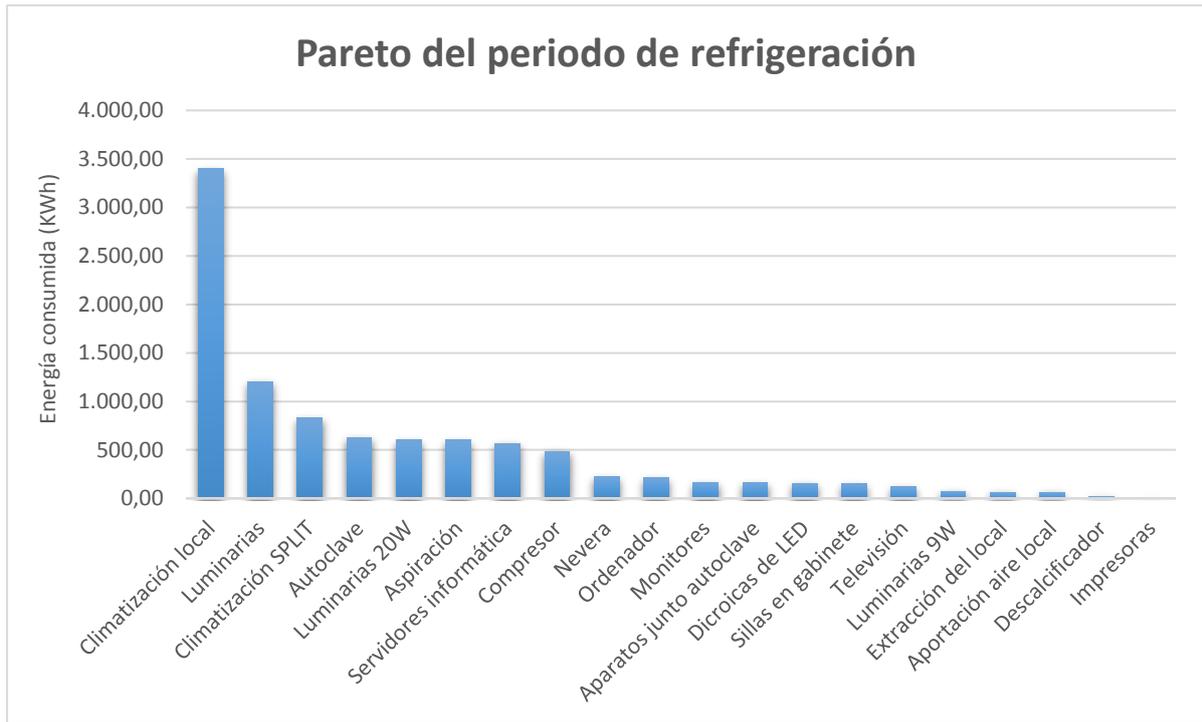


Figura 19. Diagrama de Pareto durante el periodo de refrigeración

Se observa que en el intervalo de tiempo estudiado los equipos que más consumen con diferencia son los dos aparatos que conforman el sistema de climatización local.

Los equipos que consumen en su conjunto el 80% de la energía total de la clínica son las dos máquinas de climatización local, las luminarias incandescentes, los dos aparatos de climatización SPLIT, el aparato de autoclave, las luminarias de 20W, la aspiración y los servidores de informática.

#### 3.2.4.4. Análisis de energía y pacientes en el tiempo

Con los datos del anexo 1 y 2, donde se muestran los consumos y pacientes durante todos los días del año 2017, se escogen los datos del intervalo de tiempo correspondiente con el uso de refrigeración (1/6/2017 – 30/9/2017), y se representan en función de los días correspondientes a cada uno. En este análisis se omitirán los domingos y los días festivos.

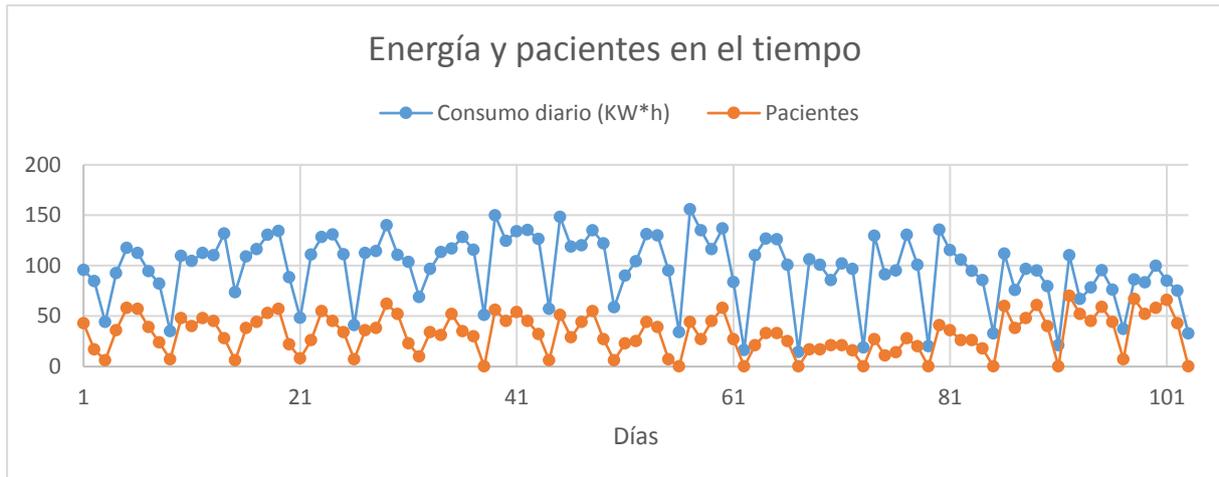


Figura 20. Evolución del consumo energético y los pacientes durante el periodo de refrigeración

Analizando el gráfico se observa que junio y julio sigue una evolución parecida, pero al llegar al mes de agosto la cantidad de pacientes disminuye considerablemente. Esto se debe a que en agosto la gente en general suele irse de vacaciones, y esto coincide con que haya menos pacientes en la clínica este mes. Respecto al mes de septiembre, se puede ver que aumenta bastante con respecto a los anteriores días analizados. La razón es que al ser agosto un mes con pocos pacientes, en septiembre se acumulan los pacientes en la clínica y pasa a ser uno de los meses con mayor cantidad de pacientes del año.

#### 3.2.4.5. Análisis del consumo en función de los pacientes

El análisis realizado en la actividad anterior condicionará el estudio del consumo energético en función de los pacientes.

Al verse que los meses tienen un comportamiento dispar en cuanto a la evolución de los pacientes y el consumo, con el fin de conseguir la mayor relación entre los dos parámetros a utilizar, se ha decidido dividir el estudio en tres periodos temporales distintos. Se estudiarán primero los meses de junio y julio hasta el 12 de agosto, después del 13 de agosto al 9 de septiembre, y por último del 10 de septiembre al 31 de agosto.

Se estudiarán primero los meses de junio y julio hasta el 12 de agosto, ya que a partir de este día los pacientes disminuyen considerablemente.

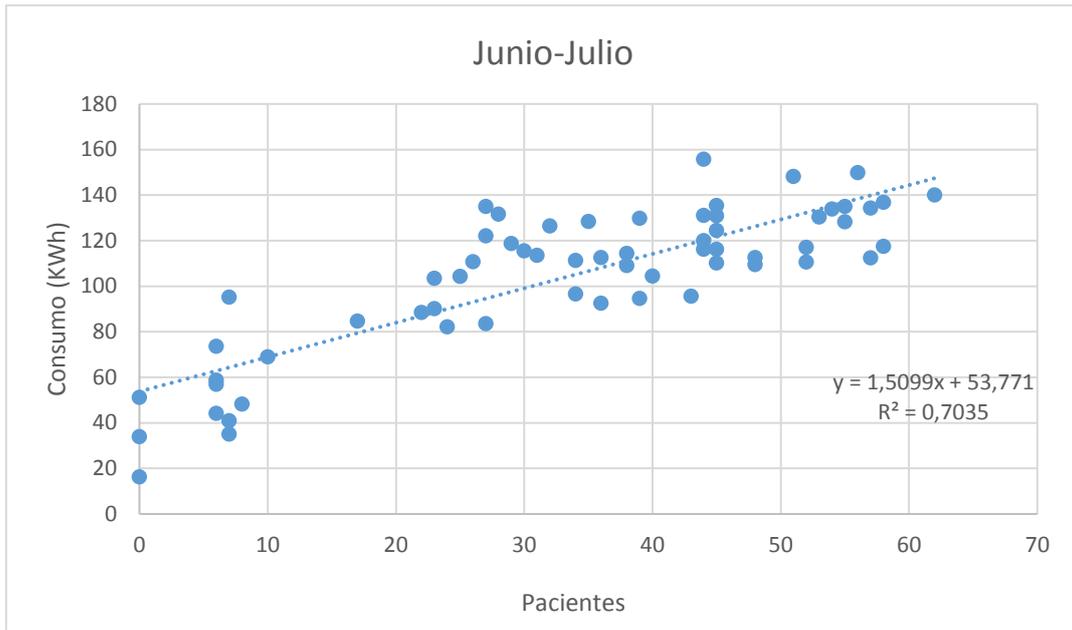


Figura 21. Evolución del consumo energético en función de los pacientes durante junio y julio

Ahora se estudia el periodo de tiempo comprendido desde el 13 de agosto al 9 de septiembre. En este intervalo, los pacientes disminuyen con respecto al periodo de tiempo anterior. Esto suele ser debido a que la gente se va de vacaciones por estas fechas y disminuye la evolución de pacientes en la clínica.

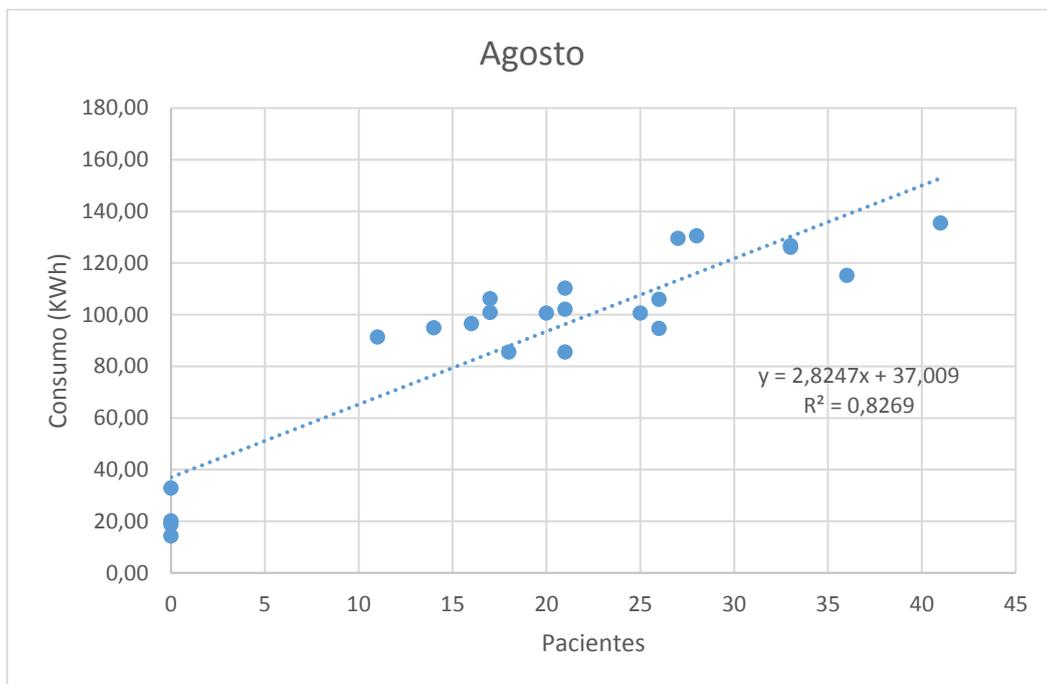


Figura 22. Evolución del consumo energético en función de los pacientes durante agosto

Finalmente el último intervalo de estudio está comprendido desde el día 10 al 30 de septiembre. Durante este tiempo, los pacientes aumentan de forma considerable debido a que se vuelve de vacaciones y se acumulan los pacientes este mes.

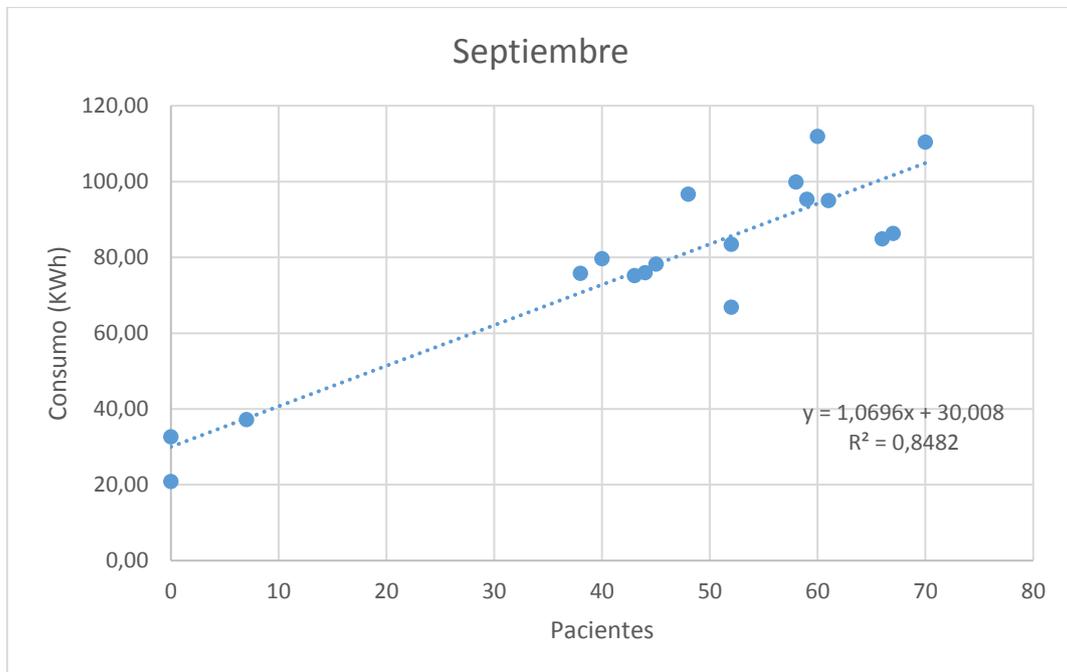


Figura 23. Evolución del consumo energético en función de los pacientes durante septiembre

En los tres casos se puede ver que la correlación obtenida supera la correlación mínima aceptable para validar la relación entre los dos parámetros.

$$\textit{Junio y julio} \rightarrow 0,7035 > 0,6$$

$$\textit{Agosto} \rightarrow 0,8269 > 0,6$$

$$\textit{Septiembre} \rightarrow 0,8482 > 0,6$$

#### 3.2.4.6. Índice de consumo

En este apartado se calculará y estudiará la evolución del índice de consumo en función de los pacientes de la clínica para los meses de junio y julio por una parte, el mes de agosto y el mes de septiembre. Los datos aparecen representados en los anexos 1 y 2 del proyecto.

-Meses de junio y julio:

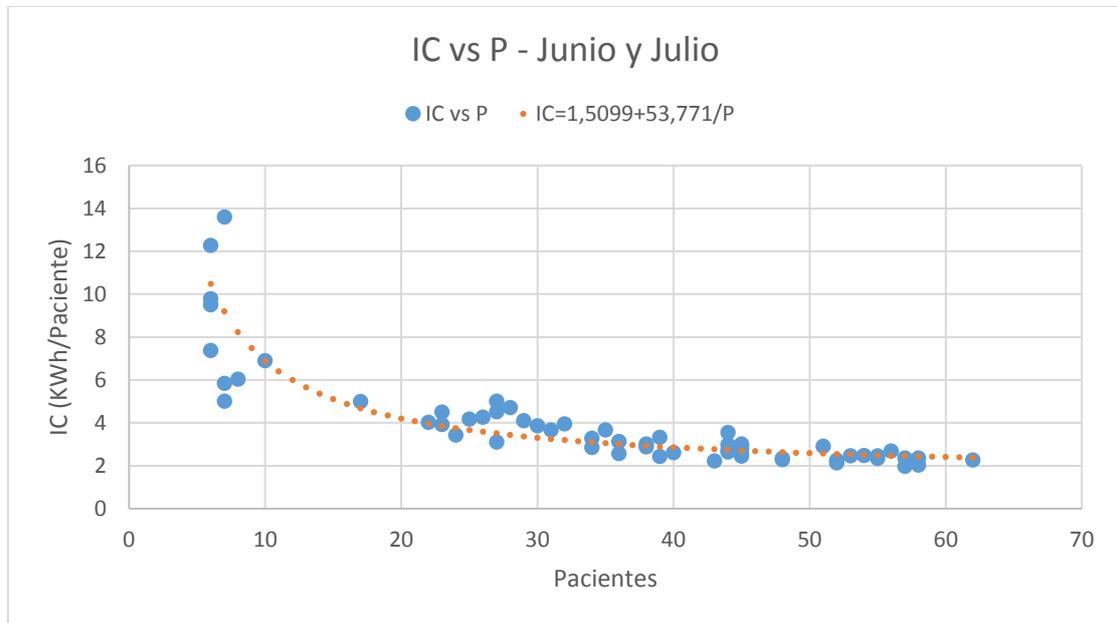


Figura 24. Índice de consumo en función de los pacientes durante los meses de junio y julio

-Mes de agosto:

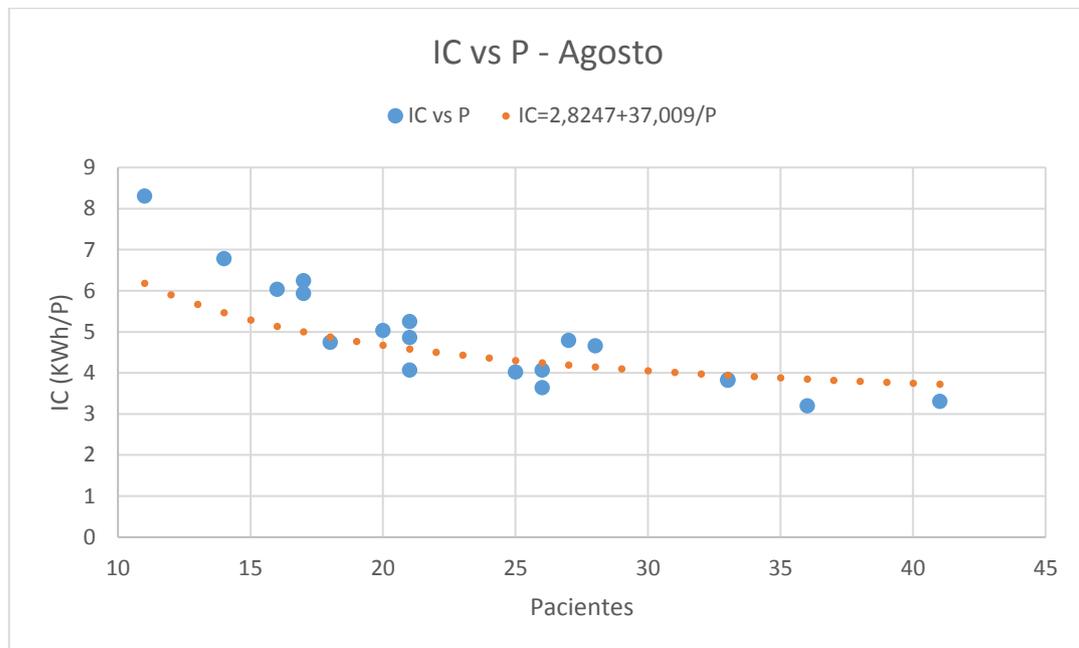


Figura 25. Índice de consumo en función de los pacientes durante el mes de agosto

-Mes de septiembre:

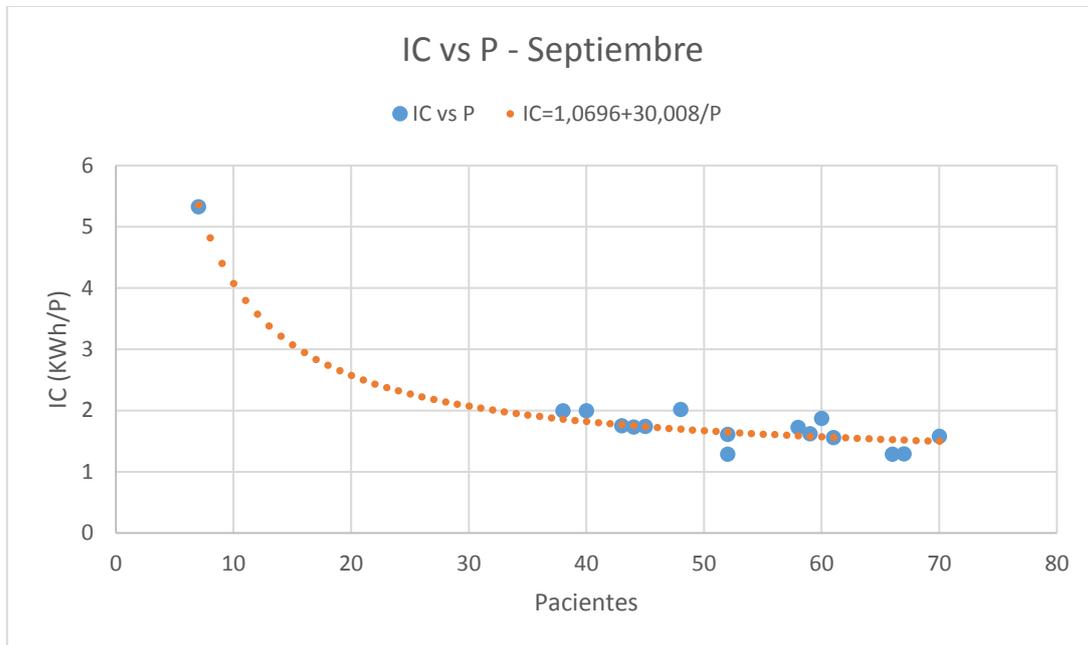


Figura 26. Índice de consumo en función de los pacientes durante el mes de septiembre

Las observaciones extraídas son que los tres estudios realizados coinciden con que la evolución del índice de consumo es descendente a medida que los pacientes en la clínica aumentan.

### 3.2.5. Análisis domingos y festivos

Los domingos y festivos se analizan aparte ya que el número de pacientes es nulo debido a que estos días la clínica está cerrada.

#### 3.2.5.1. Estimación del consumo energético

Hay que tener en cuenta que aparte del consumo que se producirá estos días debido a los aparatos consumidores que no se apagan, también existirá consumo debido a que los domingos se suele aprovechar para realizar labores de limpieza en la clínica.

Debido a la limpieza, los aparatos relacionados con la iluminación se utilizan y a veces climatización, y están en funcionamiento aproximadamente unas 2 horas, que es lo que se suele tardar en realizar la limpieza.

Total Domingos y Festivos	Domingos	Festivos
67	53	14

Tabla 19. Domingos y festivos del año 2017

Los resultados de la estimación del consumo energético los domingos y festivos son los siguientes:

Equipos	Potencia por aparato (W)	Cantidad	Total Potencia (W)	Horas diarias	Horas domingos y festivos	Energía consumida (KWh)
Luminarias 9W	9	11	99	2	106	10,49
Luminarias 20W	20	40	800	2	106	84,8
Dicroicas de LED	8	26	208	2	106	22,05
Televisión	Actividad	1	150	0	0	0
	STDBY		3	24	1.608	4,82
Ordenador	Actividad	5	250	0	0	0
	STDBY		3	24	1.608	24,12
Impresoras	100	2	200	0	0	0
Autoclave	2.300	1	2.300	0	0	0
Aparatos junto autoclave	450	2	900	0	0	0
Sillas en gabinete	283	3	849	0	0	0
Nevera	180	1	180	12	804	144,72
Compresor	1.770	1	1.770	0	0	0
Aspiración	1.100	2	2.200	0	0	0
Descalcificador	30	1	30	0	0	0
Servidores informática	230	1	230	24	1.608	369,84
Extracción del local	350	1	350	0	0	0
Aportación aire local	350	1	350	0	0	0
Luminarias	100	16	1.600	1	53	84,80
Monitores	Actividad	8	800	0	0	0
	STDBY		3	24	1.608	38,59
Climatización local	Invierno	2	8.260	1,5	24	198,24
	Verano		9.040	1,5	25,50	230,52
Climatización SPLIT	Invierno	2	2.200	1	16	35,20
	Verano		1.100	1	17	37,40

Tabla 20. Estimación del consumo energético de los domingos y festivos

Sumando los consumos obtenidos, se calcula el total del consumo estimado, que es de 1.285,60 KWh, siendo el consumo real obtenido en la clínica durante domingos y festivos de 1.409,67 KWh.

Como se ha realizado en las otras estimaciones, se debe calcular el error entre consumo estimado y real cometido.

$$\%Error = \frac{|ConsumoReal - ConsumoEstimado|}{ConsumoReal} * 100$$

$$\%Error = \frac{|1.409,67 - 1.285,60|}{1.409,67} * 100 = 8,80\% < 10\%$$

El error es menor del 10%, por lo que la estimación se considera válida.

### 3.2.5.2. Desglose energético

En este desglose energético solo intervendrán los equipos de iluminación y la nevera y los servidores, que se incluyen en la opción de “resto”, además de los equipos de climatización.

Tipo de consumo	Consumo energético (KWh)	Porcentaje respecto al total
Iluminación	202,14	15,72%
Climatización	501	39,00%
Ventilación	0	0%
Resto	582,10	45,28%

Tabla 21. Desglose energético de los domingos y festivos



Figura 27. Desglose energético de los domingos y festivos

En este caso, los equipos de resto son los que más energía consumen, seguidos de los de climatización e iluminación.

### 3.2.5.3. Diagrama de Pareto

A continuación se procede a desarrollar el diagrama de Pareto correspondiente a la utilización de los equipos consumidores los domingos y festivos.

Primero se calcula la tabla ordenada de los equipos que más energía consumen a los que menos, representando también el porcentaje de consumo respecto al total consumido, los consumos acumulados y los porcentajes de consumo acumulado. La energía consumida total para domingos y festivos se ha estimado que es de 1.285,60 KWh.

Equipos	Energía consumida (KWh)	Porcentaje de consumo por equipo	Consumos acumulados (KWh)	Porcentaje de consumos acumulados
Climatización local	428,76	33,35%	428,76	33,35%
Servidores informática	369,84	28,77%	798,60	62,12%
Nevera	144,72	11,26%	943,32	73,38%
Luminarias 20W	84,80	6,60%	1.028,12	79,97%
Luminarias	84,80	6,60%	1.112,92	86,57%
Climatización SPLIT	72,60	5,65%	1.185,52	92,22%
Monitores	38,59	3,00%	1.224,11	95,22%
Ordenador	24,12	1,88%	1.248,23	97,09%
Dicroicas de LED	22,05	1,71%	1.270,28	98,81%
Luminarias 9W	10,49	0,82%	1.280,77	99,62%
Televisión	4,82	0,38%	1.285,60	100%
Impresoras	0	0%	1.285,60	100%
Autoclave	0	0%	1.285,60	100%
Aparatos junto autoclave	0	0%	1.285,60	100%
Sillas en gabinete	0	0%	1.285,60	100%
Compresor	0	0%	1.285,60	100%
Aspiración	0	0%	1.285,60	100%
Descalcificador	0	0%	1.285,60	100%
Extracción del local	0	0%	1.285,60	100%
Aportación aire local	0	0%	1.285,60	100%

Tabla 22. Consumo energético por equipo y acumulado de los domingos y festivos

En el diagrama de Pareto se representarán los equipos consumidores y su consumo de energía.

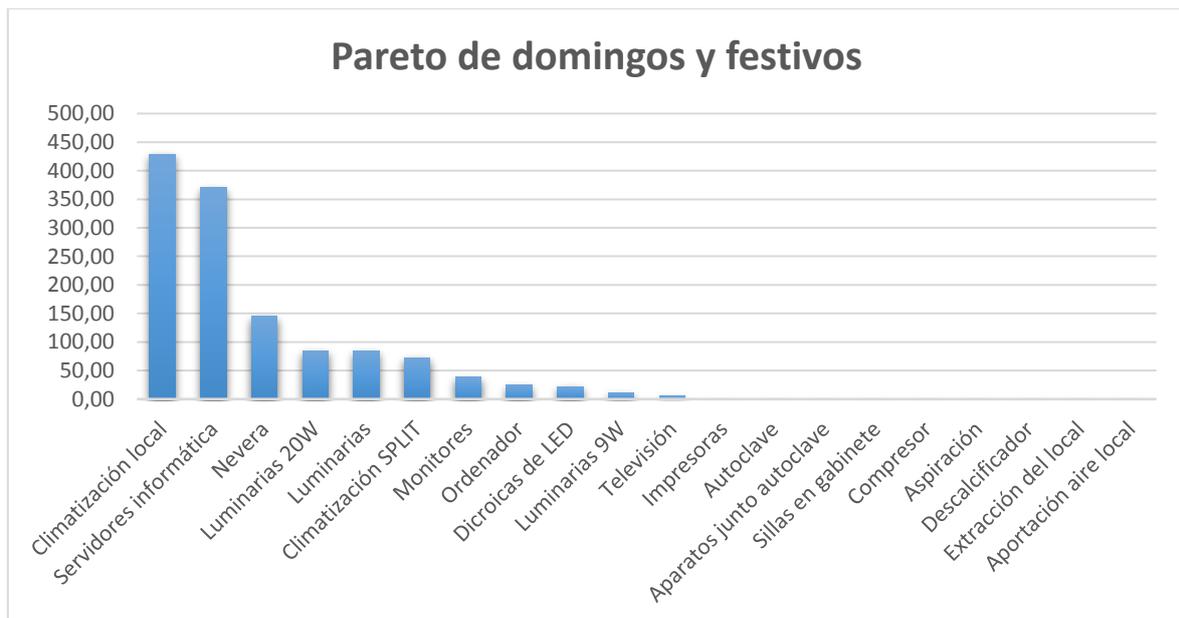


Figura 28. Diagrama de Pareto de los domingos y festivos

En este caso, los equipos que consumen el 80% de la energía del local son los dos aparatos del sistema de climatización local, los servidores de informática, la nevera y las luminarias de 20W o las incandescentes, ya que consumen prácticamente lo mismo.

#### 3.2.5.4. Análisis del consumo en función del tiempo

En este análisis, se va a descartar la evolución de los pacientes en el tiempo, ya que la clínica está cerrada y durante estos días no hay clientes en el negocio, por lo que solo se analizará la evolución del consumo energético durante los domingos y festivos que se produjeron en el año 2017.

En el anexo 1 se encuentran los datos de consumo durante todos los días de 2017. Para esta actividad solo se necesitan los días que fueron domingos y los días festivos, y representar su consumo en un gráfico. En el eje "x" se representan los días (empezando día 1, 2, ..., 67), y en el eje "y" los consumos de cada día representado.

En este caso, el valor que representa importancia será la media aritmética de los consumos energéticos de los días estudiados. El reto de las próximas medidas de ahorro será reducir este valor, pero esto se explicará más adelante. La media también se representará en el gráfico.



Figura 29. Consumo energético en función del tiempo los domingos y festivos

El valor de la media aritmética de los consumos energéticos de estos días es:

$$\text{Media diaria} = 21,04 \text{ KW} * h$$

## 4. FIJACIÓN DE METAS DE AHORRO ENERGÉTICO

En este apartado se propone conseguir un ahorro en el consumo energético del recinto. Para poder cuantificar un ahorro energético se propone la siguiente técnica, basada en métodos estadísticos, donde la meta de consumo se obtiene de los días donde se ha trabajado de forma más eficiente energéticamente. Los resultados de esta técnica se consideran realistas porque son consumos que se han obtenido realmente en la clínica. Es necesario explicar que esta técnica sirve como un cálculo de estimación, que luego se deberá comprobar que se ha conseguido aplicando una serie de medidas de ahorro. A continuación se explica el método de realización de la misma.

Al trazar la línea de tendencia por el método de los mínimos cuadrados en los gráficos de energía en función de los pacientes, quedan puntos por encima y por debajo de la misma. Los que están por encima son aquellos que han presentado consumos superiores a la media y los de debajo, consumos inferiores, para un mismo nivel de producción. La Meta lograble se obtiene ajustando a otra regresión lineal, por el método de los mínimos cuadrados, con solo los puntos que se encuentran debajo de la primera línea de ajuste.

Con la meta de consumo ya definida, el ahorro energético se calcula restando el consumo energético producido en la clínica en ese periodo de tiempo, con el consumo energético que resultaría alcanzando la meta lograble para ese mismo periodo de tiempo.

Para que la estimación del ahorro sea más real, el procedimiento a seguir será realizar esta actividad para los periodos que se han analizado anteriormente (Periodo sin climatizar, uso de calefacción, uso de refrigeración y domingos y festivos) y obtener todos sus nuevos ahorros. No se analizará el año entero ya que habrá días donde el consumo no pueda ser inferior a la media debido a que los aparatos de climatización estén funcionando.

El primer periodo a analizar será el correspondiente al tiempo donde no hace falta climatizar la clínica dental. Como ya se ha explicado, se cogerán los días donde el consumo es inferior a la media y se trazará una nueva línea en función de estos días.

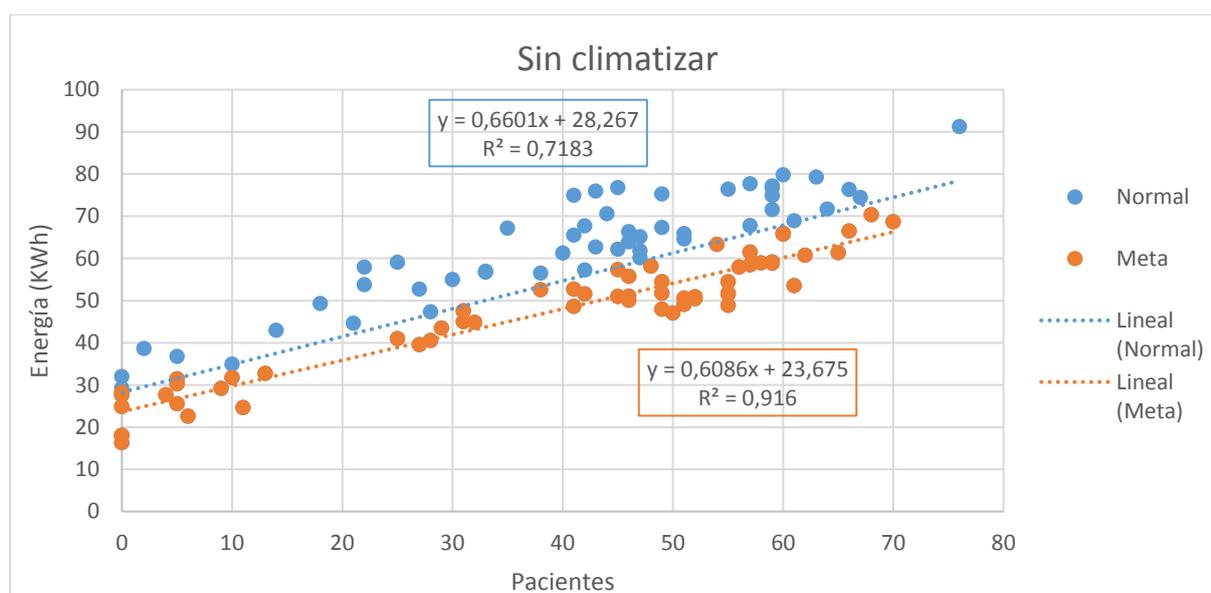


Figura 30. Consumos energéticos y meta de consumo por paciente durante el periodo sin climatizar

El nuevo consumo se calcula poniendo en la ecuación de la recta obtenida los pacientes de todos los días de este periodo de tiempo, y después se suman.

Esto se restará con el consumo obtenido realmente en la clínica, y se obtendrá el ahorro energético.

$$\text{Ahorro energético} = \text{Consumo real} - \text{Consumo de meta}$$

$$\text{Ahorro (\%)} = \frac{\text{Ahorro energético}}{\text{Consumo real}} * 100$$

<b>Consumo real (KWh)</b>	5.966,28
<b>Consumo de meta (KWh)</b>	5.238,27
<b>Ahorro energético (KWh)</b>	728,01
<b>Ahorro (%)</b>	12,20

Tabla 23. Resultados meta de consumo energético durante el periodo sin climatizar

Ahora se estudiará el periodo de tiempo correspondiente con el uso de calefacción. La meta obtenida en este caso será la siguiente:

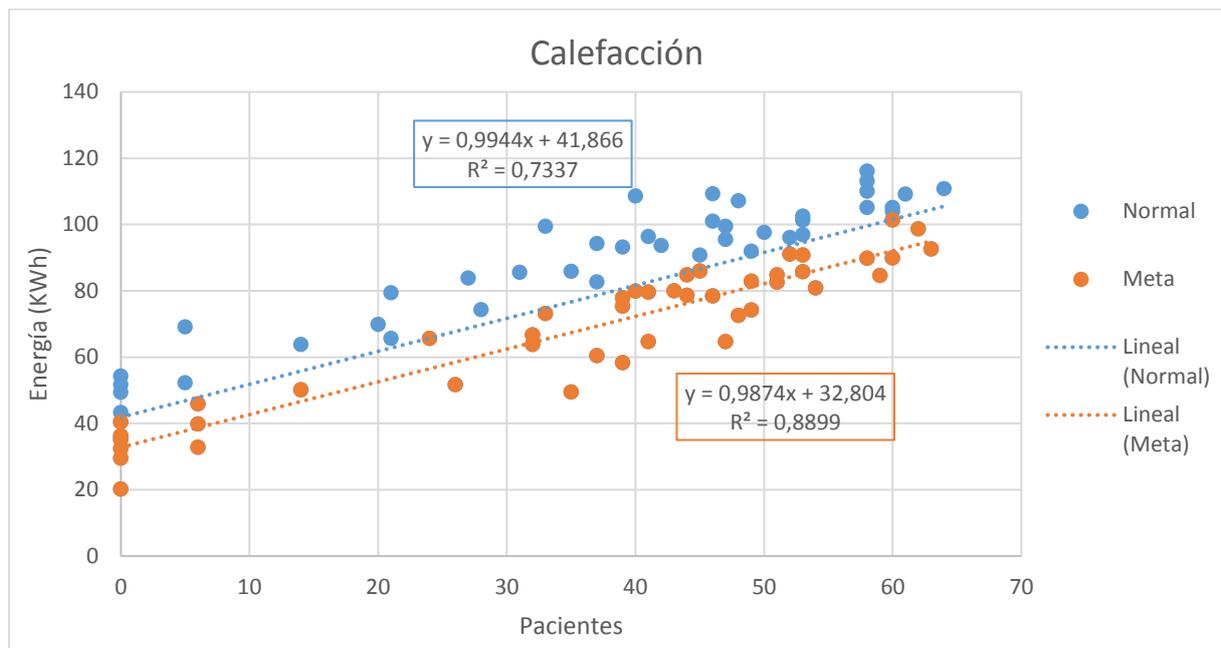


Figura 31. Consumos energéticos y meta de consumo por paciente durante el periodo de calefacción

Con la nueva ecuación de la recta se puede calcular la meta de consumo, y también obtener el ahorro energético y porcentual conseguido respecto del consumo producido realmente en la clínica.

<b>Consumo real (KWh)</b>	6.664,12
<b>Consumo de meta (KWh)</b>	5.871,99
<b>Ahorro energético (KWh)</b>	792,13
<b>Ahorro (%)</b>	11,89

Tabla 24. Resultados meta de consumo energético durante el periodo de calefacción

El siguiente paso será estimar el nuevo consumo energético para el tiempo donde es necesario refrigerar la clínica dental. Para realizar correctamente la actividad, se ha decidido estudiar por separado este periodo de tiempo, dividiéndolo en tres intervalos: junio y julio, agosto y septiembre. El motivo de esta separación es que los meses de agosto y septiembre tienen un comportamiento distinto, ya que en agosto las personas suelen cogerse vacaciones y los clientes en la clínica disminuyen significativamente, y en septiembre se concentra el número de clientes ya que la gente que vuelve de vacaciones suele posponer sus visitas a este mes.

El gráfico obtenido en junio y julio, obtenida ya la meta lograda será la siguiente.

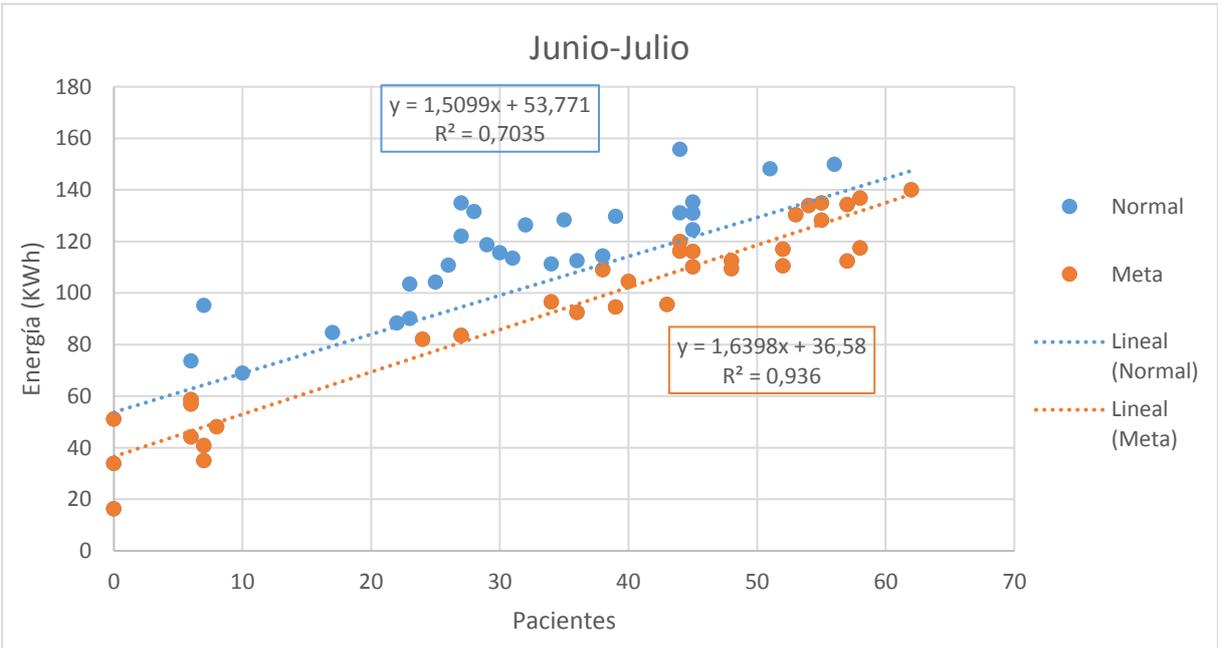


Figura 32. Consumos energéticos y meta de consumo por paciente durante los meses de Junio y Julio

Los resultados obtenidos del consumo que se quiere lograr, el ahorro energético y el ahorro porcentual serán:

<b>Consumo real (KWh)</b>	6.478,92
<b>Consumo de meta (KWh)</b>	5.683,66
<b>Ahorro energético (KWh)</b>	795,26
<b>Ahorro (%)</b>	12,27

Tabla 25. Resultados meta de consumo energético durante los meses de junio y julio

Ahora se procede a calcular la meta que se obtendría en el mes de agosto.

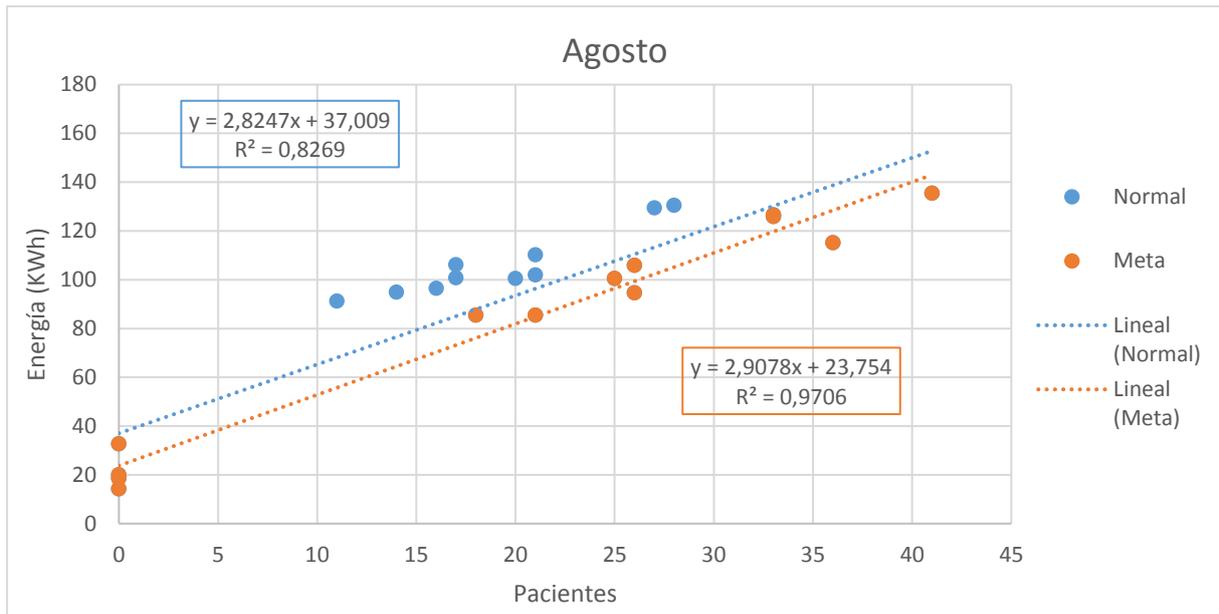


Figura 33. Consumos energéticos y meta de consumo por paciente durante el mes de agosto

A continuación se muestran los consumos y ahorros obtenidos aplicando esta meta.

<b>Consumo real (KWh)</b>	2.125,15
<b>Consumo de meta (KWh)</b>	1.857,76
<b>Ahorro energético (KWh)</b>	267,39
<b>Ahorro (%)</b>	12,58

Tabla 26. Resultados meta de consumo energético durante el mes de agosto

El último mes que queda por analizar del periodo de refrigeración es el de septiembre.

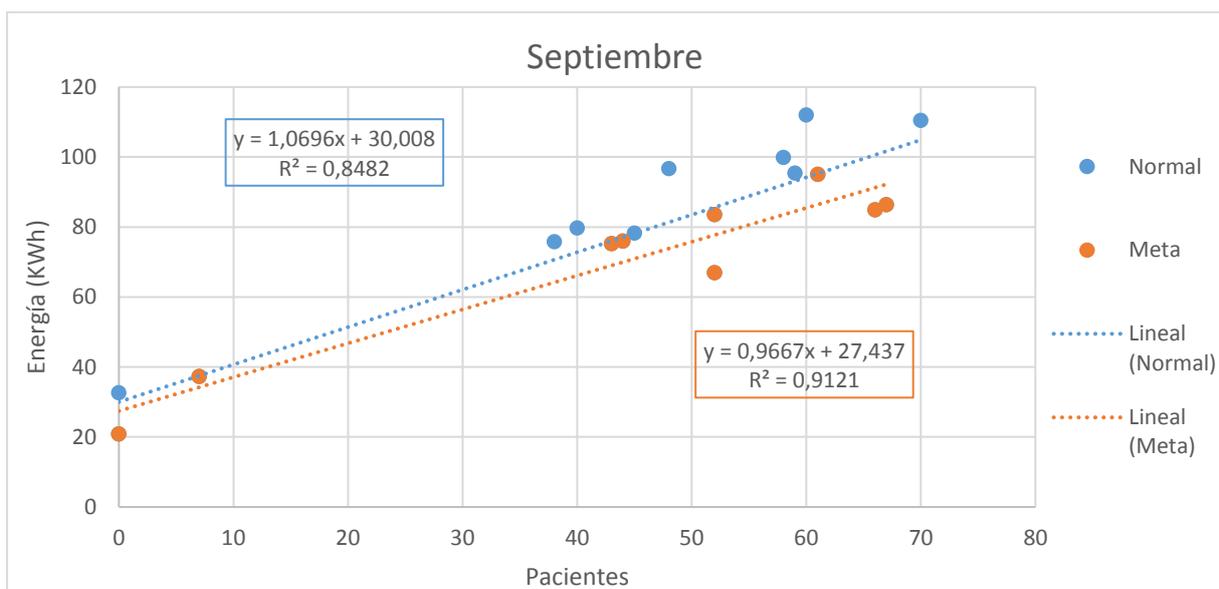


Figura 34. Consumos energéticos y meta de consumo por paciente durante el mes de septiembre

Los resultados son los siguientes:

<b>Consumo real (KWh)</b>	1.406,52
<b>Consumo de meta (KWh)</b>	1.276,89
<b>Ahorro energético (KWh)</b>	129,63
<b>Ahorro (%)</b>	9,22

Tabla 27. Resultados meta de consumo energético durante el mes de septiembre

Finalmente queda por analizar los domingos y festivos. Este análisis se realizará de forma distinta ya que en la clínica no habrá pacientes estos días.

Lo que se va a hacer es coger todos los días donde el consumo sea inferior al consumo medio de todos los domingos y festivos. La meta lograble se obtiene realizando la media aritmética de los consumos de estos días, cuyo consumo es menor al consumo medio total.

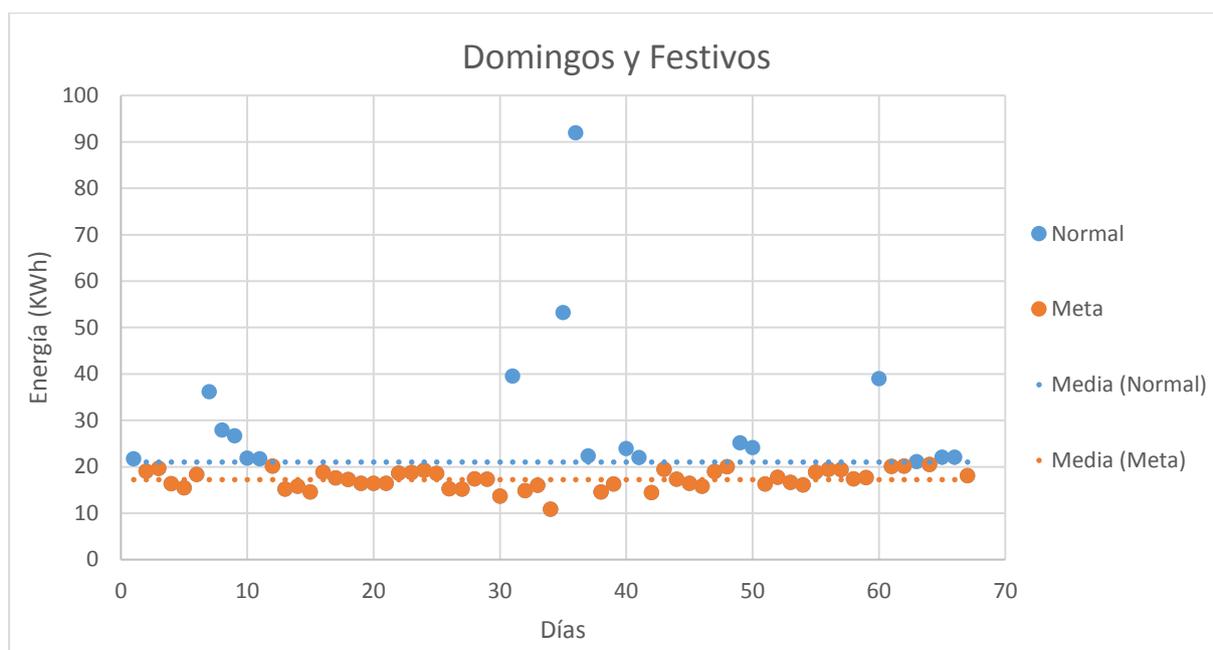


Figura 35. Consumos energéticos y meta de consumo los domingos y festivos

Las fórmulas para calcular el ahorro energético y porcentual serán:

$$\text{Ahorro energético} = (\text{Media real} - \text{Media de meta}) * n^{\circ} \text{ de días}$$

$$\text{Ahorro (\%)} = \frac{\text{Ahorro energético}}{\text{Media real} * n^{\circ} \text{ de días}} * 100$$

Aplicando las ecuaciones se obtendrán los resultados buscados.

<b>Media real (KWh)</b>	1.409,67
<b>Media de meta (KWh)</b>	1.157,41
<b>Ahorro energético (KWh)</b>	252,26
<b>Ahorro (%)</b>	17,89

Tabla 28. Resultados meta de consumo energético durante el mes de septiembre

Una vez analizadas las metas de consumo para cada periodo de tiempo, hay que ver cuáles serían estos resultados para el año entero.

$$\text{Consumo anual real} = \Sigma \text{Consumos reales}$$

$$\text{Consumo anual meta} = \Sigma \text{Consumos meta}$$

$$\text{Ahorro energético anual} = \text{Consumo anual real} - \text{Consumo anual meta}$$

$$\text{Ahorro anual}(\%) = \frac{\text{Ahorro energético anual}}{\text{Consumo anual real}} * 100$$

<b>Consumo anual real (KWh)</b>	<b>24.050,98</b>
<b>Consumo anual meta (KWh)</b>	<b>21.085,99</b>
<b>Ahorro energético anual (KWh)</b>	<b>2.965</b>
<b>Ahorro anual (%)</b>	<b>12,33</b>

Tabla 29. Resultados meta de consumo energético durante el año 2017

Para cuantificar el ahorro económico producido por dicho ahorro energético, debido a la dificultad de saber la cantidad de energía que se ahorra por periodo de tarificación, se supone que se ahorra energía por igual en los tres periodos. Los precios de la energía del contrato eléctrico vigente son 0,115452 €/KWh para el periodo de punta (P1), 0,098996 €/KWh para llano y para valle es 0,071419 €/KWh).

$$\text{Energía P1} = \text{Energía P2} = \text{Energía P3} = \frac{\text{Ahorro energético anual}}{3}$$

$$\text{Ahorro económico} = \text{Energía P1} * \text{CosteP1} + \text{Energía P2} * \text{CosteP2} + \text{Energía P3} * \text{CosteP3}$$

$$\text{Ahorro económico} = \frac{\text{Ahorro energético anual}}{3} * (\text{Coste P1} + \text{Coste P2} + \text{Coste P3})$$

$$\text{Ahorro económico} = \frac{2.965}{3} * (0,115452 + 0,098996 + 0,071419) = 282,53 \text{ €}$$

Finalmente se presenta un resumen con los resultados obtenidos de todos los periodos analizados:

Periodo	Ecuación real	Ecuación meta	Potencial de ahorro de energía (KWh)	Porcentaje del potencial	Ahorro económico (€)
Sin climatizar	$E=0,6601*P+28,267$	$E=0,6086*P+23,675$	728,01	12,20%	69,37
Calefacción	$E=0,9944*P+41,866$	$E=0,9874*P+32,804$	792,13	11,89%	75,48
Junio - Julio	$E=1,5099*P+53,771$	$E=1,6398*P+36,58$	795,26	12,27%	75,78
Agosto	$E=2,8247*P+37,009$	$E=2,9078*P+23,754$	267,39	12,58%	25,48
Septiembre	$E=1,0696*P+30,008$	$E=0,9667*P+27,437$	129,63	9,22%	12,35
Domingos y festivos	$E=1.409,67$	$E=1.157,41$	252,26	17,89%	24,04
<b>Total</b>			<b>2.965</b>	<b>12,33%</b>	<b>282,53</b>

Tabla 30. Resumen fijación de metas de consumo

En el siguiente apartado se especificará un plan de medidas sin inversión económica, que se aplicará de forma inmediata y con el que se pretende obtener la meta de consumo fijada. También se realizará un plan de medidas con inversión y un análisis económico de estas medidas.

## 5. MEDIDAS DE AHORRO

En este apartado se propondrán una serie de medidas de ahorro, que a la vez de suponer un beneficio económico para la empresa, también pueden aumentar la eficiencia energética del negocio. Dentro de las medidas a analizar se diferenciarán entre las medidas que precisan de un desembolso inicial para llevarlas a cabo y las que no necesitan ninguna inversión.

Las medidas que no precisan de ningún desembolso inicial para implementarlas se centran principalmente en cambios en el modo de funcionamiento de la empresa. En el caso de que sean positivas para la empresa, se aplicarán inmediatamente, debido a que el beneficio obtenido es inmediato y se podrá utilizar para apoyar la inversión de las demás medidas, en caso de que la empresa lo considere oportuno.

Las medidas que necesitan una inversión inicial se decidirá si implementarlas o no en función de su rentabilidad, ya que pueden darse casos que la inversión sea mucho mayor que el ahorro energético y el tiempo de amortización de dicha inversión sea muy elevado, por lo que los beneficios económicos se obtendrían muy a largo plazo.

El estudio de las medidas será independiente unas de otras, es decir, que el análisis de una medida no se verá influido por la aplicación de ninguna otra.

A continuación se enunciarán las medidas de ahorro que se cree que pueden ser beneficiosas una vez realizado el análisis de consumos de la clínica dental y se diferenciarán entre medidas sin inversión y medidas con inversión.

### 5.1. Medidas sin inversión

En este apartado se van a establecer una serie de medidas de ahorro que no precisan de una inversión inicial para implementarse. Cabe decir que dichas actividades están consensuadas con la empresa de forma que no afecte al desarrollo del trabajo en la misma. Debido a la complejidad de cuantificar el ahorro de algunas de estas medidas, únicamente se han decidido desarrollar las medidas que más impacto de ahorro conllevan, las demás simplemente se enuncian y se realiza una breve explicación de las mismas.

Las medidas sin inversión propuestas son las siguientes:

- Reducción del tiempo uso de los aparatos de iluminación: Con esta medida se quiere aprovechar las horas de iluminación natural para reducir el consumo de las luminarias ubicadas en zonas iluminadas naturalmente.
- Desenchufar los aparatos que no vayan a ser utilizados en un periodo de tiempo.
- Modificar la temperatura de consigna del frigorífico.
- Observación del estado de los equipos: Preparar a los empleados para que cuando adviertan alguna irregularidad notificar a la dirección de la empresa.
- Propuesta de cambio de ubicación del termostato de la climatización local.

-Mantener puertas y ventanas cerradas los días de calor o frío para reducir la entrada de carga térmica a contrarrestar por los equipos de climatización.

-Modificación de la temperatura de consigna de los aparatos de climatización local: es una de las medidas que más ahorro conlleva de las anteriores.

-Agrupación de pacientes: Se propone agrupar los pacientes de los sábados en otros días de la semana y comprobar que se reduce el consumo de energía total.

-Optimización del contrato de suministro eléctrico actual de la empresa: Esta medida no es de ahorro energía, solo proporciona ahorro económico.

Las tres últimas medidas de ahorro mencionadas son las que más potencial de ahorro suponen, por lo que se analizarán detalladamente.

#### *5.1.1. Modificación de la temperatura de consigna de los aparatos de climatización local*

Una de las medidas frecuentemente más utilizadas y sencillas es bajar o subir las temperaturas de los termostatos de las máquinas de climatización en periodos de calefacción y refrigeración respectivamente, de forma que siempre se cumpla con la normativa vigente.

Según el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE), la temperatura del aire en los recintos habitables acondicionados (locales administrativos, comerciales y de pública concurrencia) se limitará a los siguientes valores:

·La temperatura del aire en los recintos calefactados no será superior a 21 °C.

·La temperatura del aire en los recintos refrigerados no será inferior a 26 °C.

Esta normativa no influye directamente en los negocios privados, pero sí que sirve como referencia para establecer un máximo o mínimo a la hora de fijar una temperatura del recinto.

Actualmente la temperatura programada en el termostato de los aparatos de climatización local es de 21°C en calefacción y en refrigeración.

En la época de uso del aire acondicionado se propone subir la temperatura programada del termostato a 26°C y valorar el ahorro energético que supondría.

Para determinar el ahorro energético se ha realizado un análisis utilizando dos días distintos (el 18 y 21 de junio) con un número de pacientes y unas condiciones climatológicas similares (temperatura exterior de 25°C), y se ha comparado el consumo de energía obtenido durante los mismos utilizando en el primero una temperatura de consigna de 21°C, que es la temperatura de consigna habitual, y en el segundo una de 26°C. Los pacientes que hubo en la clínica fueron de 44 en ambos días. Los consumos energéticos obtenidos son los siguientes:

·Consumo energético del 18 de Junio de 2018 (21°C) = 121,08 KWh

·Consumo energético del 21 de Junio de 2018 (26°C) = 105,22 KWh

El ahorro energético y su porcentaje de ahorro respecto al consumo obtenido sin implementar la medida se calculan mediante estas fórmulas:

$Ahorro\ energético = Consumo\ energético\ sin\ medida + Consumo\ energético\ con\ medida$

$$Ahorro\ energético = 121,08 - 105,22 = 15,86\ KW * h$$

$$Ahorro\ energético\ porcentual = \frac{Ahorro\ energético}{Consumo\ energético\ sin\ medida} * 100$$

$$Ahorro\ energético\ porcentual = \frac{15,86}{121,08} * 100 = 13,10\ %$$

Para comprobar que la medida cumple con la meta de consumo energético fijada, se representa el consumo energético (105,22KWh) del 21 de Junio y sus pacientes (44 pacientes) en el gráfico de energía vs pacientes del periodo de Junio y Julio, y se comprueba que el punto esté debajo de la línea de tendencia estándar y cercano a la línea de tendencia de meta. También se representa el 18 de junio, donde la temperatura de consigna no se modificó.

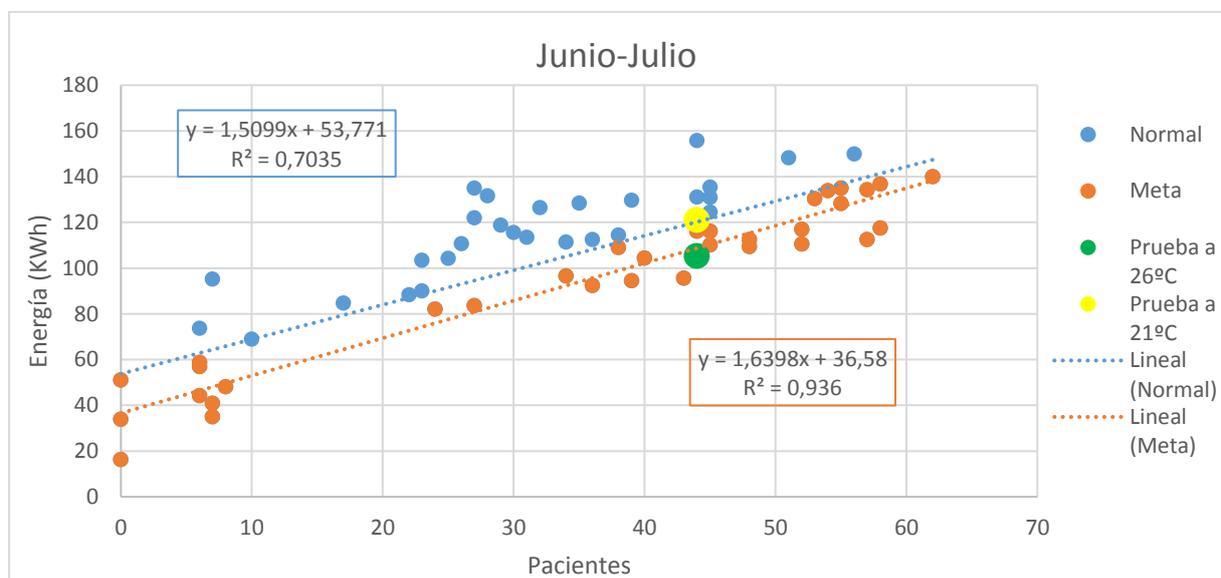


Figura 36. Comprobación de cumplimiento de las metas de consumo

Se observa que el día donde se ha realizado la medida (punto verde del gráfico), al estar el punto muy cercano a la línea de meta, se puede afirmar que mediante esta medida se cumple la meta de consumo.

Debido a las restricciones de tiempo no se ha podido realizar una prueba más amplia, pero se ha podido determinar el potencial de ahorro energético. Como las condiciones de aislamiento del recinto no van a cambiar y la temperatura media en el exterior era de 25°C el día 21 de junio y se aproxima a la temperatura media de verano (24,7°C), se estima que el ahorro energético porcentual variará en un rango del 12 al 14 %.

Todo ahorro energético supone un ahorro económico correspondiente. Para calcular este ahorro económico, habrá que estimar el consumo energético de los aparatos de climatización local por periodo de tarificación.

El consumo de energía de dichos aparatos corresponde con el intervalo de tiempo en el que la clínica está abierta (de 10:00 a 14:00 y de 16:00 a 20:00) que a su vez, como se muestra en la figura 1, corresponden con los periodos de punta y llano, sin coincidir con el periodo de valle. Por ello, se supone que el consumo de energía de dichos aparatos es el mismo en el periodo de punta y llano.

El consumo energético de refrigeración del año 2017 de las máquinas de climatización local se ha calculado anteriormente en el inventario de equipos del periodo de refrigeración.

·Consumo energético de refrigeración: 3.629,56 KWh.

·Consumo en el periodo de punta (P1): 1.814,78 KWh.

·Consumo en el periodo de llano (P2): 1.814,78 KWh.

El estudio realizado anteriormente muestra que el ahorro energético obtenido al aumentar la temperatura del recinto de 21°C a 26°C es de un 13,10 %, es decir, que al implementar la medida se obtiene que el consumo energético de los equipos de climatización local se reduce en un 13,10%. Suponiendo que el ahorro energético porcentual es similar, se puede estimar el consumo que se hubiera producido en el periodo de uso del aire acondicionado en 2017.

$$\text{Ahorro energético} = \frac{\text{Ahorro energético porcentual}}{100} * \text{Consumo energético sin medida}$$

$$\text{Ahorro energético} = \frac{13,10}{100} * 3.629,56 = 475,47 \text{ KWh}$$

$$\text{Consumo energético con medida} = \text{Consumo energético sin medida} - \text{Ahorro energético}$$

$$\text{Consumo energético con medida} = 3.629,56 - 475,47 = 3.154,39 \text{ KWh}$$

Una vez estimado el consumo energético con la medida implementada y considerando como anteriormente que las horas de funcionamiento de los aparatos de climatización local son similares en los periodos de tarificación de punta y llano, se puede calcular la energía consumida en estos periodos.

·Consumo energético con la medida: 3.154,39 KWh.

·Consumo en el periodo de punta (P1): 1.577,195 KWh.

·Consumo en el periodo de llano (P2): 1.577,195 KWh.

Los precios de la energía del contrato eléctrico vigente son 0,115452 €/ (KWh) para el periodo de punta (P1) y 0,098996 €/ (KWh) para llano. Con los precios y la energía se pueden calcular los costes energéticos.

$$\text{Coste energético} = \text{Energía P1} * \text{Precio P1} + \text{Energía P2} * \text{Precio P2}$$

$$\text{Coste energético sin medida} = 1.814,78 * 0,115452 + 1.814,78 * 0,098996 = 389,18 \text{ €}$$

$$\text{Coste energético con medida} = 1.577,195 * 0,115452 + 1.577,195 * 0,098996 = 338,23 \text{ €}$$

$$\text{Ahorro económico anual} = \text{Coste energético sin medida} - \text{Coste energético con medida}$$

$$\text{Ahorro económico anual} = 389,18 - 338,23 = 50,95 \text{ €}$$

Cabe añadir que al realizar el estudio se ha hecho una encuesta a trabajadores y algunos clientes del negocio preguntando si el confort térmico es adecuado al subir la temperatura del termostato de 21°C a 26°C. Los resultados que se obtuvieron fueron que el confort era adecuado.

Un apunte a tener en cuenta es que esta medida no requiere de una inversión inicial para ponerla en marcha, por lo que únicamente generará ingresos.

### 5.1.2. Agrupación de pacientes

Al analizar el índice de consumo respecto a los pacientes en los distintos periodos de tiempo estudiados, se podía observar que cuantos menos pacientes había en la clínica, mayor era el índice de consumo obtenido, es decir, el consumo energético requerido para satisfacer la necesidad del paciente (KWh/Paciente) aumentaba.

Ante esta situación, se propone la medida de ahorro energético que consiste en agrupar los pacientes de los días de menos clientes en la clínica con otros días de mediana clientela, con el fin de reducir el índice de consumo de estos días.

Al ser normalmente los sábados los días donde menos pacientes hay en la clínica, se propone agrupar los pacientes de los sábados donde haya pacientes en otros días donde la clientela no sea muy elevada.

La forma de calcular los nuevos índices de consumo de los días agrupados se determina con la curva teórica de índice de consumo para cada periodo analizado.

El primer periodo analizado corresponde con el intervalo de tiempo donde la clínica no se climatiza.

El gráfico de índice de consumo vs pacientes que queda con la medida analizada es el siguiente:

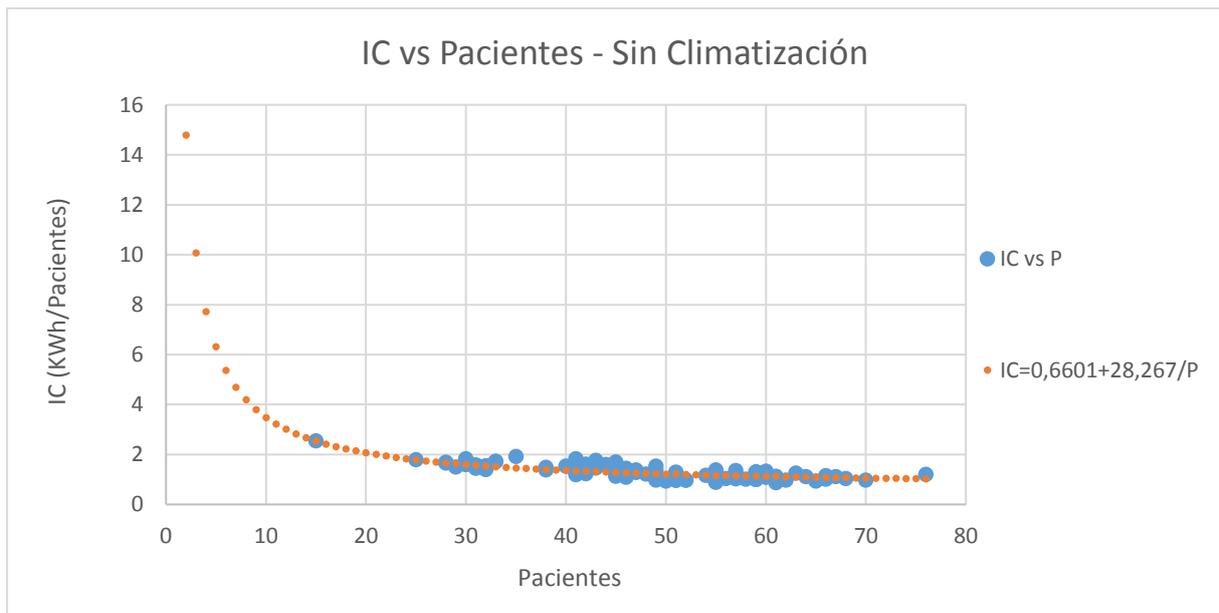


Figura 37. IC vs P del periodo sin climatizar con la agrupación de pacientes realizada

Para calcular el consumo energético obtenido de esta mejora, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Consumo con la medida} = \Sigma(IC * \text{Pacientes}) + n^{\circ}\text{sábados} * \text{Consumo sábados}$$

-n°sábados=18→Sábados de 0 pacientes.

-Consumo sábados=24,33 KWh→ El término consumo sábados es el consumo medio que se produce los sábados donde no hay pacientes pero igualmente se va a trabajar.

Se tiene que el consumo energético de la clínica con la medida implementada es de 5.879,30 KWh, mientras que el que se produjo sin la medida implementada fue de 5.966,36 KWh.

Como el consumo energético representado en esta medida es el consumo producido durante todos los días del periodo analizado a todas horas, para simplificar el cálculo, se considera que el consumo energético es el mismo en los tres periodos de tarificación. Los precios de la energía de cada periodo están definidos en la tabla 2.

Las fórmulas para calcular el ahorro energético y económico son las siguientes:

$$\text{Ahorro energético} = \text{Consumo sin la medida} - \text{Consumo con la medida}$$

$$\text{Ahorro energético (\%)} = \frac{\text{Ahorro energético}}{\text{Consumo real}}$$

$$\text{ConsumoP1} = \text{ConsumoP2} = \text{ConsumoP3} = \frac{\text{Consumo}}{3}$$

$$\text{Coste energía} = \text{ConsumoP1} * \text{PrecioP1} + \text{ConsumoP2} * \text{PrecioP2} + \text{ConsumoP3} * \text{PrecioP3}$$

$$\text{Ahorroeconómico} = \text{Coste energía sin la medida} - \text{Coste energía con la medida}$$

Consumo sin la medida (KWh)	Consumo con la medida (KWh)	Ahorro energético (KWh)	Ahorro energético porcentual	Coste energía sin la medida (€)	Coste energía con medida (€)	Ahorro económico (€)
5.966,36	5.879,30	87,06	1,46%	568,53	560,23	8,30

Tabla 31. Resultados de la agrupación de pacientes durante el periodo sin climatizar

El otro periodo de tiempo a analizar es el correspondiente con la calefacción en la clínica. A continuación se muestra el gráfico de IC vs Pacientes con la agrupación de pacientes realizada.

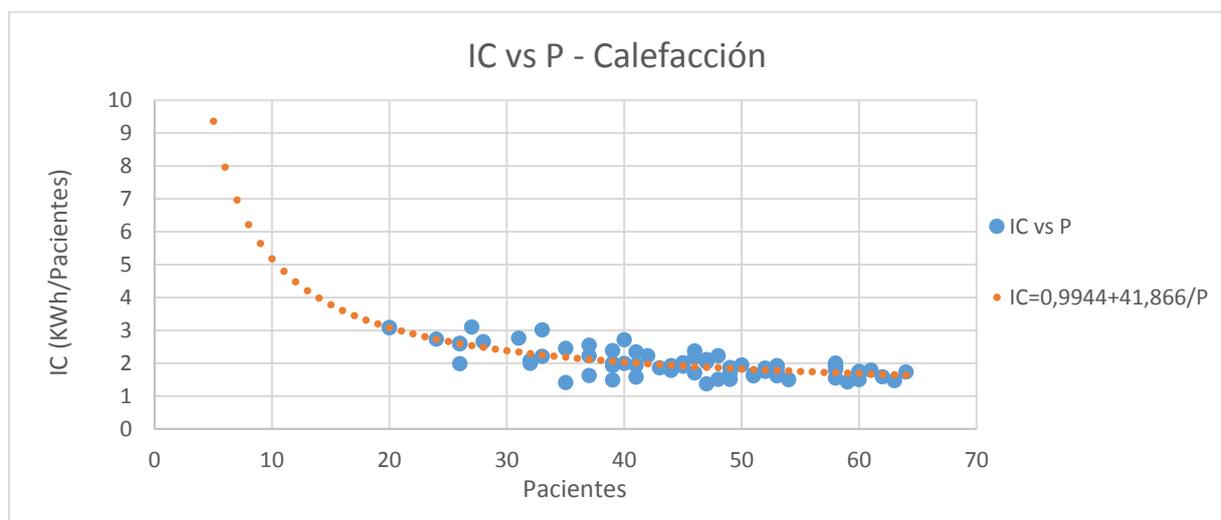


Figura 38. IC vs P del periodo de calefacción con la agrupación de pacientes realizada

La fórmula para calcular el consumo energético que se produciría con la mejora es la siguiente:

$$\text{Consumo con la medida} = \Sigma(\text{IC} * \text{Pacientes}) + n^{\circ}\text{sábados} * \text{Consumo sábados}$$

-n°sábados=15.

-Consumo sábados=39,26 KWh.

Una vez obtenido el consumo que se produciría con la medida, se muestran los resultados.

Consumo sin la medida (KWh)	Consumo con la medida (KWh)	Ahorro energético (KWh)	Ahorro energético porcentual	Coste energía sin la medida (€)	Coste energía con medida (€)	Ahorro económico (€)
6.664,31	6.618,36	45,95	0,69%	635,04	630,66	4,38

Tabla 32. Resultados de la agrupación de pacientes durante el periodo de calefacción

El último periodo que se debe analizar es el correspondiente con la refrigeración de la clínica. En este análisis, únicamente se implementará la medida para los meses de Junio y Julio, ya que en agosto los sábados la clínica no suele tener pacientes y en septiembre, al ser un mes con mucha clientela no se puede agrupar los clientes de los sábados a días entre semana. El gráfico de IC vs P obtenido implementando la agrupación es el siguiente:

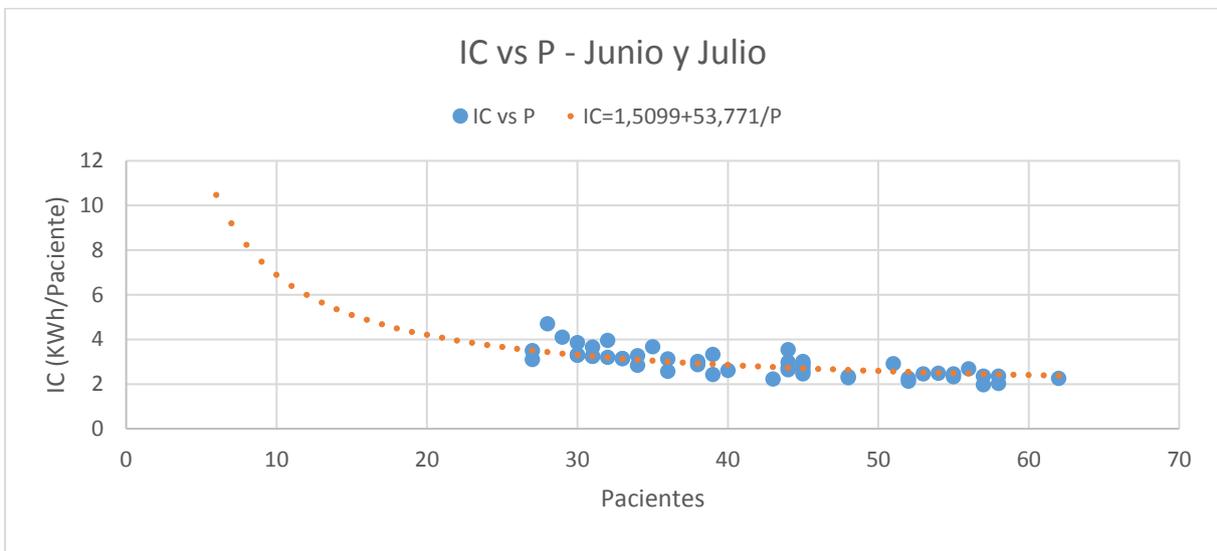


Figura 39. IC vs P del periodo de junio y julio con la agrupación de pacientes realizada

Para calcular el consumo energético obtenido de esta mejora, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Consumo con la medida} = \Sigma(\text{IC} * \text{Pacientes}) + n^{\circ}\text{sábados} * \text{Consumo sábados}$$

-nºsábados=12

-Consumo sábados=33,79 KWh.

Consumo sin la medida (KWh)	Consumo con la medida (KWh)	Ahorro energético (KWh)	Ahorro energético porcentual	Coste energía sin la medida (€)	Coste energía con medida (€)	Ahorro económico (€)
6.478,97	6.242,71	236,27	3,65%	617,37	594,86	22,51

Tabla 33. Resultados de la agrupación de pacientes durante los meses de junio y julio

Sumando los ahorros de los tres periodos se obtienen los resultados anuales de la medida.

Ahorro energético anual (KWh)	Ahorro energético porcentual	Ahorro económico anual (€)
369,28	1,93%	35,19

Tabla 34. Resultados de la agrupación de pacientes durante el año 2017

### 5.1.3. Optimización del contrato de suministro eléctrico actual de la empresa

El objetivo de este apartado es conseguir pagar lo mínimo posible modificando el contrato eléctrico ya existente.

Existen varias opciones para conseguir esto, como puede ser variar la potencia contratada, con el fin de reducir pagos por excesos de potencia o pagar menos por el término de potencia. Otra opción es reducir el término de potencia reactiva, que se puede conseguir instalando un banco de condensadores para reducir la potencia reactiva.

Analizando las facturas del negocio obtenidas durante el año 2017, se determina que la opción que se va a implementar para reducir el coste de la factura eléctrica es reducir la potencia contratada, ya que en estas facturas no se pagan ni excesos de potencia ni término de reactiva. La tarifa eléctrica es una tarifa de tres periodos 3.0A.

A continuación se va a explicar el método utilizado para calcular la potencia contratada óptima para reducir al máximo el pago del conjunto de las facturas eléctricas del año 2017.

El primer paso es calcular las facturas eléctricas en Excel, y comprobar que están bien calculadas comprando los resultados obtenidos con los proporcionados con la factura. Los cálculos de la factura se determinan en el anexo 3.

Una vez calculadas las facturas, se utiliza la herramienta "Solver" para calcular la potencia contratada óptima. Habrá que seleccionar la pestaña de mínimo y referir ese mínimo a la suma del importe de las facturas, es decir, al importe total de todas las facturas del año 2017. Después habrá que seleccionar los datos a cambiar para conseguir ese mínimo, que serán los correspondientes con las potencias contratadas para cada periodo de tarificación. Las potencias contratadas tienen que ser iguales en cada periodo de tarificación durante todo el año, por lo que habrá que poner restricciones para que se cumpla esta condición.

Las potencias contratadas y el importe de las facturas sin modificar y modificados son los siguientes:

·Sin modificar:

	Potencia contratada (KW)			Importe Factura (€)
	P1	P2	P3	
18/12/16-21/01/17	24	24	24	524,98
21/01/17-19/02/17	24	24	24	449,72
19/02/17-19/03/17	24	24	24	358,12
19/03/17-18/04/17	24	24	24	344,70
18/04/17-20/05/17	24	24	24	411,42
21/05/17-18/06/17	24	24	24	195,20
19/06/17-21/07/17	24	24	24	923,09
23/07/17-10/08/17	24	24	24	376,66
11/08/17-21/08/17	24	24	24	168,09
22/08/17-19/09/17	24	24	24	470,91
20/09/17-21/10/17	24	24	24	461,52
22/10/17-15/11/17	24	24	24	322,04
16/11/17-23/12/17	24	24	24	575,28
			<b>TOTAL</b>	<b>5.581,72</b>

Tabla 35. Facturas eléctricas del año 2017 sin modificar la potencia contratada

·Modificados:

	Potencia contratada (KW)			Importe Factura (€)
	P1	P2	P3	
18/12/16-21/01/17	15,276	18,143	2,533	460,00
21/01/17-19/02/17	15,276	18,143	2,533	450,63
19/02/17-19/03/17	15,276	18,143	2,533	297,61
19/03/17-18/04/17	15,276	18,143	2,533	284,24
18/04/17-20/05/17	15,276	18,143	2,533	322,14
21/05/17-18/06/17	15,276	18,143	2,533	116,52
19/06/17-21/07/17	15,276	18,143	2,533	833,56
23/07/17-10/08/17	15,276	18,143	2,533	325,11
11/08/17-21/08/17	15,276	18,143	2,533	138,24
22/08/17-19/09/17	15,276	18,143	2,533	392,23
20/09/17-21/10/17	15,276	18,143	2,533	432,72
22/10/17-15/11/17	15,276	18,143	2,533	266,77
16/11/17-23/12/17	15,276	18,143	2,533	491,69
			<b>TOTAL</b>	<b>4.811,46</b>

Tabla 36. Facturas eléctricas del año 2017 modificando la potencia contratada

Se decide redondear las potencias contratadas al alza, de forma que no se contraten valores con decimales y sea más real. Se redondea al alza para que en circunstancias futuras, si el maxímetro registra una potencia demandada mayor a la contratada, no se paguen excesos. Además el importe final si se redondean hacia abajo las potencias contratadas es mayor que si se redondean al alza.

·La contratación definitiva es la siguiente:

	Potencia contratada (KW)			Importe Factura (€)
	P1	P2	P3	
<b>18/12/16-21/01/17</b>	16	19	3	460,83
<b>21/01/17-19/02/17</b>	16	19	3	439,37
<b>19/02/17-19/03/17</b>	16	19	3	298,06
<b>19/03/17-18/04/17</b>	16	19	3	284,57
<b>18/04/17-20/05/17</b>	16	19	3	328,01
<b>21/05/17-18/06/17</b>	16	19	3	121,90
<b>19/06/17-21/07/17</b>	16	19	3	839,68
<b>23/07/17-10/08/17</b>	16	19	3	328,63
<b>11/08/17-21/08/17</b>	16	19	3	140,28
<b>22/08/17-19/09/17</b>	16	19	3	397,61
<b>20/09/17-21/10/17</b>	16	19	3	423,35
<b>22/10/17-15/11/17</b>	16	19	3	265,33
<b>16/11/17-23/12/17</b>	16	19	3	491,69
			<b>TOTAL</b>	<b>4.819,32</b>

Tabla 37. Facturas eléctricas del año 2017 con las potencias contratadas finales

El ahorro económico anual obtenido es el siguiente:

$$\text{Ahorro económico} = \text{Importe sin modificar} - \text{Importe definitivo}$$

$$\text{Ahorro económico} = 5.581,72 - 4.819,32 = 762,4 \text{ €}$$

## 5.2. Medidas con inversión

Las siguientes medidas propuestas requieren de una inversión inicial para poder implementarse. Se propone un cambio de las luminarias incandescentes a LED y una sustitución del frigorífico actual por uno nuevo.

### 5.2.1. Iluminación LED

El cambio a iluminación LED es una de las medidas de ahorro energético más estandarizadas de los últimos tiempos. Su éxito es debido al desarrollo de la tecnología LED. El ahorro suele ser importante y, si se tienen luminarias de alto consumo, el periodo de retorno de la inversión acostumbra a ser relativamente corto.

Como ya se ha visto en los equipos de iluminación de la clínica, todos son equipos de iluminación LED excepto unas luminarias incandescentes de 100 W. Estas luminarias serán las que se sustituirán por iluminación LED.

Para realizar el cambio, hay que encontrar un tipo de luminaria LED cuyo acoplamiento a la red de la clínica sea similar al utilizado para la anterior luminaria. Esto permitirá que la inversión inicial se reduzca.

El objeto elegido para sustituir la iluminación incandescente es una luminaria LED de superficie SNOKE, 20 W, 60 cm de longitud que emite una luz tipo Blanco frío, cuyo coste es de 8,13 €. Hay que añadir que este tipo de luminaria respeta el estudio lumínico realizado cuando se construyó la clínica, de forma que los luxes son los mismos y la iluminación proporcionada no está por encima ni por debajo de la que se requiere.



*Figura 40. Luminaria LED propuesta para la medida de cambio a iluminación LED*

Los datos de partida que se tienen de ambas luminarias son los siguientes.

Luminarias	Potencia (W)	Cantidad
Incandescentes	100	16
LED	20	16

Tabla 38. Datos de las luminarias incandescentes y LED

Para calcular la energía consumida por las luminarias habrá que estimar las horas de funcionamiento diarias de las mismas. Esta estimación ya se hizo en las actividades correspondientes a la estimación del consumo energético de los equipos, y se concluyó que las luminarias incandescentes se utilizaban 5 horas diarias de lunes a viernes y 2 horas los sábados, domingos y festivos.

El año de referencia es el año 2017, donde las horas de utilización anual de las luminarias incandescentes se han calculado en la estimación del consumo energético anual de los equipos.

$$\text{horas de uso} = 2.229 \text{ horas}$$

Ahora ya se tienen todos los datos necesarios para estimar la energía consumida por ambas luminarias en un año tipo.

$$\text{Energía (KW * h)} = \frac{\text{Potencia(W)} * \text{Cantidad} * \text{horas de uso al año}}{1000}$$

$$\text{Luminarias incandescentes} \rightarrow \text{Energía} = \frac{100}{1000} * 16 * 2.229 = 3.566,4 \text{ KW * h}$$

$$\text{Luminarias LED} \rightarrow \text{Energía} = \frac{20}{1000} * 16 * 2.229 = 713,28 \text{ KW * h}$$

El ahorro energético producido en un año será la diferencia entre los consumos energéticos de las luminarias incandescentes y las LED durante el año tipo.

$$\text{Ahorro energético} = \text{Energía incandescentes} - \text{Energía LED}$$

$$\text{Ahorro energético} = 3.566,4 - 713,28 = 2.853,12 \text{ KW * h}$$

Esta medida de mejora energética requiere de una inversión inicial, que será destinada a la compra de las luminarias LED. Sabiendo el precio del producto y la cantidad que se quiere comprar se puede determinar la inversión.

$$\text{Inversión} = \text{Precio producto} * \text{cantidad} = 8,13 * 16 = 130,08 \text{ €}$$

Para calcular el coste monetario de la energía consumida por ambos tipos de iluminación se debe estimar la energía que se ha consumido en cada periodo tarifario. Los periodos de tarificación para la tarifa 3.0A, que es la tarifa contratada por la clínica se muestran en la figura 1.

Cada último domingo del mes de Octubre se realiza en España y en toda Europa el cambio de hora oficial y se entra en lo que se conoce como horario de invierno. Este horario de invierno estará vigente hasta el último domingo del mes de Marzo, donde comenzará el horario de verano. Sabiendo esto se pueden obtener los días correspondientes al horario de invierno y de verano del año 2017.

Días	Horario de invierno	Horario de verano
Lunes a Viernes	99	147
Sábados	21	31
Domingos	22	31
Festivos	6	8
Total días	148	217

Tabla 39. Días correspondientes a los horarios de invierno y verano

Los dos intervalos de consumo de las luminarias son por la mañana de 10:00 a 14:00 y por la tarde de 16:00 a 20:00. A continuación se muestra una tabla con la cantidad de horas de funcionamiento diarias correspondientes a periodos de punta, llano y valle para los horarios de invierno y verano.

·Horas de funcionamiento diarias por periodo de lunes a viernes:

Periodos de tarificación	Invierno	Verano
<b>Punta</b>	2	3
<b>Llano</b>	6	5
<b>Valle</b>	0	0

Tabla 40. Coincidencia de las horas de funcionamiento de las luminarias con los periodos de tarificación de lunes a viernes

·Horas de funcionamiento diarias por periodo los sábados:

Periodos de tarificación	Invierno	Verano
<b>Punta</b>	0	3
<b>Llano</b>	4	1
<b>Valle</b>	0	0

Tabla 41. Coincidencia de las horas de funcionamiento de las luminarias con los periodos de tarificación los sábados

·Horas de funcionamiento diarias por periodo los domingos:

Periodos de tarificación	Invierno	Verano
<b>Punta</b>	0	1
<b>Llano</b>	1	0
<b>Valle</b>	0	0

Tabla 42. Coincidencia de las horas de funcionamiento de las luminarias con los periodos de tarificación los domingos

Para calcular las horas de funcionamiento en invierno y verano por periodo de tarificación de las luminarias, habrá que seguir las siguientes fórmulas.

·Invierno:

$$Punta \rightarrow \text{horas P1 invierno} = 2 * 99 + 0 * 21 + 0 * 22 = 198$$

$$Llano \rightarrow \text{horas P2 invierno} = 6 * 99 + 4 * 21 + 1 * 22 = 700$$

·Verano:

$$Punta \rightarrow \text{horas P1 verano} = 3 * 147 + 3 * 31 + 1 * 31 = 565$$

$$Llano \rightarrow \text{horas P2 verano} = 5 * 147 + 1 * 31 + 0 * 31 = 766$$

Se puede comprobar que ninguna de las horas donde se utilizan las luminarias coincide con el periodo de valle.

Las horas de funcionamiento anuales por periodo de tarificación se calculan sumando las horas de los horarios de invierno y verano.

$$\text{horas P1} = \text{horas P1 invierno} + \text{horas P1 verano} = 198 + 565 = 763$$

$$\text{horas P2} = \text{horas P2 invierno} + \text{horas P2 verano} = 700 + 766 = 1466$$

Finalmente, para calcular la energía consumida en cada periodo de tarificación habrá que multiplicar las horas de funcionamiento en cada uno de ellos por la energía que consumen las luminarias, tanto las incandescentes como las LED.

·Luminarias incandescentes:

$$P1 = \text{Potencia} * \text{cantidad} * \text{horas P1} = \frac{100}{1000} * 16 * 763 = 1.220,8 \text{ KWh}$$

$$P2 = \text{Potencia} * \text{cantidad} * \text{horas P2} = \frac{100}{1000} * 16 * 1466 = 2.345,6 \text{ KWh}$$

·Luminarias LED:

$$P1 = \text{Potencia} * \text{cantidad} * \text{horas P1} = 20 * 16 * 763 = 244,16 \text{ KWh}$$

$$P2 = \text{Potencia} * \text{cantidad} * \text{horas P2} = 20 * 16 * 1466 = 469,12 \text{ KWh}$$

Los costes del KWh en cada periodo de tarificación es distinto, y dependerá del tipo de contrato eléctrico y de la comercializadora. En este caso se tiene que el precio para el periodo de punta es 0,115452 €/KWh, para el periodo de llano es 0,098996 €/KWh y para valle es 0,071419 €/KWh). Sabiendo los precios de la energía de cada periodo de tarificación se puede calcular el coste monetario anual del consumo energético en euros.

·Luminarias incandescentes:

$$\text{Coste anual incandescentes} = P1 * \text{costeP1} + P2 * \text{costeP2} + P3 * \text{costeP3}$$

$$\text{Coste anual incandescentes} = 1.220,8 * 0,115452 + 2.345,6 * 0,098996 = 373,15 \text{ €}$$

·Luminarias LED:

$$\text{Coste anual LED} = P1 * \text{coste}P1 + P2 * \text{coste}P2 + P3 * \text{coste}P3$$

$$\text{Coste anual LED} = 244,16 * 0,115452 + 469,12 * 0,098996 = 74,63 \text{ €}$$

A continuación se van a mostrar los resultados más significativos en cuanto a una medida de ahorro energético se refiere. Para ello hay que analizar el ahorro energético que desempeña, el ahorro monetario y la rentabilidad de la inversión. Para calcular estos factores hay que utilizar las siguientes fórmulas.

$$\text{Ahorro energético} = \text{Energía incandescentes} - \text{Energía LED}$$

$$\text{Ahorro energético (\%)} = \frac{\text{Ahorro energético}}{\text{Consumo incandescentes}}$$

$$\text{Ahorro económico} = \text{Coste incandescentes} - \text{Coste LED}$$

$$\text{Periodo de retorno} = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Ahorro monetario}}$$

Ahorro energético (KWh/año)	Ahorro energético porcentual (%)	Ahorro económico (€/año)	Inversión inicial (€)	Periodo de retorno (años)
2.853,12	80	298,52	130,08	0,44

Tabla 43. Resultados del cambio a iluminación LED

### 5.2.2. Sustitución del frigorífico

Se propone la posibilidad de realizar un cambio en el frigorífico de la clínica por uno más moderno y eficiente, ya que el actual es antiguo y consume mucha más energía que los frigoríficos actuales.

El frigorífico elegido para realizar el cambio se trata del modelo HISENSE RR55D4AW1. Los datos que interesan para analizar el ahorro son que el frigorífico tiene un coste de 97,02 €, que supondrá la inversión inicial, y tiene un consumo energético anual de 107 KWh.

El ahorro energético anual que se obtendría si se cambiase el frigorífico actual por el propuesto se obtiene con la diferencia de los consumos energéticos de ambos frigoríficos.

$$\text{Ahorro energético} = \text{Consumo Actual} - \text{Consumo Propuesto} = 788,4 - 107 = 681,4 \text{ KWh}$$

Todo ahorro energético conlleva una reducción en el coste monetario referido al consumo energético. Para calcular este ahorro monetario, primero habrá que saber el coste del consumo energético del frigorífico actual y del propuesto.

El consumo de energía de un frigorífico depende de si el compresor del mismo está en funcionamiento o no. Este compresor está en funcionamiento en función de si la temperatura en el interior del frigorífico es distinta o igual a la programada en el termostato, es decir, si la temperatura en el interior del frigorífico es distinta a la que se ha programado, el compresor eléctrico estará funcionando y consumiendo energía eléctrica hasta que el termostato detecte que la energía en el interior del mismo es igual a la programada, entonces el compresor dejará de funcionar.

Por esta razón, se supone que las horas de funcionamiento del compresor eléctrico del frigorífico están repartidas de forma parecida durante todo el día, y la energía consumida será la misma en los tres periodos de tarificación de la tarifa eléctrica contratada. De esta forma, la energía consumida en cada uno de los tres periodos de tarificación del frigorífico actual será de 262,8 KWh y del frigorífico propuesto de 35,67 KWh.

Según el contrato eléctrico que tiene la empresa, el coste de la energía para el periodo de punta (P1) es 0,115452 €/KWh, para el periodo de llano (P2) es 0,098996 €/KWh y para valle (P3) es 0,071419 €/KWh. Con estos datos ya se puede calcular el coste energético producido por cada uno de los frigoríficos.

$$\text{Coste} = \text{ConsumoP1} * \text{CosteP1} + \text{ConsumoP2} * \text{CosteP2} + \text{ConsumoP3} * \text{CosteP3}$$

$$\text{Actual} \rightarrow \text{Coste} = 262,8 * 0,115452 + 262,8 * 0,098996 + 262,8 * 0,071419 = 75,13 \text{ €}$$

$$\text{Propuesto} \rightarrow \text{Coste} = 35,67 * 0,115452 + 35,67 * 0,098996 + 35,67 * 0,071419 = 10,2 \text{ €}$$

$$\text{Ahorro económico} = \text{Coste actual} - \text{Coste propuesto} = 75,13 - 10,2 = 64,93 \text{ €}$$

Como se ha hecho en la anterior medida de ahorro energético, también es importante calcular los ahorros porcentuales tanto energéticos como económicos, al mismo tiempo que estudiar la rentabilidad de la inversión.

$$\text{Ahorro energético (\%)} = \frac{\text{Ahorro energético}}{\text{Consumo frigorífico actual}}$$

$$\text{Periodo de retorno} = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Ahorro económico}}$$

Ahorro energético (KWh/año)	Ahorro energético anual (%)	Ahorro económico (€/año)	Inversión inicial (€)	Periodo de retorno (años)
681,40	86,43	64,93	97,02	1,49

Tabla 44. Resultados de la sustitución del frigorífico

### 5.3. Estudio de las medidas de ahorro energético en conjunto

Una vez analizadas las medidas de ahorro propuestas individualmente, cabe analizar los resultados que se obtendrían en conjunto.

Los primeros datos que se van a representar son los correspondientes al ahorro energético:

Medidas de ahorro	Ahorro energético anual (KWh/año)	Ahorro porcentual
Modificación de la temperatura de consigna de los equipos de climatización local	475,47	10,86%
Agrupación de pacientes	369,28	8,43%
Optimización del contrato de suministro eléctrico	0	0%
Cambio a iluminación LED	2.853,12	65,15%
Sustitución del frigorífico	681,40	15,56%
<b>TOTAL</b>	<b>4.379,27</b>	<b>100%</b>

Tabla 45. Ahorro energético del conjunto de las medidas

Como se puede observar, el conjunto de medidas suponen un ahorro energético de 4.379,27 KWh, siendo la medida que más energía ahorra el cambio a iluminación LED, y la que menos la optimización del contrato de suministro eléctrico, ya que se trata de una medida de ahorro económico y no energético. Teniendo en cuenta que el consumo total de energía en la clínica el año 2017 fue de 24.050,98 kWh, el porcentaje de ahorro anual será de:

$$\text{Porcentaje de ahorro} = \frac{\text{Ahorro energético anual}}{\text{Consumo energético anual}} * 100 = \frac{4.379,27}{24.050,98} * 100 = 18,21\%$$

Después, se deben representar los resultados del ahorro económico de las medidas, analizando también su rentabilidad:

Medidas de ahorro	Inversión (€)	Ahorros (€/año)	Porcentaje de ahorro
Modificación de la temperatura de consigna de los equipos de climatización local	0	50,95	4,20%
Agrupación de pacientes	0	35,19	2,90%
Optimización del contrato de suministro eléctrico	0	762,40	62,90%
Cambio a iluminación LED	130,08	298,52	24,63%
Sustitución del frigorífico	97,02	64,93	5,36%
<b>TOTAL</b>	<b>227,10</b>	<b>1.211,99</b>	<b>100%</b>
<b>Periodo de retorno (años)</b>	<b>0,19</b>		

Tabla 46. Ahorro económico del conjunto de las medidas

El ahorro económico obtenido sería de 1.211,99 € al año, siendo la medida que más ahorro económico produce la optimización del contrato de suministro eléctrico, y la que menos la agrupación de pacientes.

La inversión inicial total necesaria para implementar las medidas será de 227,10 €. El periodo de amortización de dicha inversión será de 0,19 años, lo que se considera un tiempo de amortización corto y muy rentable, ya que una vez amortizada la inversión se empiezan a obtener beneficios.

Ante esta situación se recomienda implementar todas las medidas lo antes posible y a la vez, ya que cuantitativamente las inversiones iniciales no implican un desembolso muy sustancial y cuanto antes se apliquen las medidas, antes se obtendrán los beneficios.

#### 5.4. Comprobación de cumplimiento de la meta de consumo

En este apartado se pretende comprobar si las medidas implementadas son suficientes para alcanzar la meta de consumo fijada en la técnica estadística realizada en el capítulo 4 del proyecto.

Sabiendo el ahorro energético que conllevan las medidas de ahorro propuestas y el consumo energético producido en la clínica en el año 2017, se puede calcular el consumo anual que se hubiera obtenido aplicando dichas medidas.

$$\text{Consumo con las medidas} = 24.050,98 - 4.379,27 = 19.671,71 \text{ kWh}$$

Si este consumo es igual o inferior a la meta de consumo fijada (21.085,99 kWh), se considera que se ha logrado cumplir la meta.

$$\text{Consumo con las medidas} \leq \text{Meta de consumo}$$

$$19.671,71 \text{ kWh} < 21.085,99 \text{ kWh}$$

Esto también se puede comprobar con los ahorros energéticos obtenidos.

$$\text{Ahorro energético con las medidas} \geq \text{Meta de ahorro energético}$$

$$4.379,27 \text{ kWh} > 2.965 \text{ kWh}$$

De esta forma, se puede observar que no solamente se consigue cumplir la meta de consumo establecida, sino que se mejora y se reduce en 1.414,28 kWh.

## 6. CONCLUSIONES

Los objetivos que se perseguían desde el principio en este TFG han sido logrados con éxito. Se ha conseguido establecer unas medidas de ahorro y conseguir alcanzar e incluso mejorar la meta de consumo planteada.

Para la realización del proyecto se ha hecho un estudio en profundidad de la empresa y sus métodos de trabajo, y en función de ello se han propuesto una serie de medidas de ahorro energético y económico de forma que no afecte la gestión de trabajo de la empresa.

En cuanto a las medidas de ahorro, se han analizado distintas medidas posibles, pero solo se han representado las que han proporcionado los resultados más beneficiosos para el negocio. Se diferencian entre las medidas que no necesitan inversión inicial, que se implementarán inmediatamente, y las medidas con inversión inicial. Las medidas son

- Modificación de la temperatura de consigna de los equipos de climatización local.
- Agrupación de pacientes.
- Optimización del contrato de suministro eléctrico actual de la empresa.
- Cambio a iluminación LED.
- Sustitución de la nevera.

Si todas las medidas de ahorro propuestas se aplicaran en la empresa y teniendo en cuenta que el año de referencia es el año 2017, se hubiera obtenido un ahorro energético anual de 4.379,27 KWh, es decir, un ahorro de energía del 18,21% del total. La medida que más ahorro energético produce es el cambio a iluminación LED.

En cuanto al ámbito económico, el ahorro anual sería de 1.211,99 €, que porcentualmente corresponde con un ahorro del 22%.

En cuanto a la rentabilidad que proporcionan las medidas, cabe decir que la inversión realizada para llevarlas a cabo es de 227,10 €, y que el tiempo en el que se amortiza esta inversión es de 0,19 años, es decir, de 2 meses y 9 días, de forma que cuando pase este tiempo se empiezan a obtener beneficios. Este tiempo de amortización de la inversión se considera corto. Además, como la inversión que se debe realizar para implementar la medida no es muy elevada, se recomienda implementar todas las medidas cuanto antes.

Como se ha dicho al principio, es importante ver si la meta de consumo planteada en el método estadístico se ha logrado alcanzar con las medidas de ahorro. Como se ha comprobado, no solamente se ha conseguido llegar, sino que también se ha mejorado y se ha reducido, por lo que se puede afirmar que el proyecto ha obtenido resultados exitosos.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Eficiencia energética en la industria / Teresa Barrachina Celda ... [et al.] ; editores, Juan Carlos Guerri Cebollada, Vicente Agustín Cloquell Ballester.
- <http://www.dogv.gva.es/resultat-dogv?signatura=2017/4622&L=1>
- <https://es.wikihow.com/calcular-el-porcentaje-de-error>
- <http://www.fao.org/docrep/003/x6845s/x6845s02.htm>
- <http://www.consultoriaenergetica.eu/comparador-tarifas-electricidad/tarifas-de-acceso-de-electricidad-en-baja-y-alta-tension>
- <http://www.ergonia.es/?faqs=porque-mi-factura-contiene-lecturas-en-seis-periodos>
- [https://www.amazon.es/dp/B01N3SUS3F/ref=asc\\_df\\_B01N3SUS3F53060029/?tag=googsho pes-21&creative=24526&creativeASIN=B01N3SUS3F&linkCode=df0&hvdev=c&hvnetw=g&hvqmt](https://www.amazon.es/dp/B01N3SUS3F/ref=asc_df_B01N3SUS3F53060029/?tag=googsho pes-21&creative=24526&creativeASIN=B01N3SUS3F&linkCode=df0&hvdev=c&hvnetw=g&hvqmt)
- [https://www.kyeroo.com/frigorifico-hisense-rr55d4aw1-independiente-42l-a-color-blanco-nevera-combi?gclid=Cj0KCQjw6pLZBRCxARIsALaaY9bjoojDW-QsZlnIX6Fvl4EVJsJsMPonsznF7CsveCPSvaY6bkNFFykaAvdhEALw\\_wcB](https://www.kyeroo.com/frigorifico-hisense-rr55d4aw1-independiente-42l-a-color-blanco-nevera-combi?gclid=Cj0KCQjw6pLZBRCxARIsALaaY9bjoojDW-QsZlnIX6Fvl4EVJsJsMPonsznF7CsveCPSvaY6bkNFFykaAvdhEALw_wcB)
- <https://www.boe.es/boe/dias/2009/12/11/pdfs/BOE-A-2009-19915.pdf>

## 8. ANEXOS

### 8.1. Anexo 1

En este anexo se van a exponer en tablas los consumos energéticos producidos en la clínica para cada día del año 2017.

Enero		Febrero		Marzo		Abril	
Días	Consumo (W*h)	Días	Consumo (W*h)	Días	Consumo (W*h)	Días	Consumo (W*h)
1	21.728	1	82.551	1	60.803	1	25.579
2	50.101	2	99.480	2	70.607	2	18.859
3	69.929	3	65.672	3	53.796	3	48.005
4	85.829	4	52.280	4	29.241	4	48.939
5	63.838	5	36.221	5	21.754	5	50.518
6	19.048	6	79.581	6	52.625	6	51.529
7	32.437	7	60.408	7	51.599	7	44.690
8	19.715	8	90.798	8	51.815	8	36.803
9	93.212	9	85.953	9	50.648	9	17.604
10	99.463	10	66.672	10	40.549	10	50.954
11	84.767	11	51.643	11	29.237	11	51.089
12	74.172	12	27.919	12	20.209	12	53.622
13	65.651	13	101.388	13	67.742	13	17.284
14	54.258	14	78.475	14	55.768	14	16.453
15	16.414	15	72.587	15	70.423	15	16.398
16	97.633	16	75.391	16	54.544	16	16.460
17	100.964	17	51.705	17	41.014	17	16.482
18	116.145	18	39.853	18	18.111	18	49.122
19	93.667	19	26.716	19	15.209	19	58.023
20	83.852	20	91.924	20	15.844	20	51.044
21	35.121	21	79.999	21	44.926	21	39.604
22	15.518	22	89.873	22	45.073	22	24.670
23	79.913	23	64.685	23	59.090	23	18.631
24	96.980	24	49.506	24	42.987	24	47.409
25	92.625	25	36.271	25	18.014	25	54.477
26	107.148	26	21.873	26	14.607	26	68.733
27	79.408	27	77.855	27	65.525	27	51.813
28	69.117	28	64.711	28	47.084	28	43.521
29	18.356			29	66.571	29	22.630
30	96.390			30	48.674	30	18.774
31	78.624			31	47.627		

Mayo		Junio		Julio		Agosto	
Días	Consumo (W*h)	Días	Consumo (W*h)	Días	Consumo (W*h)	Días	Consumo (W*h)
1	19.286	1	95.596	1	40.896	1	104.268
2	50.154	2	84.690	2	10.917	2	131.052
3	58.908	3	44.222	3	112.522	3	129.746
4	57.316	4	17.392	4	114.411	4	95.192
5	38.714	5	92.475	5	140.055	5	33.962
6	31.813	6	117.487	6	110.552	6	16.330
7	18.625	7	112.464	7	103.462	7	155.738
8	52.746	8	94.549	8	68.922	8	134.939
9	65.151	9	82.085	9	53.280	9	116.183
10	56.566	10	35.056	10	96.579	10	136.817
11	66.430	11	13.744	11	113.516	11	83.550
12	52.800	12	109.482	12	117.044	12	16.295
13	34.984	13	104.427	13	128.405	13	23.995
14	15.312	14	112.548	14	115.571	14	110.297
15	66.045	15	110.166	15	51.100	15	22.062
16	62.217	16	131.638	16	91.987	16	126.694
17	56.991	17	73.626	17	149.871	17	126.061
18	77.240	18	39.564	18	124.505	18	100.667
19	57.985	19	109.051	19	133.903	19	14.365
20	30.296	20	116.198	20	135.364	20	14.470
21	15.235	21	130.368	21	126.423	21	106.211
22	60.201	22	134.307	22	56.977	22	100.872
23	61.311	23	88.382	23	22.359	23	85.554
24	76.876	24	48.203	24	148.211	24	102.107
25	79.338	25	14.871	25	118.757	25	96.560
26	55.064	26	110.753	26	120.019	26	18.726
27	31.475	27	128.255	27	134.977	27	19.467
28	17.408	28	130.962	28	122.040	28	129.523
29	67.244	29	16.022	29	58.725	29	91.359
30	75.346	30	111.354	30	14.604	30	95.001
31	62.767			31	90.080	31	130.608

Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
Días	Consumo (W*h)	Días	Consumo (W*h)	Días	Consumo (W*h)	Días	Consumo (W*h)
1	100.670	1	20.040	1	18.846	1	95.526
2	20.101	2	74.503	2	68.982	2	49.329
3	17.332	3	65.958	3	58.226	3	39.038
4	135.551	4	76.736	4	24.934	4	110.053
5	115.220	5	91.329	5	19.477	5	109.230
6	105.923	6	56.803	6	61.375	6	20.128
7	94.700	7	32.060	7	58.544	7	102.506
8	85.522	8	25.195	8	57.414	8	20.174
9	32.843	9	24.156	9	58.960	9	20.156
10	16.437	10	64.690	10	49.350	10	21.117
11	111.966	11	76.486	11	28.245	11	105.113
12	75.757	12	16.319	12	19.411	12	103.963
13	96.707	13	75.054	13	63.349	13	84.776
14	95.004	14	32.823	14	67.377	14	113.104
15	79.711	15	17.766	15	79.903	15	63.842
16	20.874	16	71.646	16	80.883	16	45.877
17	15.876	17	77.773	17	85.797	17	20.510
18	110.413	18	76.003	18	40.456	18	109.169
19	66.886	19	76.353	19	17.422	19	101.324
20	78.253	20	61.519	20	84.642	20	94.258
21	95.356	21	27.647	21	89.856	21	90.786
22	75.959	22	16.646	22	110.826	22	82.701
23	37.255	23	59.175	23	105.111	23	43.354
24	19.004	24	71.784	24	58.317	24	22.119
25	86.337	25	74.984	25	32.846	25	22.121
26	83.495	26	67.823	26	17.701	26	85.612
27	99.851	27	63.997	27	91.083	27	108.642
28	84.852	28	27.691	28	82.903	28	73.119
29	75.221	29	16.113	29	98.727	29	74.305
30	32.633	30	61.815	30	96.083	30	29.534
		31	65.809			31	18.112

## 8.2. Anexo 2

En este anexo se van a exponer en tablas los pacientes atendidos en la clínica para todos los días del año 2017.

Enero		Febrero		Marzo		Abril	
Días	Pacientes	Días	Pacientes	Días	Pacientes	Días	Pacientes
1	0	1	51	1	62	1	5
2	14	2	33	2	44	2	0
3	20	3	24	3	22	3	49
4	35	4	5	4	0	4	55
5	14	5	0	5	0	5	52
6	0	6	41	6	38	6	55
7	0	7	37	7	42	7	21
8	0	8	52	8	49	8	5
9	39	9	45	9	51	9	0
10	47	10	32	10	28	10	52
11	44	11	0	11	9	11	46
12	49	12	0	12	0	12	61
13	21	13	60	13	42	13	0
14	0	14	46	14	46	14	0
15	0	15	48	15	68	15	0
16	50	16	39	16	49	16	0
17	46	17	26	17	25	17	0
18	58	18	6	18	0	18	51
19	42	19	0	19	0	19	56
20	27	20	49	20	0	20	45
21	0	21	43	21	32	21	27
22	0	22	60	22	31	22	11
23	40	23	47	23	25	23	0
24	53	24	35	24	14	24	28
25	63	25	0	25	0	25	55
26	48	26	0	26	0	26	70
27	21	27	39	27	41	27	55
28	5	28	41	28	50	28	29
29	0			29	66	29	6
30	41			30	41	30	0
31	44			31	31		

Mayo		Junio		Julio		Agosto	
Días	Pacientes	Días	Pacientes	Días	Pacientes	Días	Pacientes
1	0	1	43	1	7	1	25
2	46	2	17	2	0	2	44
3	59	3	6	3	36	3	39
4	42	4	0	4	38	4	7
5	2	5	36	5	62	5	0
6	10	6	58	6	52	6	0
7	0	7	57	7	23	7	44
8	41	8	39	8	10	8	27
9	47	9	24	9	0	9	45
10	38	10	7	10	34	10	58
11	46	11	0	11	31	11	27
12	27	12	48	12	52	12	0
13	10	13	40	13	35	13	0
14	0	14	48	14	30	14	21
15	60	15	45	15	0	15	0
16	45	16	28	16	0	16	33
17	33	17	6	17	56	17	33
18	59	18	0	18	45	18	25
19	22	19	38	19	54	19	0
20	5	20	44	20	45	20	0
21	0	21	53	21	32	21	17
22	47	22	57	22	6	22	17
23	40	23	22	23	0	23	21
24	45	24	8	24	51	24	21
25	63	25	0	25	29	25	16
26	30	26	26	26	44	26	0
27	5	27	55	27	55	27	0
28	0	28	45	28	27	28	27
29	35	29	0	29	6	29	11
30	49	30	34	30	0	30	14
31	43			31	23	31	28

Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
Días	Pacientes	Días	Pacientes	Días	Pacientes	Días	Pacientes
1	20	1	0	1	0	1	47
2	0	2	67	2	61	2	0
3	0	3	51	3	48	3	0
4	41	4	59	4	0	4	58
5	36	5	76	5	0	5	46
6	26	6	33	6	65	6	0
7	26	7	0	7	57	7	53
8	18	8	0	8	45	8	0
9	0	9	0	9	58	9	0
10	0	10	51	10	18	10	0
11	60	11	55	11	0	11	60
12	38	12	0	12	0	12	60
13	48	13	41	13	54	13	51
14	61	14	13	14	49	14	58
15	40	15	0	15	60	15	32
16	0	16	59	16	54	16	6
17	0	17	57	17	53	17	0
18	70	18	43	18	0	18	61
19	52	19	66	19	0	19	53
20	45	20	57	20	59	20	37
21	59	21	0	21	58	21	45
22	44	22	0	22	64	22	37
23	7	23	59	23	58	23	0
24	0	24	64	24	39	24	0
25	67	25	59	25	6	25	0
26	52	26	57	26	0	26	31
27	58	27	46	27	52	27	40
28	66	28	4	28	49	28	33
29	43	29	0	29	62	29	28
30	0	30	47	30	52	30	0
		31	60			31	0

### 8.3. Anexo 3

En este anexo se determina el cálculo del importe de la factura eléctrica. Para ello se deben calcular el término de energía, el término de potencia, el término de reactiva y el término de excesos de potencia.

-Término de energía:

Se calcula multiplicando la energía consumida por periodo de tarificación de cada factura por el coste de energía de cada periodo.

$$TE = \Sigma(Energía * PrecioEnergía)$$

	Energía (KWh)			Precio Energía (€/KWh)			TE
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	
18/12/16-21/01/17	372	1777	196	0,115452	0,098996	0,071419	232,86
21/01/17-19/02/17	273	1550	184	0,115452	0,098996	0,071419	198,10
19/02/17-19/03/17	233	940	188	0,115452	0,098996	0,071419	133,38
19/03/17-18/04/17	305	649	179	0,115452	0,098996	0,071419	112,25
18/04/17-20/05/17	433	852	203	0,115452	0,098996	0,071419	148,83
21/05/17-18/06/17	0	0	0	0,115452	0,098996	0,071419	0,00
19/06/17-21/07/17	1742	3249	455	0,115452	0,098996	0,071419	555,25
23/07/17-10/08/17	661	1161	104	0,115452	0,098996	0,071419	198,68
11/08/17-21/08/17	226	463	57	0,115452	0,098996	0,071419	76,00
22/08/17-19/09/17	722	1278	166	0,115452	0,098996	0,071419	221,73
20/09/17-21/10/17	615	1136	218	0,115452	0,098996	0,071419	199,03
22/10/17-15/11/17	301	790	170	0,115452	0,098996	0,071419	125,10
16/11/17-23/12/17	488	1840	271	0,115452	0,098996	0,071419	257,85

-Término de potencia y excesos:

Se calcula multiplicando la potencia a facturar por periodo de tarificación de cada factura por el coste de potencia de cada periodo y por el número de días.

$$TP = \Sigma(\text{Potencia a facturar} * \text{Precio Potencia}) * \text{Días}$$

La potencia a facturar se determina mediante los excesos de potencia. Los suministros con 3 periodos disponen de máxímetros que registran la potencia máxima demandada. Los excesos se cobran junto con la potencia contratada. Para determinar la potencia a facturar:

- Si  $P_{\text{máxima demandada}} \leq 85\% P_{\text{contratada}}$ 
  - $P_{\text{facturar}} = 0,85 \cdot P_{\text{contratada}}$
  - Descuento del 15% del término de potencia
  
- Si  $85\% P_{\text{contratada}} \leq P_{\text{máxima demandada}} \leq 105\% P_{\text{contratada}}$ 
  - $P_{\text{facturar}} = P_{\text{máxima demandada}}$
  - No se aplica descuento ni penalización
  
- Si  $P_{\text{máxima demandada}} > 105\% P_{\text{contratada}}$ 
  - $P_{\text{facturar}} = P_{\text{máx}} + 2 \cdot (P_{\text{máx}} - 105\% \cdot P_{\text{contratada}})$

	Potencia contratada (KW)			Potencia a facturar (KW)			Precio potencia (€/KW)			Días	TP
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3		
18/12/16-21/01/17	24	24	24	20,4	20,4	20,4	0,120513	0,072308	0,048205	34	167,18
21/01/17-19/02/17	24	24	24	20,4	21,36	20,4	0,120513	0,072308	0,048205	29	144,60
19/02/17-19/03/17	24	24	24	20,4	20,4	20,4	0,120513	0,072308	0,048205	28	137,67
19/03/17-18/04/17	24	24	24	20,4	20,4	20,4	0,120513	0,072308	0,048205	30	147,51
18/04/17-20/05/17	24	24	24	20,4	20,4	20,4	0,120513	0,072308	0,048205	33	162,26
21/05/17-18/06/17	24	24	24	20,4	20,4	20,4	0,120513	0,072308	0,048205	29	142,59
19/06/17-21/07/17	24	24	24	20,4	20,4	20,4	0,120513	0,072308	0,048205	33	162,26
23/07/17-10/08/17	24	24	24	20,4	20,4	20,4	0,120513	0,072308	0,048205	19	93,42
11/08/17-21/08/17	24	24	24	20,4	20,4	20,4	0,120513	0,072308	0,048205	11	54,09
22/08/17-19/09/17	24	24	24	20,4	20,4	20,4	0,120513	0,072308	0,048205	29	142,59
20/09/17-21/10/17	24	24	24	20,4	20,4	20,4	0,120513	0,072308	0,048205	32	157,34
22/10/17-15/11/17	24	24	24	20,4	20,4	20,4	0,120513	0,072308	0,048205	25	122,92
16/11/17-23/12/17	24	24	24	20,4	20,4	20,4	0,120513	0,072308	0,048205	38	186,84

-Término de Reactiva

Se penaliza si el consumo de reactiva medio mensual y por período es superior al 33% del consumo de activa, excepto en valle (P3) que no penaliza. Pasos para el cálculo de penalización por reactiva:

1. Calcular el  $\cos(\varphi)$  medio por periodo en función de los consumos mensuales de activa y reactiva.

$$\cos(\varphi) = \cos \left[ \arctan \left( \frac{\text{Consumo reactiva}}{\text{Consumo activa}} \right) \right]$$

2. Calcular el consumo de energía reactiva a facturar, igual al consumo total de reactiva por periodo menos el 33% del consumo de activa.

$$\text{Consumo reactiva a facturar} = (\text{Consumo reactiva})_i - 0,33 * (\text{Consumo activa})_i$$

3. Para los periodos donde exista exceso de reactiva, calcular el precio del exceso (Pri) en cada periodo en función de esta tabla:

Cos $\Phi$	Euro/kVarh
Cos $\Phi$ < 0,95 y hasta cos $\Phi$ = 0,80 .....	0,041554
Cos $\Phi$ < 0,80 .....	0,062332

4. Fórmula para el cálculo del coste del término de reactiva:

$$TR = \Sigma(\text{Consumo reactiva a facturar})_i * Pri$$

	Energía reactiva (KVarh)			cos()		Consumo reactiva a facturar (KVarh)		Pri (€/KVarh)		TR
	P1	P2	P3	P1	P2	P1	P2	P1	P2	
18/12/16-21/01/17	6	22	0	1	1	-116,76	-564,41	0	0	0
21/01/17-19/02/17	9	29	0	1	1	-81,09	-482,5	0	0	0
19/02/17-19/03/17	5	23	0	1	1	-71,89	-287,2	0	0	0
19/03/17-18/04/17	10	15	0	1	1	-90,65	-199,17	0	0	0
18/04/17-20/05/17	12	17	0	1	1	-130,89	-264,16	0	0	0
21/05/17-18/06/17	0	0	0	-	-	0	0	0	0	0
19/06/17-21/07/17	14	25	0	1	1	-560,86	-1047,17	0	0	0
23/07/17-10/08/17	18,12	18,71	6,03	1	1	-200,01	-364,42	0	0	0
11/08/17-21/08/17	0	1	0	1	1	-74,58	-151,79	0	0	0
22/08/17-19/09/17	7	12	0	1	1	-231,26	-409,74	0	0	0
20/09/17-21/10/17	14	20	0	1	1	-188,95	-354,88	0	0	0
22/10/17-15/11/17	13	30	0	1	1	-86,33	-230,7	0	0	0
16/11/17-23/12/17	21	66	0	0,999	0,999	-140,04	-541,2	0	0	0

Por último se calculará el coste sin impuestos, la base imponible y el importe final de la factura.

$$\text{Coste sin impuestos} = TE + TPyexcesos + TR + \text{suplemento territorial}$$

$$\text{Base imponible} = \text{Coste sin impuestos} * \text{impuesto eléctrico} + \text{Alquiler de equipos}$$

$$\text{Importe factura} = (\text{Coste sin impuestos} + \text{base imponible}) * 1,21$$

Suplemento territorial (€)	Alquiler de equipos (€)	TE	TP	TR	Coste sin impuestos	Impuesto eléctrico	Base imponible	Importe Factura
0	13,38	232,86	167,18	0	400,04	0,0511269632	33,83	524,98
0	11,44	198,10	144,60	0	342,71	0,0511269632	28,96	449,72
0	11,05	133,38	137,67	0	271,06	0,0511269632	24,91	358,12
0	11,84	112,25	147,51	0	259,75	0,0511269632	25,12	344,70
0	13,02	148,83	162,26	0	311,09	0,0511269632	28,93	411,42
0	11,44	0,00	142,59	0	142,59	0,0511269632	18,73	195,20
0	8,69	555,25	162,26	0	717,51	0,0511269632	45,37	923,09
0,47	3,76	198,68	93,42	0	292,57	0,0511269632	18,72	376,66
0	2,18	76,00	54,09	0	130,08	0,0511269632	8,83	168,09
0,47	5,74	221,73	142,59	0	364,79	0,0511269632	24,39	470,91
0,47	6,33	199,03	157,34	0	356,84	0,0511269632	24,57	461,52
0,47	4,95	125,10	122,92	0	248,49	0,0511269632	17,65	322,04
0,47	7,52	257,85	186,84	0	445,16	0,0511269632	30,28	575,28
							<b>TOTAL</b>	<b>5.581,72</b>

# **PRESUPUESTO**

## ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

1. INTRODUCCIÓN .....	99
2. COSTES DE REALIZACIÓN.....	99
2.1. Coste del personal.....	99
2.2. Coste de los equipos de medida.....	100
2.3. Costes de realización totales.....	100
3. MEDIDAS DE AHORRO.....	101
3.1. Medidas de ahorro sin inversión inicial.....	101
3.1.1. <i>Modificación de la temperatura de consigna de los equipos de climatización local</i> .....	101
3.1.2. <i>Agrupación de pacientes</i> .....	101
3.1.3. <i>Optimización del contrato de suministro eléctrico</i> .....	101
3.2. Medidas de ahorro con inversión inicial .....	102
3.2.1. Cambio a iluminación LED .....	102
3.2.2. Sustitución del frigorífico .....	102
4. RENTABILIDAD GLOBAL .....	103

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coste de los honorarios del proyectista. ....	99
Tabla 2. Coste de los honorarios del técnico electricista. ....	100
Tabla 3. Coste de los equipos de medida. ....	100
Tabla 4. Costes de realización del proyecto. ....	100
Tabla 5. Rentabilidad del cambio a iluminación LED.....	102
Tabla 6. Rentabilidad del cambio de frigorífico.....	102
Tabla 7. Rentabilidad de las medidas de ahorro energético.....	103
Tabla 8. Rentabilidad del proyecto.....	103

## 1. INTRODUCCIÓN

El documento número dos corresponde a la parte dedicada al presupuesto del proyecto.

En este documento se calculará el conjunto de los gastos e ingresos previstos en el proyecto, teniendo en cuenta todas las actividades realizadas en el mismo. En todos los precios que aparecen en el presupuesto se ha tenido en cuenta el IVA.

## 2. COSTES DE REALIZACIÓN

La realización del proyecto conlleva una serie de costes, debidos principalmente a la contratación de especialistas y a la compra o alquiler de los equipos necesarios para lograr el desarrollo correcto de las actividades.

### 2.1. Coste del personal

En este apartado se detallan los costes referidos al personal implicado en la realización del proyecto.

En el caso de este proyecto el personal empleado es el proyectista titulado en Ingeniería de la Energía por la Universidad Politécnica de Valencia y el electricista contratado para realizar las mediciones precisas.

Los costes correspondientes a los honorarios del proyectista son:

Unidades	Descripción	Horas de trabajo (h)	Precio unitario (€/h)	Importe (€)
1	Graduado en Ingeniería de la Energía	300	11,5	3.450

*Tabla 47. Coste de los honorarios del proyectista.*

Esta especificación contiene los costes de todo el trabajo realizado por el proyectista. A continuación se numeran algunas de ellas:

- Estudio del organigrama y política de la empresa.
- Visitas a la empresa.
- Desarrollo de actividades y cálculos.
- Redacción de los documentos.

Los costes correspondientes a los honorarios del técnico electricista son:

Unidades	Descripción	Horas de trabajo (h)	Precio unitario (€/h)	Importe (€)
1	Técnico electricista	2	23	46

Tabla 48. Coste de los honorarios del técnico electricista.

En esta tabla se representan los costes de todas las actividades realizadas por el electricista, que serán las siguientes:

- Consulta y medida de los consumos de potencia y energéticos de los equipos consumidores.
- Sustitución de luminarias incandescentes a LED.
- Sustitución del frigorífico actual por el propuesto.

## 2.2. Coste de los equipos de medida

Los equipos empleados para realizar las medidas pertinentes también tendrán un coste de alquiler o de compra. En este proyecto se ha comprado una pinza amperimétrica, que es el único aparato de medida empleado.

Los costes asociados a los equipos de medida son:

Unidades	Descripción	Precio unitario (€/ud)	Importe (€)
1	Pinza amperimétrica	11,94	11,94

Tabla 49. Coste de los equipos de medida.

## 2.3. Costes de realización totales

En este apartado se muestra un resumen de todos los costes de realización, el total del conjunto de los costes y el porcentaje de cada uno respecto al total.

Descripción	Coste (€)	Porcentaje
Graduado en Ingeniería de la Energía	3.450	98,35%
Técnico electricista	46	1,31%
Pinza amperimétrica	11,94	0,34%
<b>TOTAL</b>	<b>3.507,94</b>	<b>100%</b>

Tabla 50. Costes de realización del proyecto.

### 3. MEDIDAS DE AHORRO

Esta segunda parte del presupuesto se centra en representar tanto los ahorros económicos como las inversiones que supone la implementación de las medidas de ahorro propuestas en la memoria.

Se diferencian dos tipos de medidas de ahorro energético, las que precisan de una inversión inicial y las que no.

#### 3.1. Medidas de ahorro sin inversión inicial

Este tipo de medidas no suponen de una inversión inicial para poder implementarlas, por lo que no requieren ningún tipo de gastos, únicamente beneficios.

##### *3.1.1. Modificación de la temperatura de consigna de los equipos de climatización local*

Esta medida consiste en aumentar en verano la temperatura de consigna del termostato de los equipos de climatización local, de forma que así se reduzca el consumo energético de estos aparatos. La temperatura elegida será de 26 °C, de forma que cumple con la legislación y no afecta al confort de pacientes ni trabajadores del negocio.

$$\text{Ahorro económico anual} = 50,95 \text{ €/año}$$

##### *3.1.2. Agrupación de pacientes*

La última medida estudiada consiste en agrupar los pacientes de los sábados para no abrir la clínica estos días y reducir el índice de consumo, y de esta forma el consumo energético de la clínica.

$$\text{Ahorro económico anual} = 35,19 \text{ €/año}$$

##### *3.1.3. Optimización del contrato de suministro eléctrico*

En esta medida se reduce la potencia contratada del contrato de suministro eléctrico, de forma que se pague el mínimo posible en las facturas del año 2017.

$$\text{Ahorro económico anual} = 762,40 \text{ €/año}$$

### 3.2. Medidas de ahorro con inversión inicial

Las inversiones de estas medidas de ahorro se basan en la compra de los aparatos sustitutivos propuestos para implementarlas.

#### 3.2.1. Cambio a iluminación LED

En esta medida se representa el ahorro económico que conlleva el cambio de la iluminación incandescente actual a iluminación LED, y la inversión que supone la compra de dichas luminarias LED.

Para analizar la rentabilidad de esta inversión es necesario ver en cuanto tiempo se amortiza el gasto inicial realizado, que se representa en el periodo de amortización de la inversión.

Ahorro anual (€/año)	Inversión inicial (€)	Periodo de amortización (años)
298,52	130,08	0,44

Tabla 51. Rentabilidad del cambio a iluminación LED.

#### 3.2.2. Sustitución del frigorífico

La inversión derivada de la compra del frigorífico sustituto y el ahorro económico anual que supone se representan en la siguiente tabla, a la vez que el tiempo de amortización de la inversión.

Ahorro anual (€/año)	Inversión inicial (€)	Periodo de amortización (años)
64,93	97,02	1,49

Tabla 52. Rentabilidad del cambio de frigorífico.

#### 4. RENTABILIDAD GLOBAL

Este último apartado consiste en agrupar todos los ahorros proporcionados por las medidas de ahorro energético y todos los costes, tanto los de realización como los referidos a las inversiones iniciales para empezar a implementar una medida, y estudiar su rentabilidad.

Primero se analiza la rentabilidad del conjunto de las medidas:

Medidas de ahorro	Inversión (€)	Ahorros (€/año)	Porcentaje de ahorro
Modificación de la temperatura de consigna de los equipos de climatización local	0	50,95	4,20%
Agrupación de pacientes	0	35,19	2,90%
Optimización del contrato de suministro eléctrico	0	762,40	62,90%
Cambio a iluminación LED	130,08	298,52	24,63%
Sustitución del frigorífico	97,02	64,93	5,36%
<b>TOTAL</b>	<b>227,10</b>	<b>1.211,99</b>	<b>100%</b>
<b>Periodo de retorno (años)</b>	<b>0,19</b>		

Tabla 53. Rentabilidad de las medidas de ahorro energético

Finalmente se añadirá a la rentabilidad de las medidas los costes de realización del proyecto:

Concepto	Costes (€)	Ahorros (€/año)
Costes de realización del proyecto	3.507,94	0
Medidas de ahorro	227,10	1.211,99
<b>TOTAL</b>	<b>3.735</b>	<b>1.211,99</b>
<b>Periodo de retorno (años)</b>	<b>3,08</b>	

Tabla 54. Rentabilidad del proyecto.

El periodo de retorno de la inversión incluyendo los gastos de realización del proyecto será de aproximadamente 3 años, lo que se considera un intervalo de tiempo relativamente corto.