



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA
SUPERIOR ENGINYERIA
INDUSTRIAL VALÈNCIA

TRABAJO DE FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

**Análisis y soluciones de eficiencia energética de un proceso de
extrusión-soplado en una planta industrial de 1.500kW.**

Autor: Fernando Martínez Bueno

Tutor: Prof. José Manuel Pinazo Ojer

**Curso Académico
2019-2020**

AGRADECIMIENTOS

Llegar hasta este momento y estar ahora mismo escribiendo este texto no ha sido un camino nada fácil. Lo que si que puedo decir es que, si he llegado hasta aquí, hasta este momento, ha sido gracias a la suerte de tener a mi lado un gran respaldo, mi familia.

En primer lugar, querría hacer mención a mis padres. He tenido la enorme suerte de nacer en una casa en la que el cariño y el respeto eran normas básicas. Siempre he podido contar con ellos en todo lo que he querido y en todo lo que he hecho. Todo lo que soy se lo debo a ellos. En los peores momentos siempre han sabido cómo rescatarme de la incertidumbre. Su infinito amor hacia mi, sus consejos y su paciencia a la hora de tratar cualquier aspecto me han brindado siempre la tranquilidad que he necesitado.

En segundo lugar, a mi hermano. Por brindarme siempre todo sus conocimientos y experiencias y por supuesto por quererme incondicionalmente. Gracias a él he aprendido lo que es ser un verdadero profesional de la ingeniería, su tesón y constancia son incombustibles.

No podía faltar en estos agradecimientos sin hacer alusión a mis abuelas Regina y Joaquina y a mi tíos y tías que desde pequeño han sido un apoyo fundamental en mi vida.

Por último, a mi tutor, por aconsejarme en todos los aspectos técnicos de este proyecto y por sacar lo mejor de esta idea.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN AL TRABAJO	7
1. DEFINICIÓN, OBJETIVOS Y ALCANCE	7
1.1. Definición	7
1.2. Objetivos	7
1.3. Alcance	7
2. INTRODUCCIÓN AL PROBLEMA	8
2.1. Antecedentes	8
2.1.1. Revisión histórica	8
2.1.2. Descripción del proceso de extrusión-soplado	9
2.2. Motivación y justificación	18
3. NORMATIVA	18
4. AMBITO DE APLICACIÓN	18
4.1. Metodología	18
4.1.1. Datos generales de la empresa	19
4.1.2. Distribución de los espacios	19
4.1.3. Proceso productivo	21
4.1.4. Uso y ocupación de los espacios	25
4.1.5. Datos de producción de la planta	26
4.1.6. Inventario de cargas	27
4.2. Modelado matemático energético	29
4.2.1. Validación del modelo	30
4.2.2. Corrección del modelo	30
4.3. Análisis energético	31
4.3.1. Consumos energéticos globales	31
4.3.2. Consumos en energía eléctrica	31
4.3.3. Centro de transformación	31
4.3.4. Características de la contratación eléctrica	32
4.3.5. Desglose del consumo	32
4.3.6. Facturación eléctrica	35
4.3.7. Curva de carga	38
4.3.8. Desglose de cargas anuales según tecnología	38
4.3.9. Potencia instalada total	40
4.3.10. Consumos eléctricos particulares	41
4.3.10.1. Consumo en climatización	41
4.3.10.2. Consumo en iluminación	45
4.3.10.3. Consumo en maquinaria industrial	47
4.3.10.4. Consumo en ofimática y servidores	49
4.3.10.5. Consumo en electrodomésticos	51
4.3.10.6. Consumo en ACS	53
4.3.11. Consumo hídrico	54
Análisis y soluciones de eficiencia energética de un proceso de extrusión soplado en una planta industrial de 1.500kW.	4

4.3.12.	Estudio de emisiones de CO ₂	55
4.3.13.	Descripción y análisis de los resultados	56
4.3.13.1.	Descripción y análisis del consumo energético global	57
4.3.13.2.	Descripción y análisis de los consumos en climatización	57
4.3.13.3.	Descripción y análisis de los consumos en iluminación	58
4.3.13.4.	Descripción y análisis de los consumos en maquinaria industrial	58
4.3.13.5.	Descripción y análisis de los consumos en ofimática	58
4.3.13.6.	Descripción y análisis de los consumos en electrodomésticos y ACS	58
4.3.13.7.	Descripción y análisis de las emisiones globales de CO ₂	59
4.3.14.	Conclusiones del Análisis Energético	59
5.	RANGO DE SOLUCIONES	60
5.1.	Descripción de las soluciones propuestas	60
5.2.	Estimación de los nuevos consumos energético	62
6.	FACTIBILIDAD E IMPACTOS	64
6.1.	Ahorro	64
6.1.1.	Ahorro energético	64
6.1.2.	Ahorro energético particular	65
6.1.3.	Estimación de la nueva facturación de electricidad.	66
6.2.	Presupuestos de inversión	69
6.3.	Presupuesto de explotación	70
6.4.	Análisis de rentabilidad económica	70
6.4.1.	Flujo de caja	70
6.4.2.	Tiempo de retorno (<i>Pay-Back</i>)	71
6.4.3.	Tasa interna de retorno (TIR)	72
6.4.4.	Valor actual neto (VAN)	72
6.4.5.	Estimación de las Nuevas Emisiones de CO ₂	74
6.4.6.	Descripción y Análisis de los Resultados de Ahorro energético	75
6.4.6.1.	Descripción y análisis de la estimación de los nuevos consumos energéticos	75
6.4.6.2.	Descripción y análisis de la estimación del ahorro energético en iluminación	75
6.4.6.3.	Descripción y análisis de la estimación del ahorro energ en la maquinaria industrial	75
6.4.6.4.	Descripción y análisis de la estimación de la nueva facturación eléctrica	75
6.4.6.5.	Descripción y análisis de las tasas interna de retorno (PAY-BACK)	75
6.4.6.6.	Descripción y análisis de los valores actuales netos (TIR)	76
6.4.6.7.	Descripción y análisis de los valores actuales netos (VAN)	76
6.4.6.8.	Descripción y análisis de la estimación de las nuevas emisiones de CO ₂	76
6.4.7.	Conclusiones de las Propuestas para el Ahorro Energético	76
7.	BIBLIOGRAFÍA	77
	ANEXOS	78
	ANEXO 1. RECOGIDA DE DATOS	78
	ANEXO 1.1. Estudio de Inventario de Cargas	78
	ANEXO 1.2. Modelo energético de Plasticsax S.L (Datos facilitados por Dpto. de Ingeniería)	76
	ANEXO 1.3. Características Técnicas de las cargas de iluminación interior	79
	ANEXO 1.3. Características Técnicas de las cargas de iluminación exterior	79
	ANEXO 1.3. Características Técnicas de las cargas de climatización	80

ANEXO 1.3. Características Técnicas de las cargas de ofimática	81
ANEXO 1.3. Características Técnicas de las cargas de electrodomésticos	81
ANEXO 1.3. Características Técnicas de las cargas de la caldera eléctrica	82
ANEXO 1.3. Características Técnicas de las cargas de la maquinaria industrial	82
ANEXO 1.3. Datos de usos y ocupación de espacios	83
ANEXO 2. MEDIDAS MENSUALES DEL CONTADOR	86
ANEXO 3. FACTURACIÓN ELÉCTRICA	99
ANEXO 4. LECTURAS MENSUALES DE LOS MAXÍMETROS	101
ANEXO 5. CARACTERISITICAS DEL BANCO DE CONDESADORES	103

.

INTRODUCCIÓN AL TRABAJO

La acuciante crisis climática nos está obligando a replantear nuestro estilo de vida y a mirar alrededor buscando soluciones para reducir la tensión medioambiental.

Nuestra mirada, como ingenieros, debe dirigirse al ámbito de la profesión y explorar las áreas de mejora que podemos encontrar en el tejido industrial con el que convivimos. Una posibilidad de conjugar estas variables se produce en las plantas de extrusión-soplado plástico. Su producto, un continente imprescindible en la cesta de la compra, tiene considerables áreas de mejoras que van a combinar la rentabilidad de la empresa y la reducción en las emisiones de CO₂. Con esta mirada queremos desarrollar este Trabajo Final de Grado que ha sido verdaderamente apasionante y ha conseguido su objetivo, sin ningún tipo de duda, que es el de completar la formación.

1. DEFINICIÓN, OBJETIVOS y ALCANCE

1.1. Definición

El presente proyecto debe ser considerado como un procedimiento para la obtención de información del consumo energético, su análisis y la búsqueda de soluciones de eficiencia energética en una planta industrial de 1.500kW dedicada a la extrusión-soplado plástico.

1.2. Objetivos

El objetivo general de este análisis es analizar el consumo energético de las instalaciones y proponer una serie de mejoras de ahorro energético entre las que se encuentran:

- Analizar el funcionamiento de las cargas eléctricas, así como su estado energético.
- Analizar el consumo energético e identificar áreas de oportunidad.
- Proponer medidas de ahorro energético.
- Determinar y evaluar el impacto de las medidas propuestas.

De manera paralela, pretendemos conseguir unos objetivos particulares:

- Conocer el proceso productivo y su organización.
- Conocer e identificar los equipos que componen las instalaciones.
- Analizar el impacto energético, económico y medioambiental tras las medidas de mejora propuestas.

1.3. Alcance

Con el fin de cumplir los objetivos, el alcance contempla los siguientes puntos:

- Descripción de los elementos que componen el proceso productivo. Para ello, se analizarán de forma exhaustiva todos los componentes que lo constituyen.
- Análisis energético del sistema. Se describirán y analizarán matemáticamente las funciones que definen el estado energético del sistema.
- Análisis computacional. Se propondrán una serie de herramientas de análisis informático que permitirán conocer el estado del sistema.
- Propuestas de eficiencia energética. Se propondrán una serie de mejoras energéticas y la metodología necesaria para la estimación de su impacto.
- Análisis del impacto de las medidas. Se analizará el impacto que suponen las medidas propuestas en la empresa.

2. INTRODUCCIÓN AL PROBLEMA

2.1. Antecedentes

2.1.1. Revisión histórica

La palabra “plásticos”, derivada del griego *πλαστικά είδη*, significa “capaz de ser moldeado”. Es una palabra que engloba a todas las sustancias orgánicas que proceden de procesos químicos de materias primas de origen sintético o natural. Los plásticos se caracterizan, en su totalidad, por altas relaciones de resistencia /densidad, excelentes propiedades de aislamiento, tanto térmico como eléctrico y buena resistencia contra ataques ácidos y disolventes.

En el origen, la mayoría de los plásticos se fabricaban a base de resinas vegetales como la celulosa del algodón, la cáscara de avena, aceites de semillas, derivados del almidón o del carbón. Muchas de estas resinas ya se utilizaban en Egipto, Babilonia, India, Grecia y China.

La primera patente orientada en el campo del soplado aparece en 1851 destinada a la producción de juguetes. Las máquinas que se utilizaban entonces se limitaban a calentar caucho para conformarlo en un molde rasante mediante presión interna.

Con la aparición de las poli olefinas y PVC en los años 30 y 40 dieron a las empresas de soplado de vidrio la idea de producir botellas irrompibles. Es en esta época cuando se empieza a evolucionar en el sector hacia máquinas de proforma plástica. Aun así, no es hasta la década de los 50 cuando se dispone de la primera máquina de soplado de polietileno (PE). Es aquí cuando se descubre la viabilidad real de producir grandes lotes de artículos de cavidad hueca a bajo coste.

El consumo de energía se ha convertido en uno de los principales gastos de la industria. Por ello, buscar el ahorro es una tarea fundamental para mejorar la competitividad de las empresas. La industria, cada vez más exigente, demanda soluciones de modernización de alto impacto y económicamente rentables. De esta forma, las estrategias del futuro no pasan por un remplazo total de sus equipos, sino por una serie de intervenciones locales que mejoren su rendimiento. Así pues, se deben buscar soluciones adecuadas que proporcionen herramientas estratégicas y permitan medir, y analizar, el estado de los procesos productivos a un bajo coste.

2.1.2. Descripción del proceso de extrusión-soplado

Seguiremos, para la descripción de todo el proceso de extrusión soplado a los profesores Beltrán Rico y Marcilla Gomis (2012) expertos en tecnología de polímeros. Dicen estos autores que, básicamente, el soplado está pensado para su uso en la fabricación de productos de plástico huecos. Una de sus ventajas principales es su capacidad para producir formas huecas sin la necesidad de tener que unir dos o más partes moldeadas separadamente. Aunque hay diferencias considerables en los diferentes procesos de soplado, todos tienen en común la producción de un precursor o preforma, su colocación en un molde hembra cerrado, y la acción de soplarlo con aire para expandir el plástico fundido contra la superficie del molde, creando así el producto final.

Las diferencias entre las técnicas de soplado se encuentran en la forma de obtener el precursor (por extrusión o por inyección). Además, en el soplado convencional el precursor se usa caliente, tal y conforme sale del extrusor o de la máquina de inyección, aunque también puede almacenarse frío, especialmente en el caso de inyección-soplado y recalentarse posteriormente. La manera en la que se traslada el precursor al molde de soplado también puede ser diferente en los distintos procesos. A pesar de todo lo anterior, los pasos básicos del proceso son iguales:

1. Fundir el material
2. Obtener el precursor
3. Introducir el precursor hueco en el molde de soplado
4. Insuflar aire dentro del precursor que se encuentra en el molde
5. Enfriar la pieza moldeada
6. Retirar la pieza del molde

• Técnicas de soplado

Los precursores se pueden obtener mediante inyección y extrusión, y las técnicas de soplado se pueden agrupar en extrusión-soplado, inyección-soplado y tensionado-soplado. El propósito de este trabajo es el de extrusión soplado, por tanto, nos ocuparemos, tan sólo de esta técnica.

Aproximadamente el 75% de las piezas sopladas se fabrican mediante extrusión-soplado y el 25% mediante inyección-soplado. Mediante extrusión-soplado se pueden obtener velocidades de producción muy elevadas con costes de producción muy bajos, sin embargo, se producen muchos recortes y el control del espesor de pared es muy limitado.

Los equipos de extrusión-soplado constan de una extrusora con un sistema plastificador (cilindro-tornillo) que deben permitir obtener un fundido uniforme a la velocidad adecuada. Se requiere además de un cabezal que proporcione un precursor (o parison) de forma tubular, con la sección transversal deseada. El equipo, además, consta de una unidad de soplado y un molde de soplado.

Desarrollamos este apartado utilizando como ejemplo el proceso industrial de Plastisax.

- **Aspectos generales de la empresa**

Plastisax cuenta con 32 máquinas de extrusión - soplado. Toda la información sobre la denominación y tipo de estas máquinas han sido facilitadas por el departamento de ingeniería de la empresa. Las 32 máquinas son de la marca LINCE, fabricación española. Para poder entender de la mejor forma posible el mecanismo de funcionamiento de estas máquinas se ha decidido sectorizar los componentes en los siguientes bloques: alimentación, extrusión, molde-soplado y circuito hidráulico.



Figura 1 y 2: Visión general de la planta

- **Alimentación**

La zona superior de la máquina tiene como misión principal la alimentación de la extrusora con material termoplástico. El proceso está regulado por un sensor de peso que acciona una bomba neumática cada vez que se supera el umbral de consigna establecido. La zona de alimentación esta compuesta por las siguientes partes: una bomba neumática,

un circuito de distribución y una tolva de geometría trapezoidal/cilíndrica dependiendo de la máquina.



Figura 3: Tolva de alimentación cilíndrica

- **Extrusión**

Para facilitar la compresión de esta parte de la máquina, se ha sectorizado el funcionamiento de la extrusión en tres zonas.

1. Accionamiento mecánico
2. Extrusión propiamente dicha
3. Cabezal

Accionamiento mecánico

Esta zona la componen un variador de frecuencia, un motor eléctrico y una reductora de trenes de engranajes. Este último componente tiene como misión principal la generación de la potencia mecánica necesaria que así permitirá accionar el movimiento del tornillo sin-fin. Debido a las altas temperaturas que se alcanzan en el interior de esta parte de la máquina y, para prevenir el sobrecalentamiento de los elementos internos y funcionamiento del motor, este lleva acoplado un ventilador que es accionado por un motor exterior. Por ultimo, el variador de frecuencia (Figura 1) tiene como función principal habilitar el punto de funcionamiento del motor y, con ello, su velocidad de giro.



Figura 4: Vista frontal del variador de frecuencia

Extrusión propiamente dicha

Volvemos a realizar una sectorización: zonas 1, 2 y 3. Todas estas zonas la componen los siguientes componentes: cilindro hueco/ barril, tornillo sin-fin, calentadores eléctricos, tres ventiladores eléctricos y tres circuitos de ventilación. La principal misión de estas zonas es recoger el material termoplástico de la tolva, expulsar el aire interno, fundirlo, comprimirlo, homogenizarlo y transportarlo hacia la zona del cabezal.

Se puede pensar que el calor que se genera por el efecto de cizalladura, entre el material termoplástico y las paredes del barril, no es suficiente para conseguir que el material termoplástico cambie su estado físico. Para solventar este problema contamos con una serie de calentadores en las paredes de cilindro hueco/barril que aportan ese calor extra. (Figura 5) Ahora bien, tampoco queremos alcanzar temperaturas demasiado altas que sobrecalienten el material termoplástico. Por ello, se instalan una serie de ventiladores que refrigeran bruscamente la camisa externa del cilindro hueco/barril. Todos estos sistemas están monitorizados mediante una serie de PIDs (Proporcional Integral Derivativo) ubicados en el panel principal que permiten controlar el encendido y apagado según las temperaturas de consigna deseadas. (Figura 6)



Figura 5: Calentadores de las zonas 1, 2 y 3



Figura 6: Panel de control con PIDs

Debido a la cantidad de horas de trabajo de la planta, se decidió instalar en cada una de las máquinas un control monitorizado de todas las consignas principales. Esta monitorización funciona con una serie de alarmas establecidas por el ingeniero de planta que establece unos rangos máximos y mínimos de los valores de consigna. Si estos valores salen del rango previsto, la estación envía una alarma al responsable de

producción advirtiéndolo del fallo de consigna en esa máquina. El objetivo es trabajar sobre unos límites de seguridad recomendados por el fabricante (Figura 7)



Figura 7: Sistema de monitorización

Cabezal

La zona del cabezal queda sectorizada, a su vez, por cuatro zonas: brida, cabezal, toroidales y boquillas. Todas estas zonas cuentan con una serie de calentadores eléctricos que permiten mantener la temperatura del flujo según la demanda desaseada. Igual que la parte de extrusión, estos calentadores están regulados por una serie de PIDs ubicados en el panel principal.

La zona de la brida tiene instalada en su interior una placa rompedora que cuenta, adicionalmente, con un juego de mallas que permite filtrar todos los elementos extraños no desaseados que podrían interrumpir la rotación del flujo. De esta forma, se consigue un flujo paralelo y uniforme.

La zona del cabezal tiene como objetivo principal que el flujo se bifurque a través de dos conducciones separadas, y así, poder moldear el parisón.



Figura 8: Brida y cabezal

En la última parte del cabezal encontramos los toroidales y las boquillas. El objetivo de los toroidales es conducir el parison hacia las boquillas. Por otro lado, el objetivo de las boquillas es el de moldear la forma definitiva del parison antes de entrar en el molde.



Figura 9: Toroidales 1 y 2

- **Molde y perno de soplado**

En la zona de moldeo debemos considerar dos funciones:

La mayoría de los moldes empleados en soplado no son capaces de proporcionar capacidad tan elevada de enfriamiento como los moldes empleados en inyección, lo que pasa por un diseño adecuado de los canales de refrigeración del molde. En soplado, la pieza se enfría solo por la superficie externa, aparte de la pequeña contribución al enfriamiento que realiza el aire de soplado, de modo que el enfriamiento es bastante deficiente si se compara con el proceso de inyección.

Plastisax emplea moldes de aluminio, acero y aleaciones de cobre-berilio. Es conocido que los moldes de aluminio presentan muy buena conductividad térmica, son fáciles de fabricar, pero su durabilidad no es muy elevada. En comparación, los moldes de acero son más duraderos y rígidos y los de Cu/Be son los que presentan mejor conductividad térmica. Los moldes de aluminio son los más empleados ya que presentan el mejor equilibrio entre conductividad térmica, duración y coste.



Figura 10: Imagen frontal del molde

Hay que tener en cuenta que en el moldeo por soplado el aire se introduce a presión dentro del precursor, de modo que este se expande contra las paredes del molde con tal presión que capta los pormenores de la superficie del molde. Por ello, es muy importante controlar la entrada del aire, que se hace mediante un tamaño adecuado del orificio de entrada ya que, si el canal de entrada es demasiado pequeño, el tiempo de soplado requerido será excesivamente largo, o la presión ejercida sobre el precursor no será adecuada para reproducir los detalles de la superficie del molde. Para evitar esto, se han establecido unas reglas generales en la determinación del tamaño óptimo del orificio de entrada de aire comprimido, en función del tamaño de la pieza. Su función principal es aumentar el volumen del parísón dentro del molde. Normalmente, la presión del aire que se emplea para soplar los precursores está comprendida entre 250 y 1000 kg/cm².

Una vez más, tanto el molde como los sopladores quedan controlados y regulados por un autómatas que está ubicado en el panel principal de mandos.

- **Circuito hidráulico**

Por último, solo nos queda analizar el circuito hidráulico de aceite. El objetivo de este componente no es más que el accionamiento de una serie de pistones que abren y cierran el molde. De nuevo se subdividen las zonas. Bomba, calderín y intercambiador de calor.

La bomba, de alimentación eléctrica, tiene como objetivo principal la impulsión de aceite de una alta resistencia térmica a través de una red de distribución de cobre. El control de este accionamiento queda regulado por un autómatas ubicado en el panel principal. El calderín, ubicado en la salida de la bomba, tiene como misión aportar el pico de presión necesario que en ciertos momentos la bomba no puede suministrar. El último componente es el intercambiador de calor cuya misión es enfriar el aceite del circuito hidráulico y, así, controlar la temperatura para evitar su degradación.



Figura 11: Calderín, caudalímetros y termómetros



Figura 12: Intercambiador de calor

- **Desglose de potencia unitario en una máquina de extrusión-soplado LINCE**

Describimos cada una de las potencias por zona y tipo de elemento en una máquina analizada. Cabe aclarar que todos los consumos que vamos a estudiar son eléctricos.

ZONA	TIPO DE ELEMENTO	POTENCIA (kW)	%
Alimentación	Bomba neumática	0,45	1,25
Extrusión	Calentador Zona 1	1,54	4,28
	Calentador Zona 2	1,54	4,28
	Calentador Zona 3	1,54	4,28
	Calentador Brida	0,79	2,19
	Calentador Cabezal	1,21	3,36
	Calentador Toroidal 1	0,55	1,53
	Calentador Toroidal 2	0,4	1,11
	Calentador Boquilla 1	0,66	1,83
	Calentador Boquilla 2	0,66	1,83
	Ventilador Zona 1	0,08	0,22
	Ventilador Zona 2	0,08	0,22
	Ventilador Zona 3	0,08	0,22
	Motor husillo	10	27,78
	Motor refrigeración	0,45	1,25
Circuito hidráulico	Bomba hidráulica	6,3	17,50
Otros consumos	Otros consumos	9,67	26,86
TOTAL		36	100,00

Tabla 1: Desglose de potencias por elementos en una máquina de extrusión-soplado LINCE

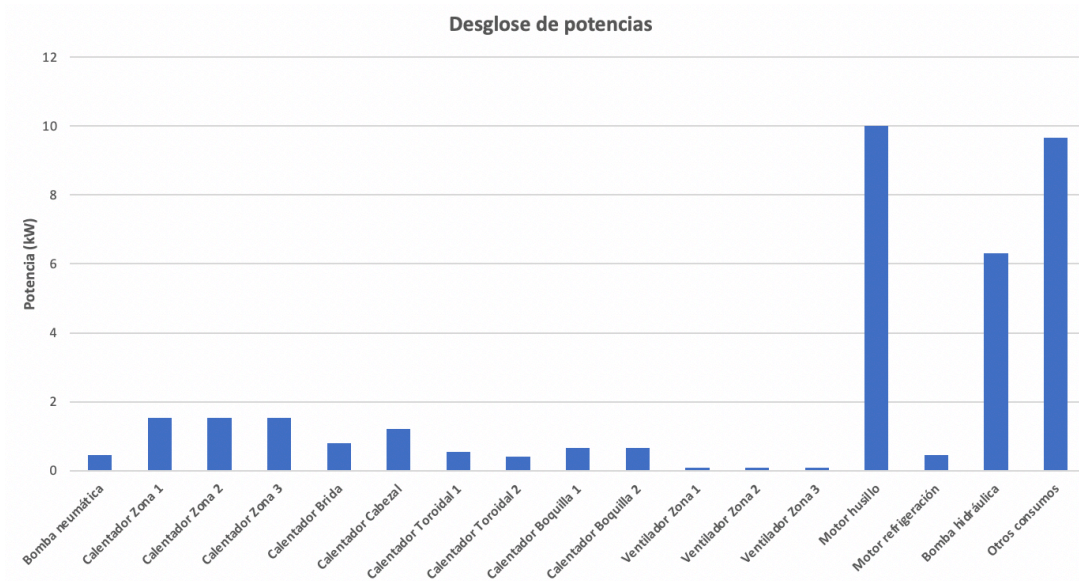
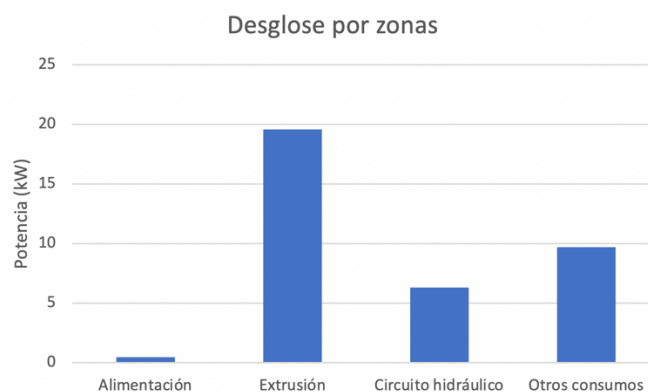


Gráfico 1: Desglose de potencias por elementos en una máquina de extrusión-soplado tipo LINCÉ

ZONA	POTENCIA (kW)	%
Alimentación	0,45	1,25
Extrusión	19,58	54,39
Circuito hidráulico	6,3	17,5
Otros consumos	9,67	26,86
TOTAL	36	100,00

Tabla 2 y Gráfico 2. Desglose de potencia por zonas de una máquina de extrusión-soplado LINCÉ



2.2. Motivación y justificación

El origen de este trabajo nace de una oportunidad que se me brindó a la hora de hacer mis prácticas de empresa. En dichas prácticas se me pidió analizar energéticamente toda la planta de una empresa, lo cual encontré muy interesante y necesario, y me motivó para realizar mi Trabajo Final de Grado sobre este tema.

Por otro lado, una parte muy importante del consumo de nuestra sociedad está vinculado, de manera indirecta, a un producto derivado de la extrusión-soplado y tiene un peso considerable en el consumo doméstico. Entender el consumo energético de una planta de estas características, asociado a su peso en la cesta de la compra hace que el continente adquiera, por sí mismo, un valor frente al contenido, ya que son dos procesos industriales bien diferenciados.

Como hemos comentado anteriormente, el desarrollo tecnológico-industrial de este análisis vendría justificado por la necesidad de encontrar el ahorro energético del proceso de fabricación, identificando dónde están los principales consumos, valorando la eficiencia de los mismos y, por su puesto, proponiendo medidas para su corrección.

Por último, la motivación más importante es la búsqueda continua de ahorro energético para poder generar una reducción en los efectos medioambientales. Según nos dice la literatura especializada, estamos llegando al límite de no retorno y es el momento de tener en consideración todos los procesos que puedan derivar en aumento de la presión medioambiental. Reducir el consumo energético en la industria de extrusión-soplado plástico tiene un importante impacto sobre la huella de CO₂. Buscar medidas que favorezcan un impacto ambiental positivo es, en sí mismo, una motivación.

3. NORMATIVA

Para la realización del presente informe se han tenido en cuenta las indicaciones recogidas en las normas UNE-EN 16247-1, 2, 3, 4 sobre auditorías energéticas y el RD 1164/2001 por el que se regulan los peajes y tarifas de acceso del sector eléctrico.

4. ÁMBITO DE APLICACIÓN

4.1. Metodología

- Recopilación de datos:
 - De la distribución en planta (*lay-out*)
 - De las redes eléctricas internas
 - Del estado del centro de transformación y banco de condensadores
 - De la curva de carga eléctrica cuarto-horaria del punto de suministro
 - De la factura eléctrica mensual del último año
 - Del inventario de cargas
 - Del uso y ocupación y espacios
- Construcción de un modelo energético teórico del cliente (modelado matemático)

- Evaluación de la distribución de consumos energéticos en función de la tipología de carga.
- Propuestas de mejora: simulación de los efectos de las medidas de ahorro energético en el consumo anual de la planta.

4.1.1. Datos generales de la empresa

Plastisax S.L inicia su andadura en 1963 fabricando piezas de plástico por inyección para el sector del juguete y persianas. Se encuentra en el municipio de Sax, en la provincia de Alicante. En el año 1985 la mercantil amplía su gama de fabricación al soplado de cuerpos huecos (botellas, tarros, envases, tubos, etc.) y dicen de sí mismos en su web <https://plastisax.com/>:



*“Plastisax no es sólo una **fábrica de botellas y envases de plástico**, sino que ofrecemos todo un **servicio integral**, en el que se incluye la **gestión de todas y cada una de las fases del complejo proceso de desarrollo de un envase**”.*

4.1.2. Distribución de los espacios

La empresa está situada en una parcela de 4.239,66m². Su fachada norte linda con el vial Z.V.2 del polígono industrial El Castillo. Su fachada sur linda con el vial secundario Z.V.2. Parte de su fachada linda con un terreno sin construir y la otra parte con una nave industrial vecina. Finalmente, su fachada oeste linda con la calle París. (Figura 13)

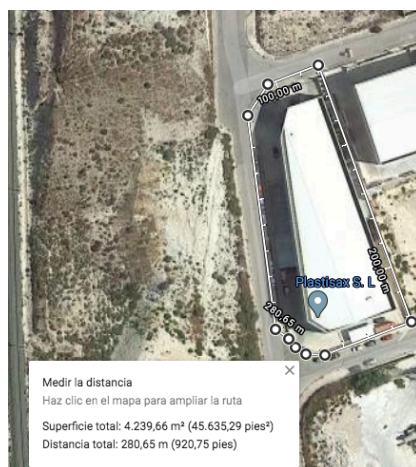


Figura 13: Mapa de superficie analizada

Una vez analizada la superficie total, determinamos la superficie útil de nuestra planta: 2.125,81m² (Figura 14)

Figura 14: Superficie total de la planta



Medir la distancia
Haz clic en el mapa para ampliar la ruta
Superficie total: 2.125,81 m² (22.882,01 pies²)
Distancia total: 216,24 m (709,46 pies)

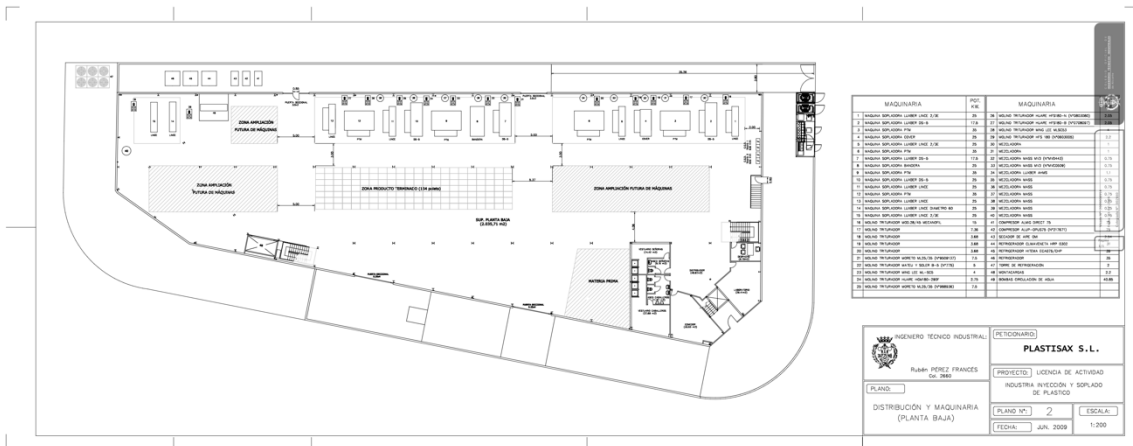


Figura 15: Planos de distribución y maquinaria

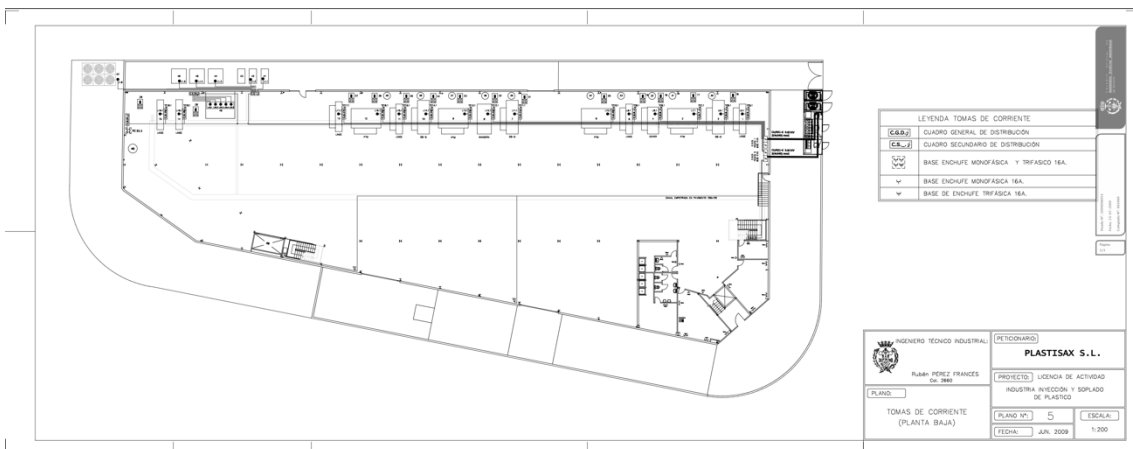
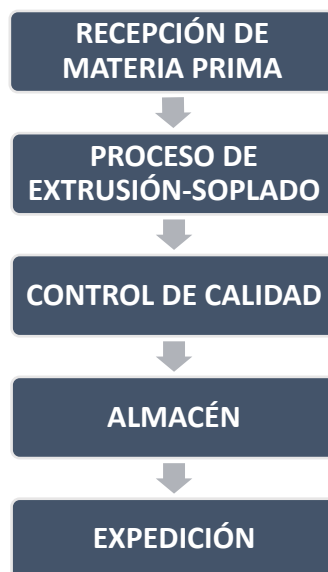


Figura 16: Planos de tomas de corriente

4.1.3. Proceso productivo



Según el diagrama de flujo, las estaciones productivas tienen las siguientes misiones:

- **Recepción de materia prima:** Los camiones de los proveedores de la materia prima, en nuestro caso PE, atracan en los muelles donde el personal de recepción, gracias a un elevador mecánico, descarga los palés. Estos productos son registrados y clasificados dentro del almacén. Su clasificación se realiza por color, peso y densidad.

La materia prima usada en el proceso productivo de PLASTISAX es el HDPE (*High Density Polyethylene*). El polietileno de alta densidad es un polímero termoplástico derivado del petróleo (*Figura 15*). A diferencia del polietileno de baja densidad LDPE, las cadenas moleculares del HDPE presentan escasas ramificaciones y el resultado es una mayor resistencia a la atracción y una mayor fuerza intermolecular respecto a la variedad del polietileno menos denso, esto se traduce en una mayor fuerza específica del material. Una de las características más importantes de este material es su elevada resistencia a altas temperaturas llegando a poder soportar entre 110 y 120°C.



Figura 17: Polietileno de alta densidad

El polietileno es envasado en sacos de 25kg y de 1.200kg (*Figura 65*). Los diferentes tamaños están en relación a la logística de cada una de las máquinas empleadas en el proceso.



Figura 18: Sacos de 25 y 1.200kg almacenados

- Proceso de extrusión-soplado: Proceso en el cual se transforma la materia prima en el producto final (ver apartado 2.1.2).
- Control de calidad: Una de las partes más importantes del proceso productivo es la calidad del mismo. Es de vital importancia que el producto terminado cumpla tanto normativa, como una serie de requisitos mínimos que garantizan lo demandado por el mercado. El principal objetivo es evitar cualquier tipo de defecto en el producto final. Así, al departamento de calidad se le otorga una gran responsabilidad debida a su vital importancia ya que es el encargado de controlar y acreditar la calidad de los productos finales durante los procesos de producción. El departamento de calidad se encarga de que esto se lleve a cabo con la mayor precisión posible (*Figura 17*).



Figura 19: Laboratorio de control de calidad

Plastisax cuenta con los siguientes formatos para efectuar el control de calidad. Estos métodos son aplicados a los productos terminados normalmente en cada turno de trabajo de 8 horas:

- **Control de calidad por poros:** Es un control que se efectuar a todos los envases producidos. Se trata de inyectar una cantidad predeterminada de aire a cada uno de los envases. Si esta cantidad inyectada se mantiene durante un determinado tiempo podemos asegurar que cumple con la porosidad máxima establecida por la normativa. Por el contrario, si el envase no mantuviera la carga inyectada, es rechazado y llevado al molino donde se triturará y será de nuevo introducido como grano.
- **Control de calidad visual:** Es un proceso más rudimentario. Se inspeccionan los envases de forma visual. Se buscan imperfecciones, grumos o una mala confección del envase. Como en el control de calidad por poros, el envase rechazado es llevado al molino para ser triturado.
- **Control de estanqueidad:** En cada turno de 8 horas se escogen aleatoriamente 3 muestras de un lote, se llenan de agua y se posicionan horizontalmente, para comprobar su estanqueidad (*Figura 18*). El encargado de calidad del siguiente turno, pasadas las 8 horas, debe de comprobar si la botella ha sufrido algún tipo de escape de líquido o conserva todo el líquido introducido en el turno anterior. Si todo es correcto, se considera bueno el lote y es aceptado para expedición. Por contra, si hay algún problema, se escoge otras 3 muestras aleatorias y se vuelve a comprobar la estanqueidad. Si después de la segunda prueba aleatoria persiste el fallo, todo el lote es bajado del almacén y mandado a triturar.

Cabe añadir, que estos son los 3 controles básicos que se efectúan a todos los productos terminados. Hay clientes que exigen mayores controles y mas exhaustivos como pueden ser: ensayo en campana de vacío, ensayo de capacidad R/B, mediciones interiores de diámetro. Estos productos adquieren un mayor valor en el mercado (<https://consultoria.anexia.es/blog/la-importancia-de-la-calidad-en-los-procesos-de-produccion>).



Figura 20: Control de estanqueidad

- **Embalaje:** Incluye etiquetado, registro y embalado
- **Almacén:** Alberga el producto terminado. Es el último paso antes de la expedición

Una vez los envases han superado con éxito los controles de calidad, el operario determina, dependiendo de las dimensiones, el número de envases por palé. Confeccionado el palé, en cada uno de los 4 lados se pegan etiquetas que tienen como función registrar el lote en el ERP (*Software* de gestión de producción). El lote, ya está listo para subir al almacén que se encuentra en la parte superior de la nave. Una vez arriba, se le asigna una posición y un número de expedición. El almacén dispone de una buena ventilación para evitar, en días de mucha radiación solar, que se alcancen elevadas temperaturas y pueda afectar al producto terminado (*Figura 19*)



Figura 21: Almacén de producto terminado

- **Expedición:** Clasificado según orden de pedido del cliente. (*Figura 20*)



Figura 22: Expedición

4.1.4. Uso y ocupación de los espacios

Para saber con certeza el consumo energético global de la planta, necesitamos conocer todos los periodos de funcionamiento y la ocupación de las zonas, clasificadas según un conjunto de agrupación para las estaciones de invierno y verano.

Se definen las siguientes zonas:

ZONA Nº	DESCRIPCIÓN
1	SALA REUNIONES
2	DIRECCIÓN
3	DESPACHO 1
4	DESPACHO 2
5	RECIBIDOR+ESCALERA
6	RECEPCIÓN-OFICINAS
7	RECEPCIÓN
8	SERVIDORES
9	BAÑO 1
10	BAÑO 2
11	PRODUCCIÓN
12	TALLER
13	STOCK 1
14	STOCK 2
15	COMPRESORES
16	ALMACÉN PRODUCTO
17	TALLER 2
18	ZONA PET
19	BAÑO 3
20	BAÑO 4
21	VESTUARIO 2
22	ZONA DE DESCANSO
23	CALIDAD
24	ASEO PRODUCCIÓN
25	VESTUARIO
26	ASEO AUXILIAR
27	TRÁNSITO PRODUCCIÓN
28	REPUESTOS
29	EXTERIORES
30	REFRIGERACIÓN

Tabla 3: Distribución de espacios

A continuación, se muestran los periodos de funcionamiento y la ocupación de las zonas clasificadas según un conjunto de agrupación para las estaciones de invierno y verano. Asimismo, para cada estación se ha analizado su comportamiento a lo largo del ciclo laboral y fin de semana/festivo.

ZONA Nº	DESCRIPCIÓN	PERIODO	INVIERNO				VERANO			
			HORA INICIO	HORA FINAL	DÍAS/SEMANA	Nº PERSONAS	HORA INICIO	HORA FINAL	DÍAS/SEMANA	Nº PERSONAS
1	SALA REUNIONES	LABORAL	10:00:00	13:00:00	5	6	10:00:00	13:00:00	5	6
		FIN DE SEMANA			0				0	
2	DIRECCIÓN	LABORAL	8:00:00	18:00:00	5	1	8:00:00	18:00:00	5	1
		FIN DE SEMANA			0				0	
3	DESPACHO 1	LABORAL	8:00:00	18:00:00	5	1	8:00:00	18:00:00	5	1
		FIN DE SEMANA			0				0	
4	DESPACHO 2	LABORAL	8:00:00	18:00:00	5	1	8:00:00	18:00:00	5	1
		FIN DE SEMANA			0				0	
5	RECIBIDOR+ESCALERA	LABORAL	8:00:00	14:00:00	5	1	8:00:00	14:00:00	5	1
		FIN DE SEMANA			0				0	
6	RECEPCIÓN-OFCINAS	LABORAL	8:00:00	18:00:00	5	5	8:00:00	18:00:00	5	5
		FIN DE SEMANA			0				0	
7	RECPECIÓN	LABORAL	8:00:00	18:00:00	5	1	8:00:00	18:00:00	5	1
		FIN DE SEMANA			0				0	
8	SERVIDORES	LABORAL	0:00:00	23:59:00	5	1	0:00:00	23:59:00	5	1
		FIN DE SEMANA	0:00:00	23:59:00	2			0:00:00	23:59:00	
9	BAÑO 1	LABORAL	8:00:00	14:00:00	5	1	8:00:00	14:00:00	5	1
		FIN DE SEMANA			0				0	
10	BAÑO 2	LABORAL	8:00:00	18:00:00	5	1	8:00:00	18:00:00	5	1
		FIN DE SEMANA			0				0	
11	PRODUCCIÓN	LABORAL	0:00:00	23:59:00	5	20	0:00:00	23:59:00	5	20
		FIN DE SEMANA	0:00:00	23:59:00	1			0:00:00	23:59:00	
12	TALLER 1	LABORAL	0:00:00	23:59:00	5	1	0:00:00	23:59:00	5	1
		FIN DE SEMANA	0:00:00	23:59:00	1			0:00:00	23:59:00	
13	STOCK 1	LABORAL	0:00:00	23:59:00	5	2	0:00:00	23:59:00	5	2
		FIN DE SEMANA	0:00:00	23:59:00	1			0:00:00	23:59:00	
14	STOCK 2	LABORAL	0:00:00	23:59:00	5	2	0:00:00	23:59:00	5	2
		FIN DE SEMANA	0:00:00	23:59:00	1			0:00:00	23:59:00	
15	COMPRESORES	LABORAL	0:00:00	23:59:00	5	1	0:00:00	23:59:00	5	1
		FIN DE SEMANA	0:00:00	23:59:00	1			0:00:00	23:59:00	
16	ALMACÉN PRODUCTO	LABORAL	0:00:00	23:59:00	5	3	0:00:00	23:59:00	5	3
		FIN DE SEMANA	0:00:00	23:59:00	1			0:00:00	23:59:00	
17	TALLER 2	LABORAL	8:00:00	10:00:00	5	1	8:00:00	10:00:00	5	1
		FIN DE SEMANA			0				0	
18	ZONA PET	LABORAL	8:00:00	19:00:00	5	1	8:00:00	19:00:00	5	1
		FIN DE SEMANA			0				0	
19	BAÑO 3	LABORAL	8:00:00	19:00:00	5	1	8:00:00	19:00:00	5	1
		FIN DE SEMANA			0				0	
20	BAÑO 4	LABORAL	8:00:00	19:00:00	5	1	8:00:00	19:00:00	5	1
		FIN DE SEMANA			0				0	
21	VESTUARIO 2	LABORAL	6:00:00	23:59:00	5	1	6:00:00	23:59:00	5	1
		FIN DE SEMANA			0				0	
22	ZONA DE DESCANSO	LABORAL	0:00:00	23:59:00	5	3	0:00:00	23:59:00	5	3
		FIN DE SEMANA	0:00:00	23:59:00	1			0:00:00	23:59:00	
23	CALIDAD	LABORAL	0:00:00	23:59:00	5	2	0:00:00	23:59:00	5	2
		FIN DE SEMANA	0:00:00	23:59:00	1			0:00:00	23:59:00	
24	ASEO PRODUCCIÓN	LABORAL	0:00:00	23:59:00	5	2	0:00:00	23:59:00	5	2
		FIN DE SEMANA	0:00:00	23:59:00	1			0:00:00	23:59:00	
25	VESTUARIO 3	LABORAL	0:00:00	23:59:00	5	10	0:00:00	23:59:00	5	10
		FIN DE SEMANA	0:00:00	23:59:00	1			0:00:00	23:59:00	
26	ASEO AUXILIAR	LABORAL	0:00:00	23:59:00	5	1	0:00:00	23:59:00	5	1
		FIN DE SEMANA	0:00:00	23:59:00	1			0:00:00	23:59:00	
27	TRÁNSITO PRODUCCIÓN	LABORAL	0:00:00	23:59:00	5	1	0:00:00	23:59:00	5	1
		FIN DE SEMANA	0:00:00	23:59:00	1			0:00:00	23:59:00	
28	REPUESTOS	LABORAL	0:00:00	23:59:00	5	1	0:00:00	23:59:00	5	1
		FIN DE SEMANA	0:00:00	23:59:00	1			0:00:00	23:59:00	
29	EXTERIORES	LABORAL	0:00:00	23:59:00	5	1	0:00:00	23:59:00	5	1
		FIN DE SEMANA	0:00:00	23:59:00	2			0:00:00	23:59:00	
30	REFRIGERACIÓN	LABORAL	0:00:00	23:59:00	5	0	0:00:00	23:59:00	5	0
		FIN DE SEMANA	0:00:00	23:59:00	1			0:00:00	23:59:00	

Tabla 4: Usos y ocupación de espacios

4.1.5. Datos de producción de la planta

Los datos que vamos a exponer han sido facilitados por la empresa. Se van a analizar la cantidad de botellas producidas por semana, mes y año y los consumos energéticos unitarios de la producción de las mismas. Antes de ello debemos tener en cuenta que se ha estimado un 80% del total de las máquinas disponibles funcionando por semana. No es posible contemplar el escenario de funcionamiento total ya que existen fallos mecánicos y, sobretodo, interrupciones debidas a los controles de calidad. El calendario laboral incluye 6 días por semana (de lunes a sábado). El día restante se reserva para las labores de limpieza y mantenimiento tanto de la maquinaria como de las instalaciones. Por ultimo, el funcionamiento anual de esta empresa son 52 semanas.

Partimos del dato facilitado por la empresa: 325 botellas por hora. A partir de este dato se hace el cálculo:

Unidades por día:

$$\text{Unidades de botellas por día} = \left(\frac{\text{Unidades}}{h} \times 24h \times \text{Numero de maquinas} \right) \times 0,80$$

El resultado de la ecuación es **207.168 botellas/día**

Unidades por semana:

$$\text{Unidades de botellas por semana} = \text{Unidades de botellas por dia} \times 6 \text{ dias}$$

El resultado de la ecuación es: **1.450.176 botellas/semana**

Unidades por año:

$$\text{Unidades de botellas por año} = \text{Unidades de botellas por semana} \times 52 \text{ semanas}$$

El resultado de la ecuación es: **75.409.152 botellas/año**

Consumo por unidad (se ha calculado a partir de la tabla 1).

$$\text{Consumo unitario por botella} = \frac{\text{Consumo unitario por maquina (W)}}{\text{Numero de botellas por hora}}$$

El resultado por unidad es: **110.76 Wh (0,1107 kWh)**

4.1.6. Inventario de cargas

Según el conjunto de zonas, se clasifica el inventario de cargas y las cantidades instaladas que construyen cada zona: oficinas, proceso productivo y almacén.

Oficinas:

ZONA Nº	DESCRIPCIÓN	DESIGNACIÓN DE CARGAS	NUMERO DE UNIDADES
1	SALA REUNIONES	CLIMA OFICINAS	1
		DL.2X18	9
		SENT. TRAB. LIGERO	6
2	DIRECCIÓN	CLIMA OFICINAS	1
		DL.2X18	6
		ORDENADOR PC	1
3	DESPACHO 1	CLIMA OFICINAS	1
		DL.2X18	3
		ORDENADOR PC	1
4	DESPACHO 2	FOTOCOP. PEQ.	1
		CLIMA OFICINAS	1
		DL.2X18	6
5	RECIBIDOR+ESCALERA	ORDENADOR PC	1
		FOTOCOP. PEQ.	1
		LÁMPARA RECIBIDOR	1
6	RECEPCIÓN-OFICINAS	CLIMA OFICINAS	1
		DL.2X18	10
		ORDENADOR PC	5
		FOTOCOP. PEQ.	1
		FOTOCOP. GRANDE	1
7	RECEPCIÓN	DISPENSADOR AGUA	1
		CLIMA OFICINAS	1
		DL.2X18	8
8	SERVIDORES	DL.2X18	2
		ORDENADOR PC	1
		RAC	1
		SAI	1
9	BAÑO 1	OB-80	1
10	BAÑO 2	OB-80	1

Tabla 5: Inventario de cargas oficinas

Proceso productivo y almacén:

ZONA Nº	DESCRIPCIÓN	DESIGNACIÓN DE CARGAS	NUMERO DE UNIDADES
11	PRODUCCIÓN	MAQ.17+AUX	0
		MAQ.14+AUX	1
		MAQ.13+AUX	1
		MAQ.12+AUX	1
		MAQ.11+AUX	1
		MAQ.10+AUX	1
		MAQ.9+AUX	1
		MAQ.8+AUX	1
		MAQ.4+AUX	1
		MAQ.3+AUX	1
		LINCE3+AUX	1
		MAQ.7+AUX	1
		MAQ.6+AUX	1
		MAQ.5+AUX	1
		MAQ.1+AUX	0
		MAQ.16+AUX	1
		MAQ.15+AUX	1
		MAQ.20+AUX	1
		MAQ.19+AUX	0
		MAQ.18+AUX	1
		MAQ.21+AUX	1
		MAQ.22+AUX	1
		MAQ.23+AUX	1
EMBALADORA	2		
	C.I-400	12	
	AIRLM-155	2	
	AIRLM-124	1	
	AIRLM-93	24	
	DE PIE TRAB. MOD.	20	
	VENTILADOR PRODUCCIÓN	2	
12	TALLER	FL. 2X58	1
		FL.2X36W	2
		MAQ. TALLER	1
13	STOCK 1	C.I-400	4
		AUXILIAR PRODUCCIÓN	1
14	STOCK 2	FL. 2X58	3
15	COMPRESORES	COMPRESORES	1
		GRUPO BOMBEO	1
		FL.2X36W	5
16	ALMACÉN PRODUCTO	PROYECTOR LED_2	2
		C.I-400	21
		ORDENADOR PC	1
17	TALLER 2	AIRLM-124	1
18	ZONA PET	MAQ.24+AUX	1
		AIRLM-124	1
19	BAÑO 3	B.C 40W	1
20	BAÑO 4	B.C 40W	1
21	VESTUARIO 2	B.C 40W	1
22	ZONA DE DESCANSO	DL.2X18	6
		VENDING CAFETERA	1
		VENDING BEBIDAS	1
		MICROONDAS	1
		NEVERA	1
23	CALIDAD	DL.2X18	6
		ORDENADOR PC	2
24	ASEO PRODUCCIÓN	DL.2X18	2
25	VESTUARIO 3	DL.2X18	5
		CALDERA ELÉCTRICA	1
26	ASEO AUXILIAR	DL.2X18	4
27	TRÁNSITO PRODUCCIÓN	DL.2X18	6
28	REPUESTOS	DL.2X18	2
29	EXTERIORES	FAROLA EXT. VSAP	4
		FAROLA LED	6
		PROYECTOR LED_1	5
		GLOBO	5
		VENTILADORES REFRIGERACIÓN	1
30	REFRIGERACIÓN	CARGA TÉRM. PROD	1
		CONDENSADOR ADQ	1
		ENFRIADORA INTECO RCASH40	1
		ENFRIADORA INTECO RCASH40	1

Tabla 6: Inventario de cargas producción y almacén

4.2. Modelado matemático energético

El departamento de ingeniería de Plastisax ha recogido, a lo largo de los años, una serie de datos de consumo con lo que han desarrollado un modelo teórico de su política energética. Hay que decir que este modelo está desglosado mensualmente según la tipología de carga eléctrica (Anexo 1.2)

Tras procesar sus datos y simular la curva de carga total, se observa que existe una variación entre la estimación teórica y el comportamiento real. Para poder hacer uso de estos datos con seguridad, hemos realizado un estudio de regresión lineal que mostramos en la siguiente gráfica:

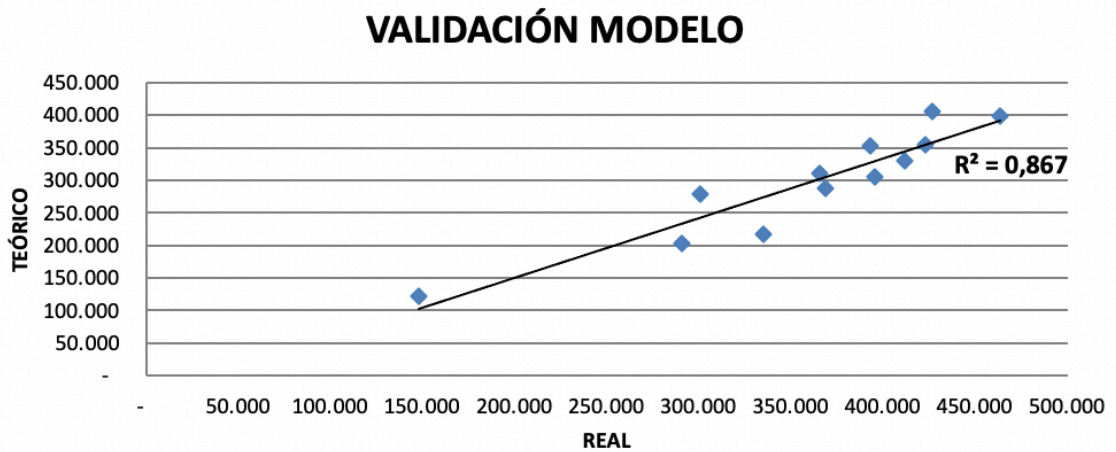
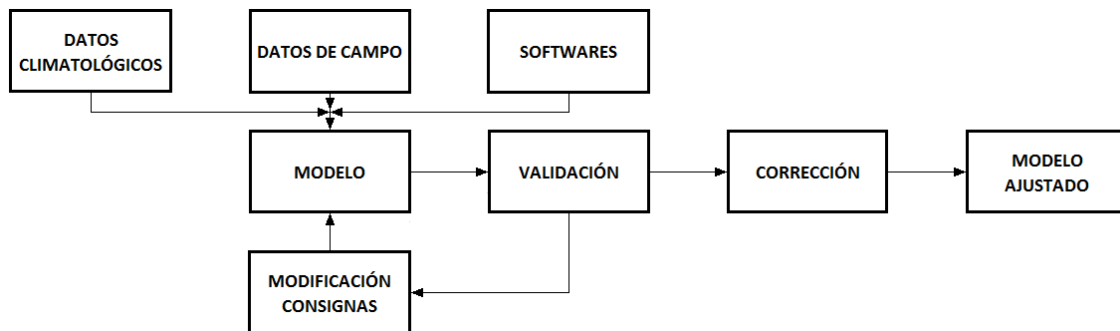


Gráfico 3: Análisis de dispersión

Como se observa, la (R^2) entre el modelo teórico y real es de **0,867**. Es sabido que todo modelo que proyecte un valor $R^2 > 0,7$ puede considerarse como válido.

El siguiente esquema representa el funcionamiento de nuestro modelo de verificación:



4.2.1. Validación del modelo

Tras realizar el proceso descrito anteriormente, se obtiene los siguientes resultados entre el modelo teórico y la curva de carga real del cliente:

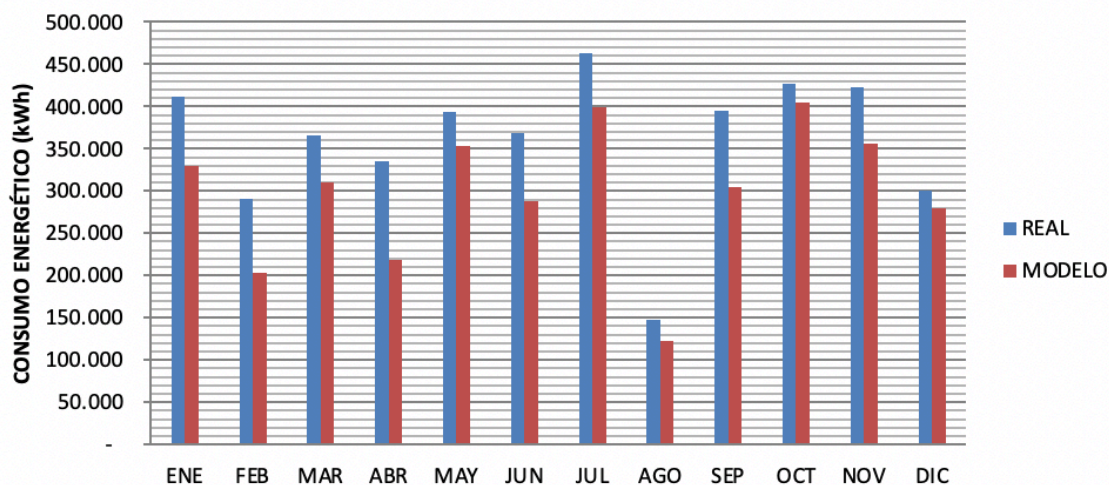


Gráfico 4: Comparación modelo teórico y real de consumo

4.2.2. Corrección del modelo

Con el fin de tener una mejor representación de la distribución de consumos, según la tipología de cargas y ajustada a la curva de carga real, se ha desarrollado la siguiente ecuación de corrección:

$$P_{TOTAL} = \sum_{i=1}^n K_i \cdot P_{TEO.i}$$

Donde:

$$K_i = \left(\frac{P_{TEO.i}}{P_{TEO.TOTAL}} \right) \cdot (P_{REAL.TOTAL} - P_{TEO.TOTAL})$$

Como se puede observar, suponemos que la desviación entre los valores teórico y real es en función del peso de cada carga en el modelo teórico. Por ello, el coeficiente corrector de cada carga variará, proporcionalmente, al peso de cada una dentro del modelo teórico.

Finalmente, mostramos los resultados obtenidos tras la corrección del modelo teórico y, a partir de este, utilizaremos el reparto de consumos para el estudio de análisis energético que desarrollamos a continuación.

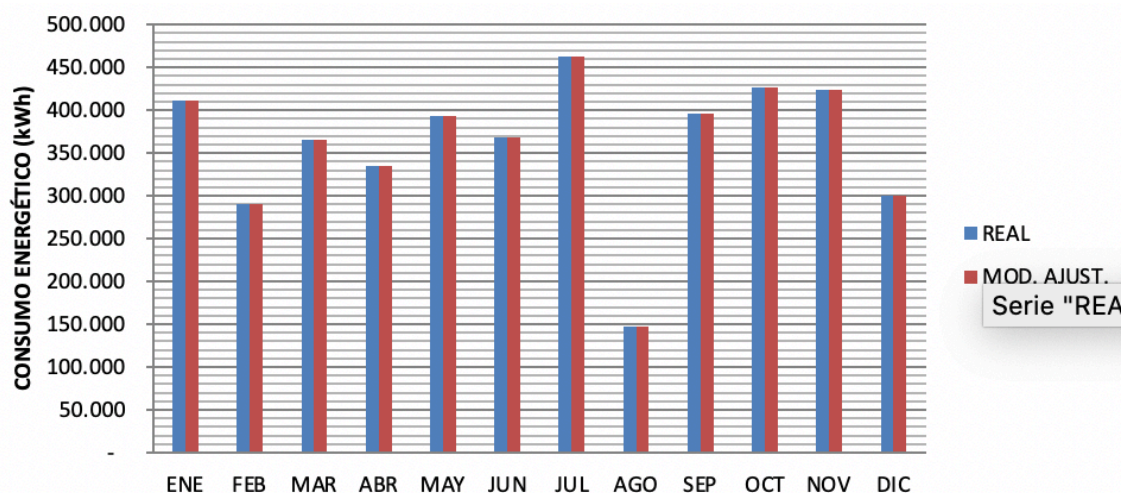


Gráfico 5: Comparación modelo ajustado y real de consumo

4.3. Análisis energético

4.3.1. Consumos energéticos globales

Para el análisis global del consumo, se han analizado las características del centro de transformación, la contratación eléctrica, el consumo energético según periodo horario y el gasto económico anual (Navarro Esbrí, J y Molés Ribera, F. 2015). Adicionalmente, haciendo uso de los datos registrados por los equipos de medida de la comercializadora eléctrica y las curvas de carga diarias de cada tipo de consumo, se ha obtenido el desglose del consumo según el tipo de tecnología anual y mensualmente.

La primera fase del análisis energético tiene como objetivo radiografiar la arquitectura del consumo del cliente. Para ello, se ha analizado el consumo eléctrico.

4.3.2. Consumos en energía eléctrica

Una vez determinado el perfil de consumos de nuestra empresa, deberemos analizar profundamente los consumos eléctricos. Primero, analizaremos globalmente el consumo de todas las cargas y, en segundo lugar, en detalle las particularidades de cada una.

4.3.3. Centro de transformación

La empresa auditada dispone desde 2019 de dos centros de transformación de 630 kVA (kilovoltio-amperios) instalados aguas abajo del punto de acceso que dispone la suministradora eléctrica. De esta forma, según el acta de puesta en marcha de dicho equipo, las características técnicas son las siguientes:

POTENCIA	2 x 630 kVA
TENSIONES	2000 ± 5% / 400V
MARCA	IMEFY

4.3.4. Características de la contratación eléctrica

Actualmente, la tarifa de contratación eléctrica que dispone nuestra empresa corresponde con una 6.1A, cumpliendo con la RD 1164/2001. Este tipo de tarifa eléctrica ofrece 6 periodos de discriminación horaria con diferentes precios. La compañía suministradora tiene instalados contadores de electricidad con registros cuarto-horarios, con los que la factura de la luz viene reflejada en cada periodo correspondiente, siendo P1 el de mayor importe y P6 el de menor.

Asimismo, el precio de la electricidad no solo depende de la hora del día sino también del mes, por lo que el consumo variará con la estacionalidad. Para el periodo analizado 2019 se ha aplicado el siguiente calendario energético:

Tabla 7: Calendario energético 6.1

Horas diarias	00_01	01_02	02_03	03_04	04_05	05_06	06_07	07_08	08_09	09_10	10_11	11_12	12_13	13_14	14_15	15_16	16_17	17_18	18_19	19_20	20_21	21_22	22_23	23_24	Horas diarias	
Enero	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2	Enero	
Febrero	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2	Febrero	
Marzo	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4	Marzo
Abril	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	Abril	
Mayo	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	Mayo	
Del 1 al 15 Junio	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P4	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	Del 1 al 15 Junio	
Del 16 al 30 Junio	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	Del 16 al 30 Junio	
Julio	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	Julio	
Agosto	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	Agosto	
Septiembre	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P4	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	Septiembre	
Octubre	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	Octubre	
Noviembre	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4	P4	Noviembre	
Diciembre	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2	Diciembre	

P1	34 horas anuales
P2	46 horas anuales
P3	24 horas anuales
P4	40 horas anuales
P5	48 horas anuales
P6	120 horas anuales

Sábados, domingos y festivos de ámbito nacional: P6 en todas las horas *
*Excluidos los festivos sustituibles, y los que no tienen fecha fija

Una vez especificadas las particularidades de la tarifa eléctrica contratada por nuestra planta, se presentan las características de su contrato con la empresa comercializadora:

REFERENCIA DEL CONTRATO	383871463	CUPS	ES0021000016046801YC	
COMERCIALIZADORA	EDP	DISTRIBUIDORA	IBERDROLA DISTRIBUCIÓN	
DURACIÓN CONTRATO	DESDE	---	HASTA	---
PEAJE DE ACCESO	6.1		DESCRIMINACIÓN HORARIA	6 PERIODOS
POTENCIA CONTRATADA	P1	800kW	P4	800kW
	P2	800kW	P5	800kW
	P3	800kW	P6	850kW

Tabla 8: Características de contratación eléctrica del cliente

4.3.5. Desglose del consumo

Se ha analizado el comportamiento energético de Plastisax a través de todas sus facturas eléctricas. Además, se ha tenido en cuenta los consumos en energía activa y reactiva. Asimismo, se ha analizado el comportamiento a nivel anual y mensual según periodo horario de la comercializadora.

Energía activa total

El consumo total de energía anual activa fue de **4,322 GWh**. A continuación, se muestra el reparto por periodo horario en kWh:

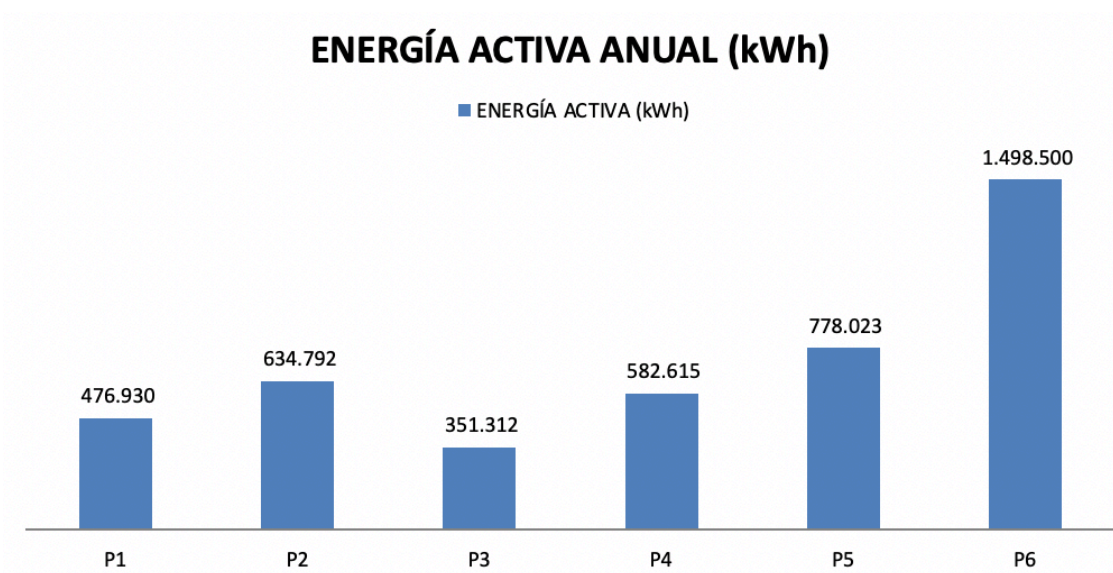


Gráfico 6: Energía activa anual

El desglose % por periodo quedaría tal que:

DESGLOSE POR PERIODOS DE ENERGÍA ACTIVA

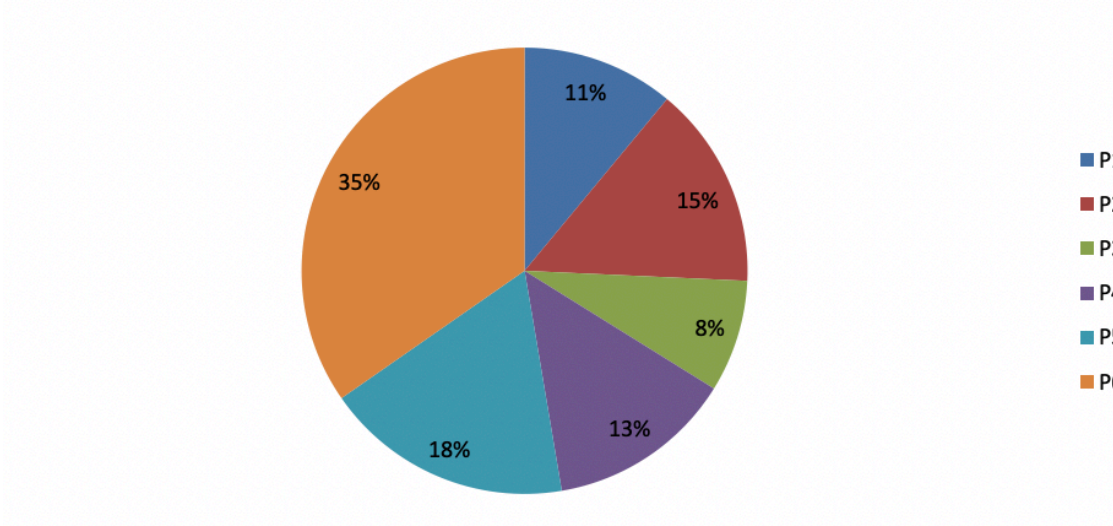


Gráfico 7: Periodos de energía activa

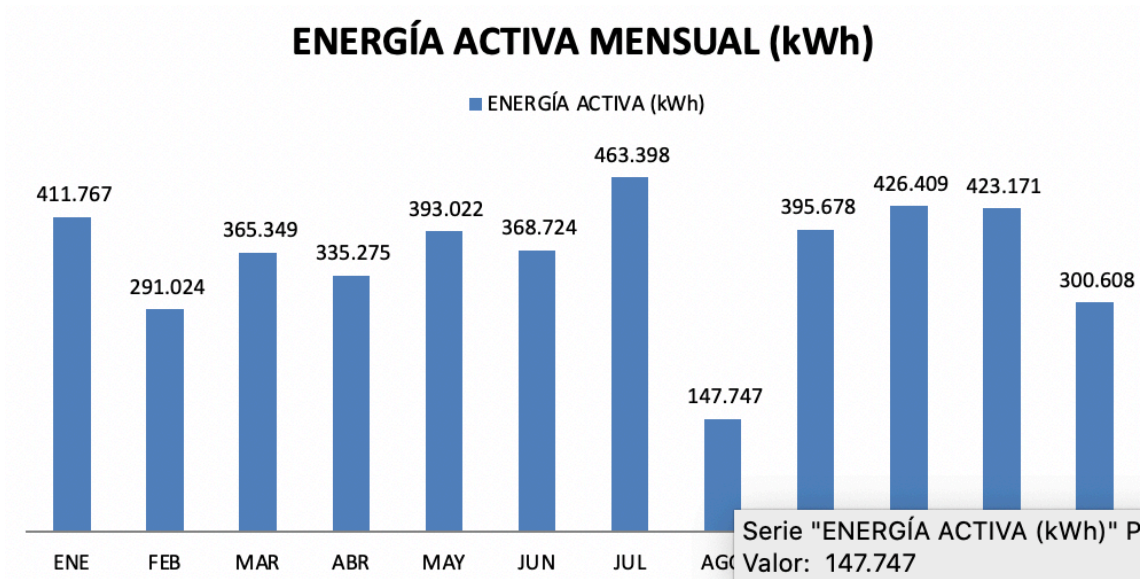


Tabla 9: Energía activa mensual

Energía reactiva total

El consumo total de energía anual reactiva fue de **41,728 GVarh**. A continuación, se muestra el reparto por periodo horario en kVarh:

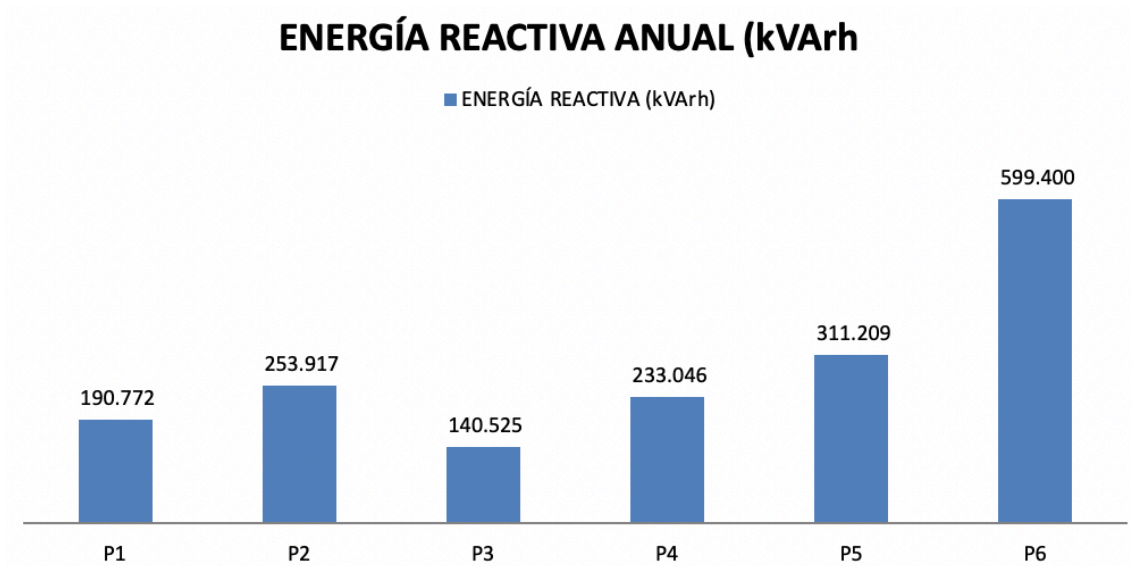


Tabla 10: Energía reactiva anual

DESGLOSE POR PERIODOS DE ENERGÍA RECTIVA

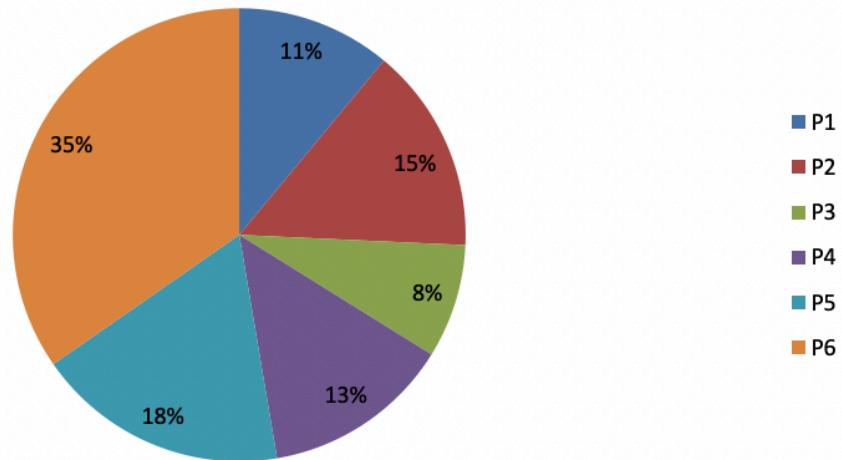


Gráfico 8: % por periodos de energía reactiva

El reparto mensual del consumo quedaría:

ENERGÍA REACTIVA MENSUAL (kVarh)

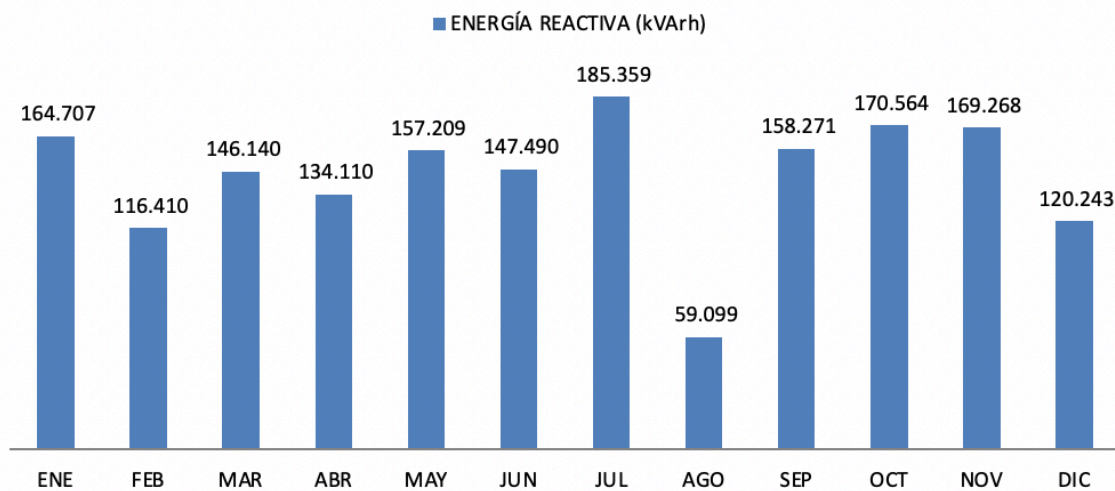


Tabla 11: energía reactiva mensual

4.3.6. Facturación eléctrica

La facturación total del año 2019 fue de **531.944€**. A continuación, se desglosa este importe según la facturación mensual y por concepto.

Actualmente, el suministro tiene contratado los siguientes precios.

El término de potencia (T.P) en €/kW-año:

P1	P2	P3	P4	P5	P6
39,139427	19,586654	14,334178	14,334178	14,334178	6,540177

El término de energía (T.E) en €/kWh :

P1	P2	P3	P4	P5	P6
0,093102	0,080021	0,067975	0,06068	0,058511	0,05008

El término de reactiva regulado por el RD 1164/2001 en €/kVArh:

- Si $0,8 < \cos\phi < 0,95$: 0,041554 €/kVArh
- Si $\cos\phi < 0,8$: 0,062332 €/kVArh

Exceso de potencia

Los excesos de potencia se calculan en función de las potencias contratadas en cada tipo de discriminación horaria y, en cada caso, dependiendo de cada tarifa, de las potencias realmente demandadas que hayan sido registradas mediante los equipos de medida correspondientes.

La facturación de los excesos de potencia para la tarifa de acceso 6.1A se calcula según la fórmula establecida en el RD 1164/2001, en caso de que la potencia que se demande supere en cualquier periodo horario la potencia contratada en el mismo, seguiremos esta ecuación.

$$F_{EP} = \sum_{i=1}^{i=6} K_i \cdot 1,4064 \cdot A_{ei}$$

De donde K_i es el coeficiente que tomará los siguientes valores dependiendo del periodo en el que estemos trabajando.

Periodo	1	2	3	4	5	6
K_i	1	0,5	0,37	0,37	0,37	0,17

Donde A_{ei} se calculará de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$A_{ei} = \sqrt{\sum_{j=1}^{j=n} (Pd_j - Pci)^2}$$

Siendo en cada caso:

P_{dj} = Potencia demandada en cada uno de los cuartos de hora del periodo i , en que se haya sobrepasado P_{ci}
 P_{ci} = Potencia contratada en el periodo i considerado.
 Estas potencias se expresan en kW. Los excesos de potencia se facturan mensualmente.

FACTURACIÓN ELÉCTRICA MENSUAL

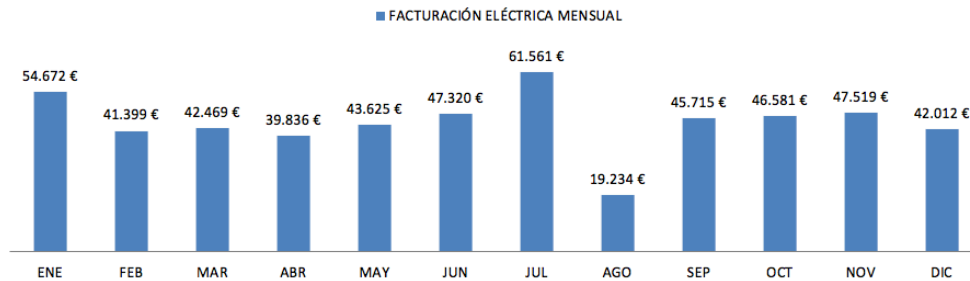
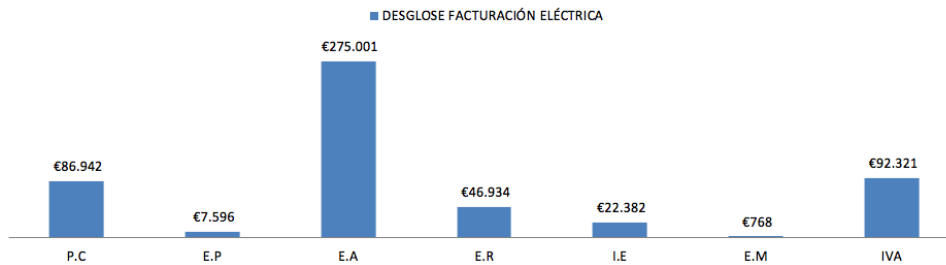


Tabla 12: Facturación eléctrica mensual

DESGLOSE FACTURACIÓN ELÉCTRICA



DESGLOSE FACTURACIÓN ELÉCTRICA

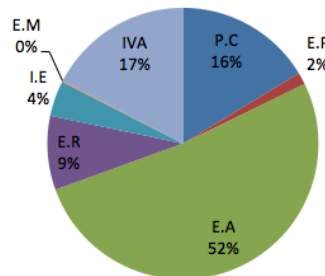


Tabla 13 y Gráfico 9: Desglose de la facturación eléctrica

- Potencia Contratada (P.C)
- Excesos de Potencia (E.P)
- Energía Activa (E.A)
- Energía Reactiva (E.R)
- Impuesto Eléctrico (I.E)
- Equipo de Monitorización (E.M)
- Impuesto de Valor Añadido (IVA)

4.3.7. Curva de carga

En este apartado se analiza el comportamiento por hora del consumo energético. Para ello, se ha accedido a la curva de carga de nuestra empresa dentro del portal web de la comercializadora eléctrica, donde se descargaron los 35.040 valores correspondientes al consumo energético en kilovatios-hora de cada cuarto de hora para todo el año. Así, la curva de carga del consumo con discriminación mensual del cliente ha sido la que se presenta en la siguiente grafica:

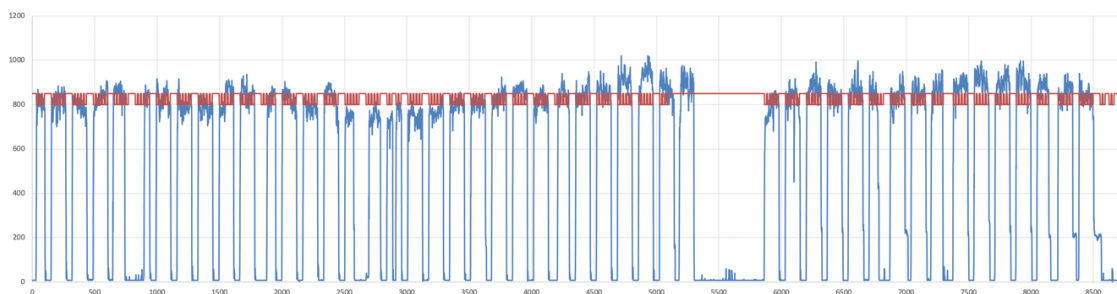


Gráfico 10: Curva de carga con discriminación mensual

4.3.8. Desglose de cargas anuales según tecnología

Haciendo uso del modelo corregido y la curva de carga cuarto-horaria real del punto de suministro, realizamos el análisis energético según la tipología de carga.

A continuación, se muestra el desglose de cargas por tecnología, en kWh:

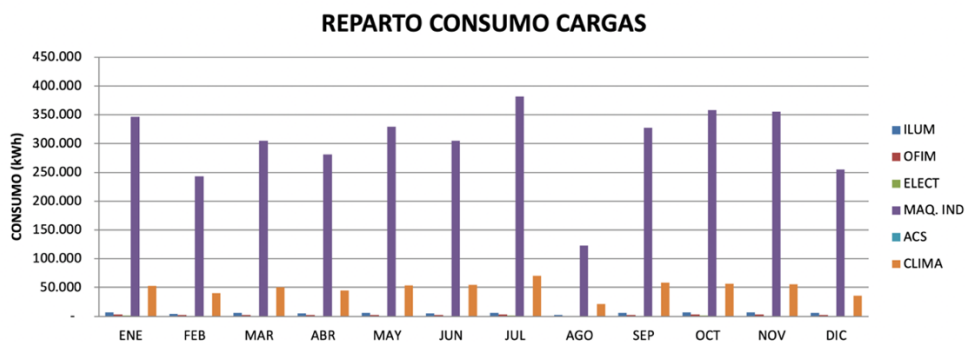


Tabla 14: Reparto de cargas mensual

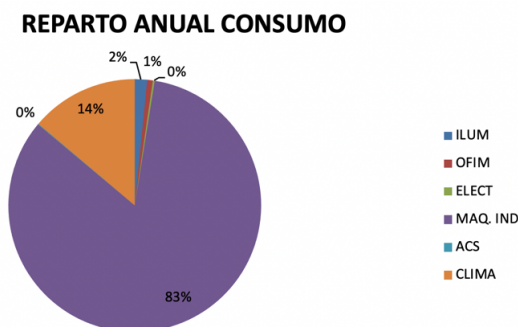
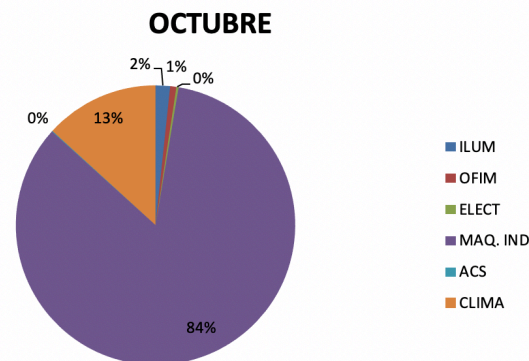
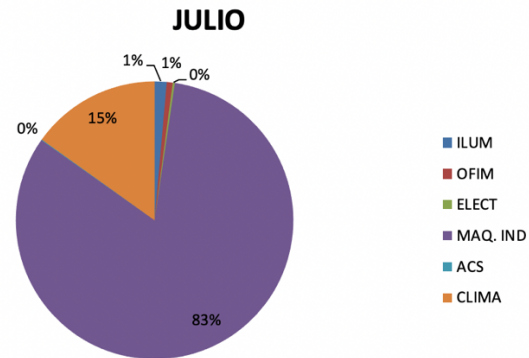
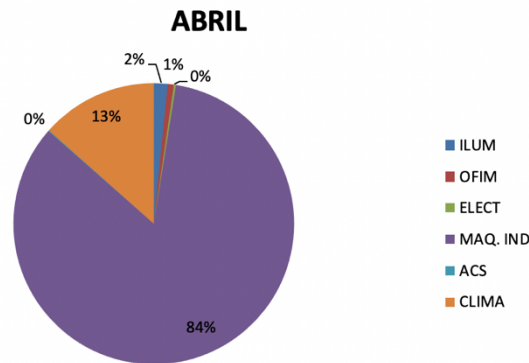
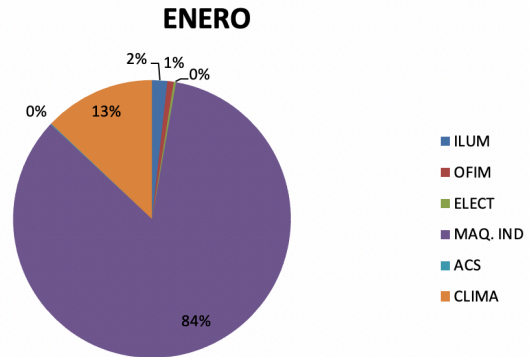


Gráfico 11: Reparto anual del consumo según tecnología en %

Además, se ha analizado la variación estacional del consumo seleccionando enero, abril, julio y octubre como invierno, primavera, verano y otoño, respectivamente:

Gráfico 12: Variación estacional del consumo



4.3.9. Potencia instalada total

A continuación, se muestra la potencia total instalada en nuestra empresa. Se desglosa también este por tipología de carga para que se pueda estudiar mas adelante dónde se podría efectuar una mayor reducción el consumo energético

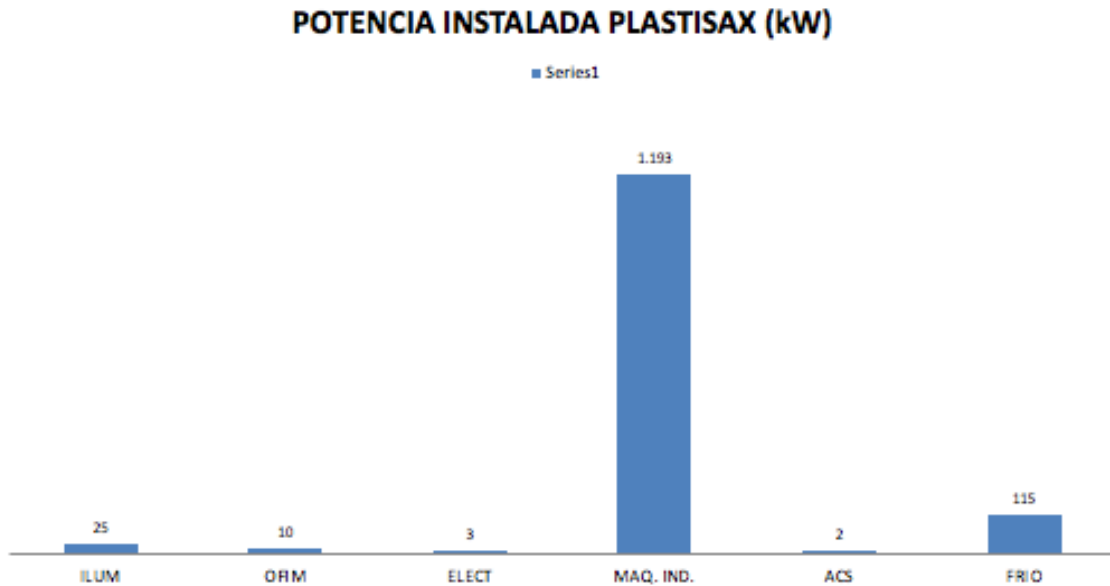


Tabla 15: Potencia instalada en el cliente (kW)

El desglose de potencia instalada según tipología de carga quedaría:

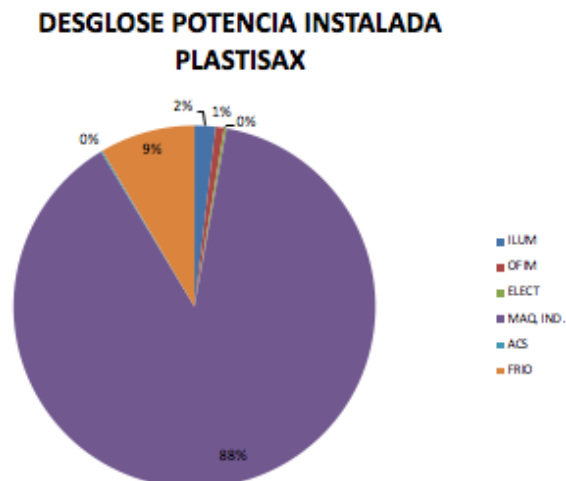


Gráfico 13: Potencia instalada en el cliente (kW)

4.3.10. Consumos eléctricos particulares

El detalle de los consumos eléctricos se desglosa en climatización, iluminación, maquinaria industrial, ofimática, servidores y electrodomésticos +ACS.

4.3.10.1. Consumo en climatización

La primera carga analizada, por relevancia y dependencia energética, es la climatización.

Debemos diferenciar las zonas de climatización en Plastisax. Existen dos grandes sectores: Uno situado en la zona de oficinas y otro, situado en planta, que es el encargado del circuito refrigeración hidráulico de las máquinas de extrusión soplado.

Respecto a las oficinas, contamos con un equipo de refrigeración tipo *Fan Coil*. Del propio nombre podemos ya intuir de qué se trata el sistema. Posee un ventilador (fan) y un batería de intercambio térmico (coil) por el cual circula el agua fría o caliente. Este sistema cuenta también con una bandeja de condensados para así poder recoger el agua proveniente del intercambio térmico.

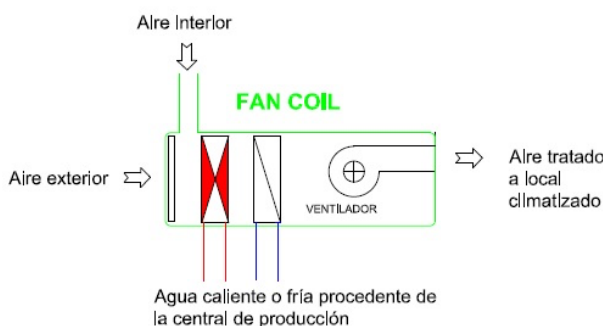


Figura 23: Representación esquemática de un Sistema Fan Coil

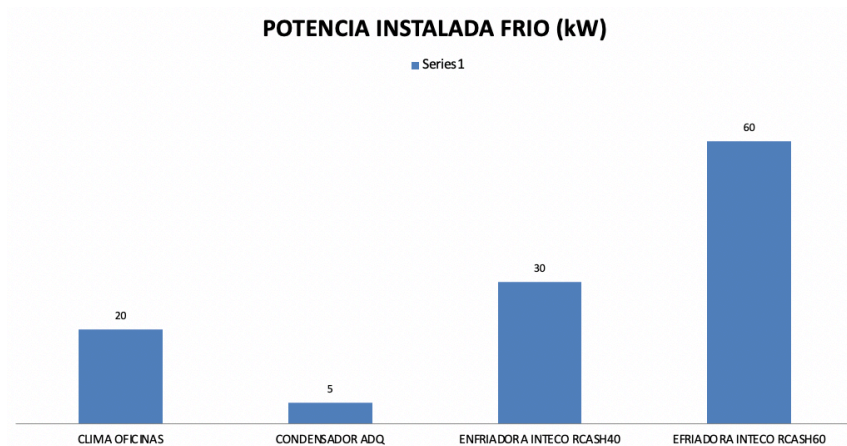
En relación al circuito de refrigeración hidráulico. Como hemos nombrado anteriormente, en el interior del molde hay conductos de refrigeración que hacen que el molde se enfríe bruscamente liberando el envase. Este brusco enfriamiento tiene como objetivo absorber todo el calor producido en el proceso y enfriar tanto la pieza moldeada como el molde en si.

Respecto a nuestra planta, se analiza la potencia instalada de los distintos equipos y se comparara con el valor teórico de la demanda térmica de la simulación computacional a través del *software* VP-CLIMA. En segundo lugar, con apoyo de los datos obtenidos por el modelo computacional, se ha realizado el consumo energético global de dichos equipos.

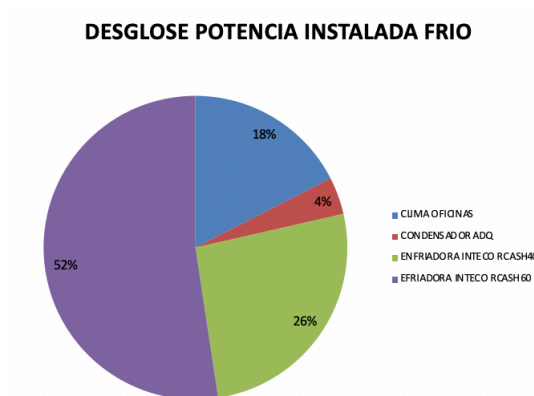
Potencia instalada teórica de los equipos de climatización y frío industrial

Se muestra a continuación el desglose de potencia instalada de los equipos de climatización y frío industrial:

Tabla 16 y Gráfico 14: Potencia instalada en frío



El desglose en % de los equipos de climatización y frío industrial quedaría:



Demanda térmica de los equipos de climatización en administración

Para el análisis de la demanda térmica de los equipos de climatización utilizaremos el *software* VP-CLIMA (versión 2.18). Para ello, será necesario introducir las características constructivas de los locales, su ocupación y sus usos. A continuación, se muestran los resultados obtenidos.

Cargas térmicas de refrigeración

Elemento	Fecha máximo	Potencia total [kW]	Potencia sensible [kW]	Ratio total [W/m ²]	Ventilación Impulsión [m ³ /hora]	Potencia total climatizador [kW]	Potencia sensible climatizador [kW]
Edificio	Hora: 11; Mes: Octubre	20,91	19,89	90	228,24	-	-
Zona_demanda	Hora: 11; Mes: Octubre	20,91	19,89	90	228,24	-	-
ADMINISTRACIÓN + PASILLO	Hora: 10; Mes: Septiembre	10,72	10,32	89	72	-	-
DESPACHO 1	Hora: 11; Mes: Octubre	3,62	3,49	110	23,76	-	-
DESPACHO 2	Hora: 11; Mes: Octubre	2,13	2,03	174	18	-	-
DESPACHO 3	Hora: 11; Mes: Octubre	2,6	2,53	130	14,4	-	-
SALA REUNIONES	Hora: 11; Mes: Agosto	1,14	0,72	34	72	-	-
SALA SERVIDORES	Hora: 11; Mes: Julio	1,05	1,05	75	0	-	-

Cargas térmicas de calefacción

Elemento	Fecha máximo	Potencia total [kW]	Potencia sensible [kW]	Ratio total [W/m ²]	Ventilación Impulsión [m ³ /hora]	Potencia total climatizador [kW]	Potencia sensible climatizador [kW]
Edificio	Hora: 10; Mes: Enero	-6,32	-5,34	-27	228,24	-	-
Zona_demanda	Hora: 10; Mes: Enero	-6,32	-5,34	-27	228,24	-	-
ADMINISTRACIÓN + PASILLO	Hora: 10; Mes: Enero	-3,19	-2,84	-27	72	-	-
DESPACHO 1	Hora: 10; Mes: Enero	-1	-0,89	-30	23,76	-	-
DESPACHO 2	Hora: 10; Mes: Enero	-0,57	-0,48	-47	18	-	-
DESPACHO 3	Hora: 10; Mes: Enero	-0,65	-0,58	-33	14,4	-	-
SALA REUNIONES	Hora: 10; Mes: Febrero	-0,83	-0,48	-24	72	-	-
SALA SERVIDORES	Hora: 10; Mes: Febrero	-0,07	-0,07	-5	0	-	-

Utilizando los resultados de la simulación computacional en VP-CLIMA obtenemos la siguiente demanda de energética térmica por local:

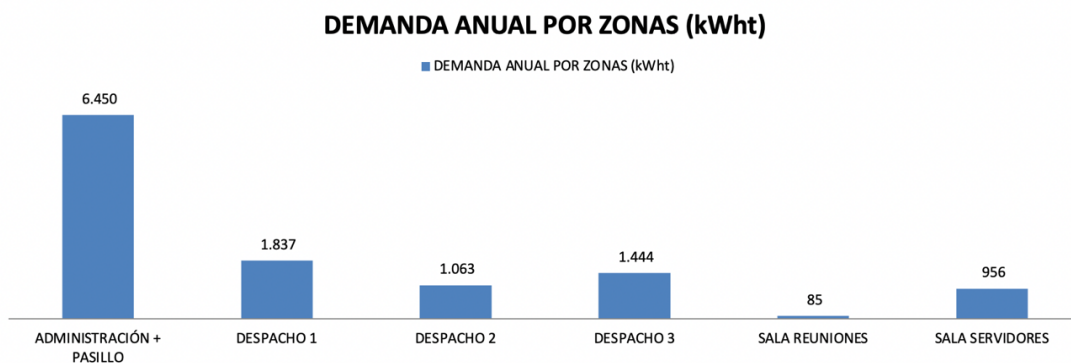


Tabla 17: Demanda anual por zonas

El reparto mensual de demanda térmica quedaría:

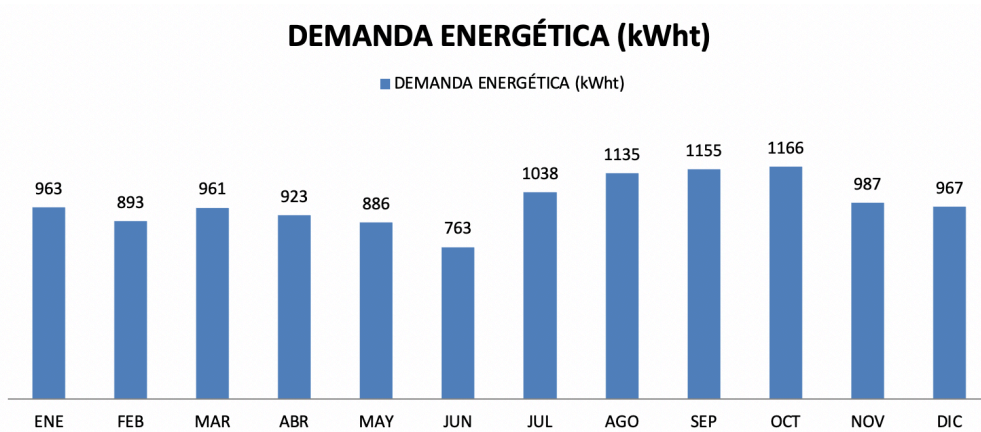


Tabla 18: Demanda térmica mensual

Utilizando los resultados del modelo energético ajustado se estima el siguiente consumo mensual en kWhe:

Tabla 19: Consumo mensual en climatización

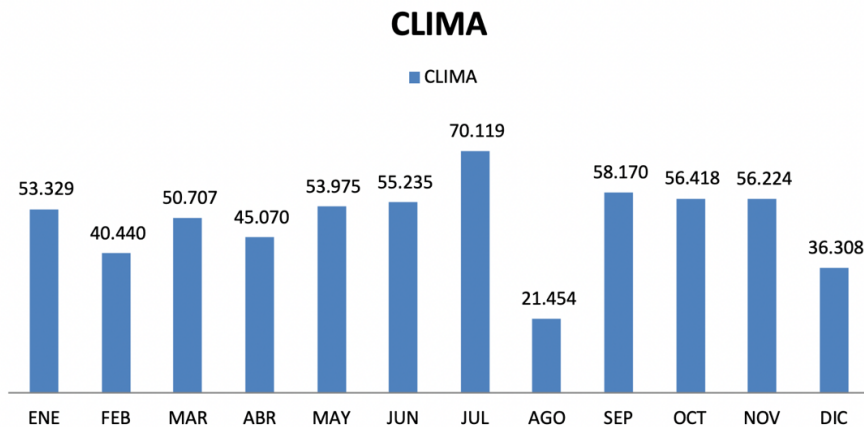
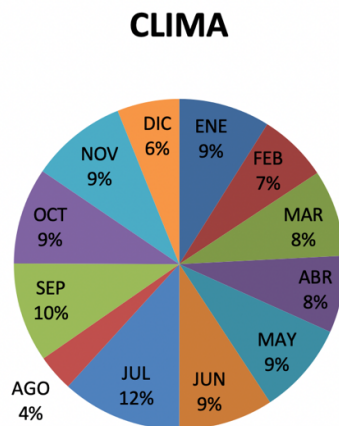


Gráfico 15: % Consumo mensual en climatización



4.3.10.2. Consumo en iluminación

Para el análisis de la iluminación se ha examinado la potencia instalada según la zona, así como la política de consumo anual con discriminación mensual:

Potencia instalada en iluminación

En la siguiente gráfica se desglosa la potencia instalada según tipología en kW:

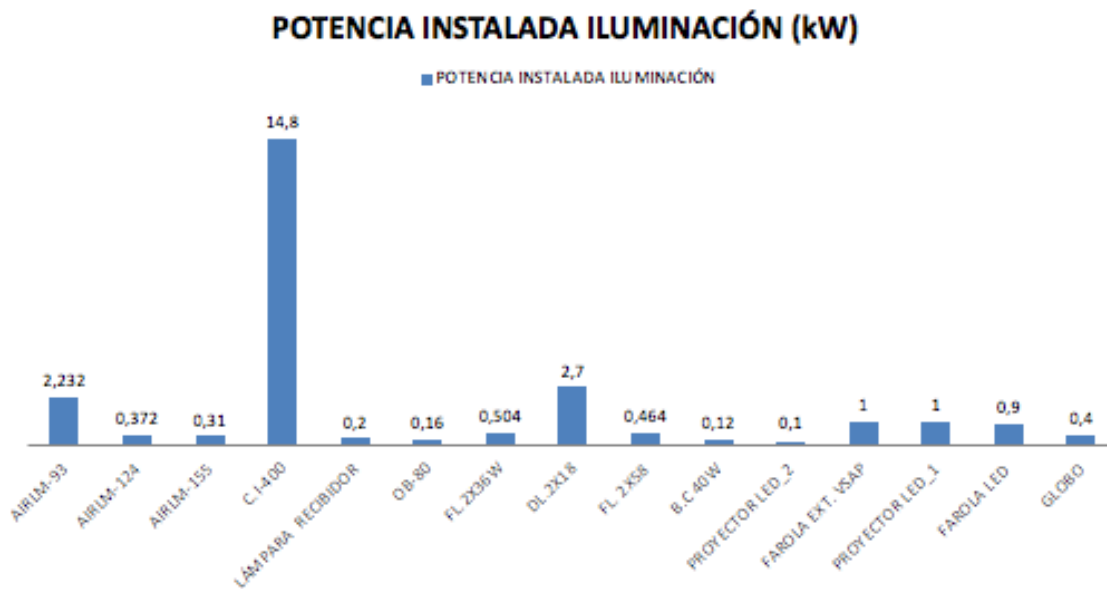


Tabla 20: Potencia instalada en iluminación

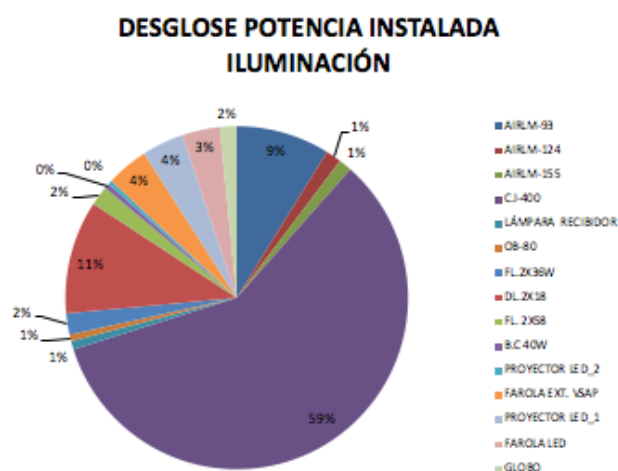
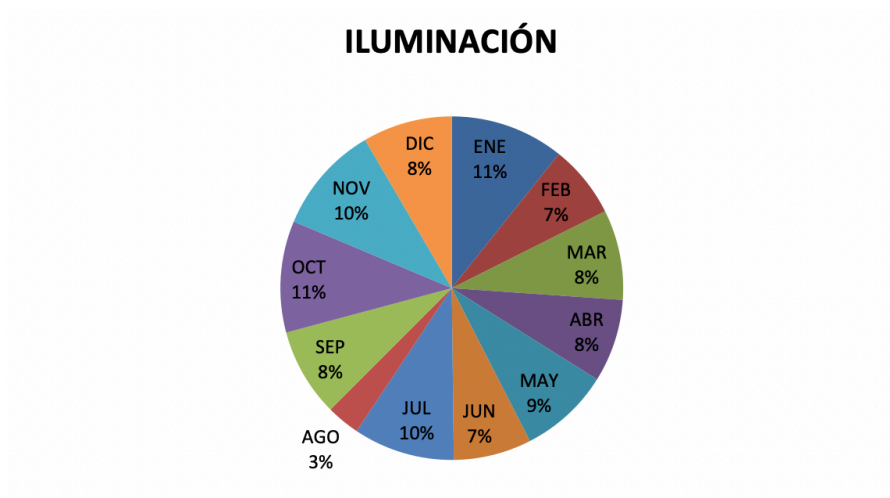
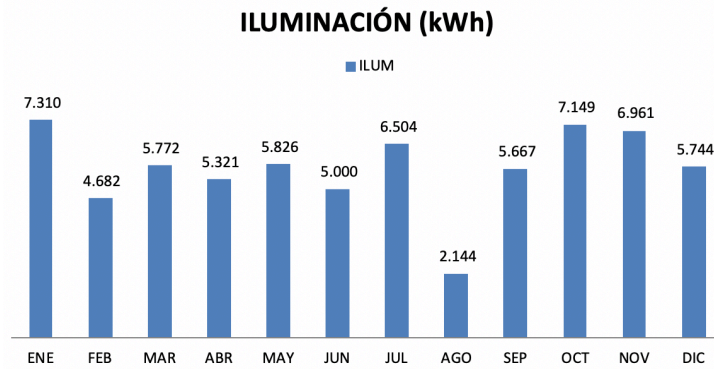


Gráfico 16: % Potencia instalada en iluminación

Consumo energético mensual de iluminación:

Tabla 21 y Gráfico 17: Consumo energético mensual en iluminación

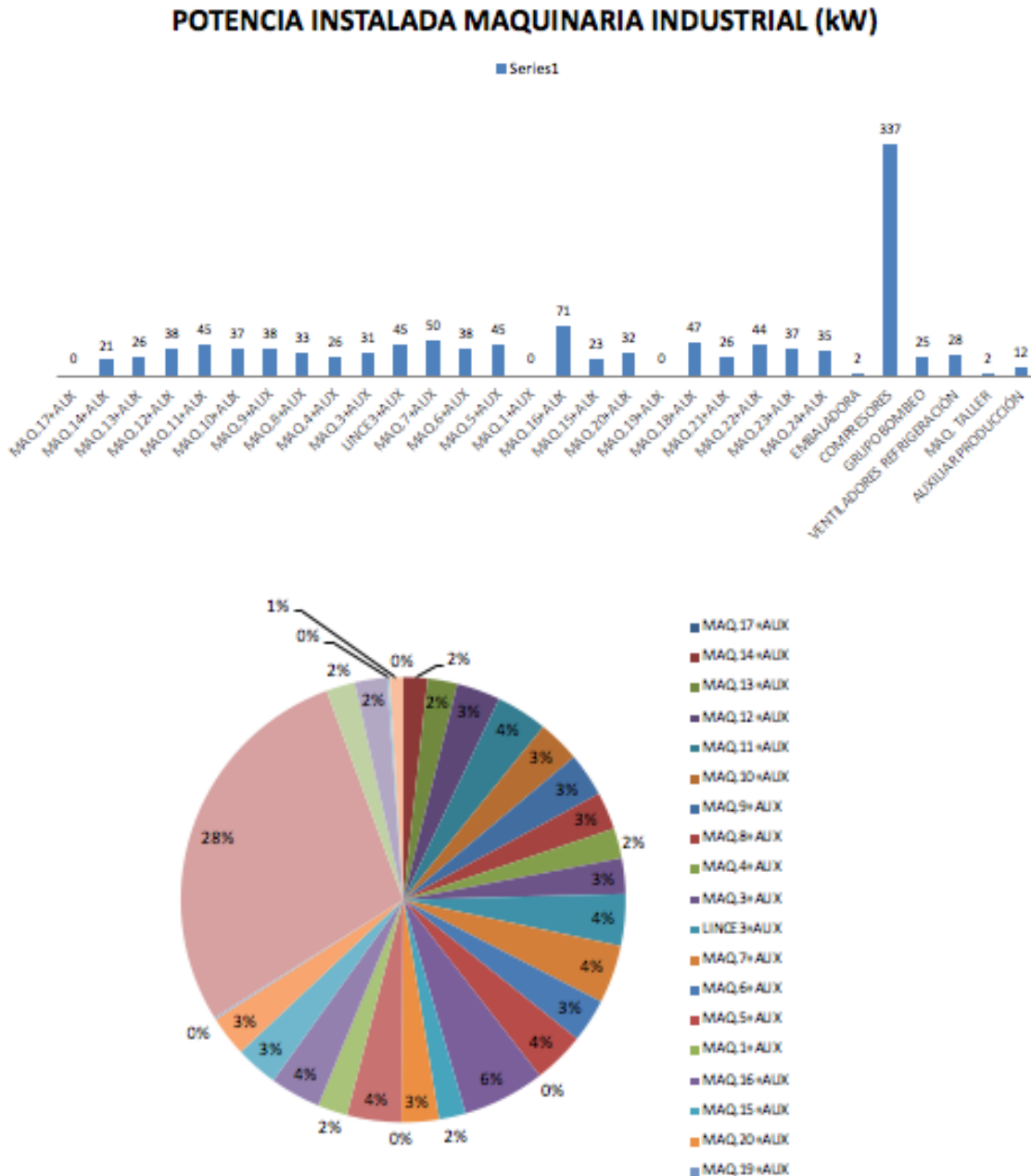


4.3.10.3. Consumo en maquinaria industrial

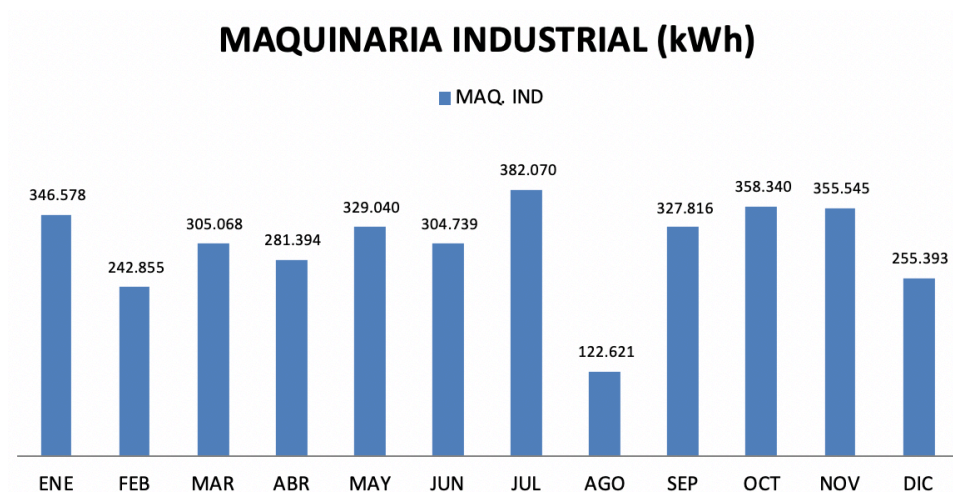
La tercera carga de interés que se ha analizado es la de maquinaria industrial. Concretamente, se ha analizado la potencia instalada y su política de consumo energético tan anual como mensual.

Potencia instalada en maquinaria industrial

Tabla 22 y Gráfico 18: Potencia instalada en maquinaria industrial



Consumo energético en maquinaria industrial



MAQUINARIA INDUSTRIAL

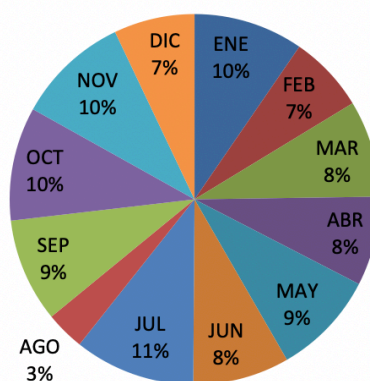


Tabla 23 y Gráfico 19: Consumo energético en maquinaria industrial

4.3.10.4. Consumo en ofimática y servidores

La cuarta carga de interés corresponde a la de consumos en ofimática y servidores. Se ha analizado la potencia instalada y el consumo energético a nivel anual y mensual.

Potencia instalada en ofimática y servidores

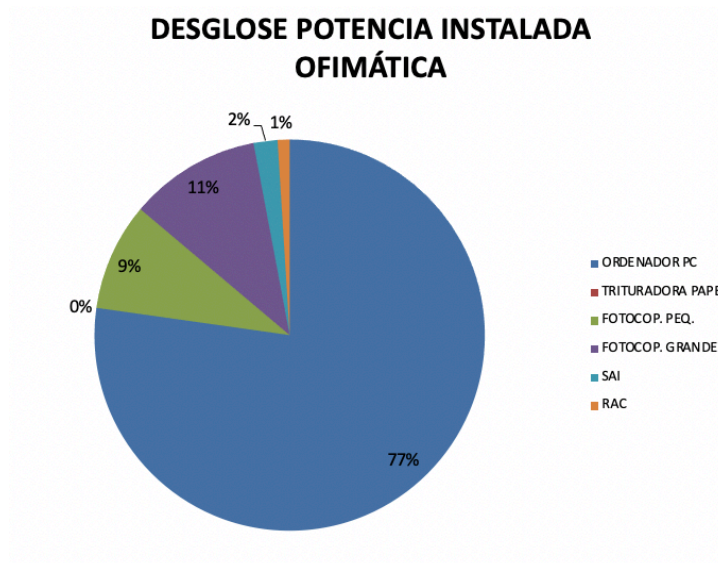
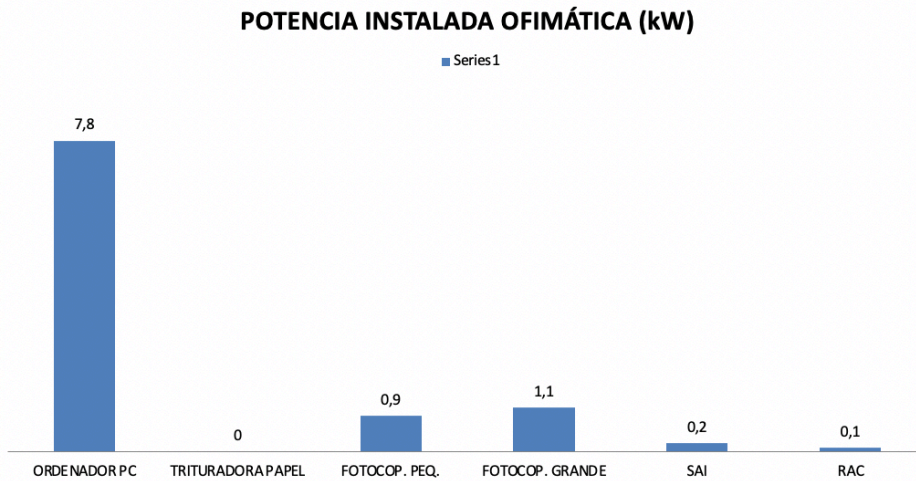
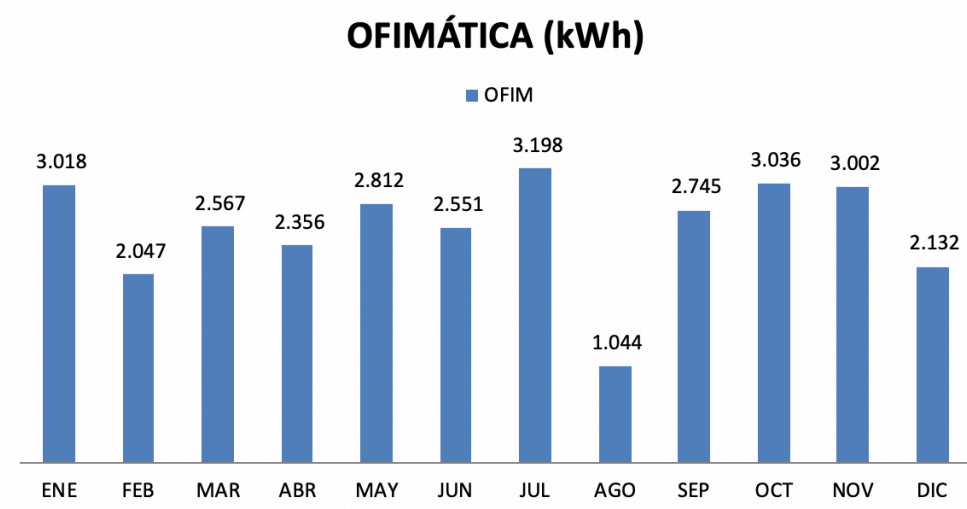


Tabla 24 y Gráfico 20: Potencia instalada en ofimática

Consumo energético en ofimática y servidores



OFIMÁTICA

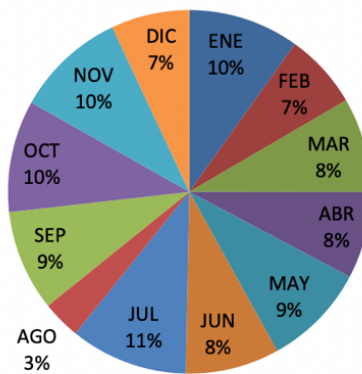
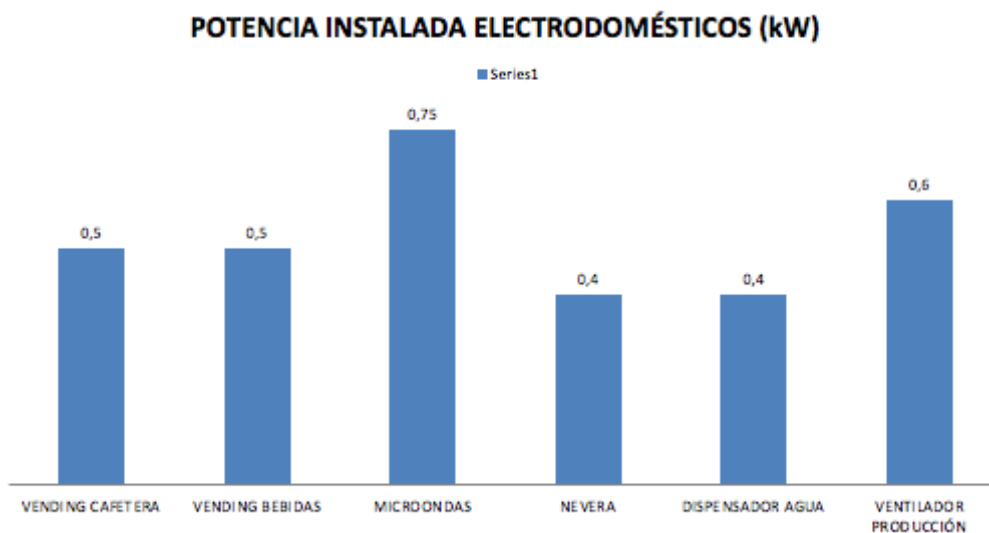


Tabla 25 y Gráfico 21: Consumo energético en ofimática

4.3.10.5. Consumo en electrodomésticos

La quinta carga de análisis particular corresponde a la de electrodomésticos. En este apartado se ha analizado la potencia instalada según el subtipo de tecnología, la política de consumo energético.

Potencia instalada en electrodomésticos



DESGLOSE POTENCIA INSTALADA ELECTRODOMÉSTICOS

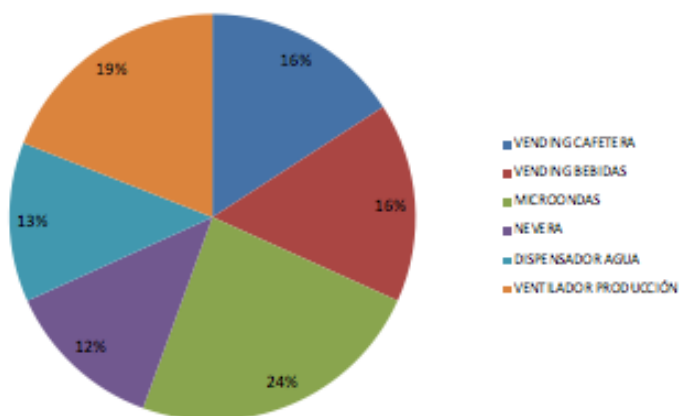


Tabla 26 y Gráfico 22: Potencia instalada en electrodomésticos

Consumo energético en electrodomésticos

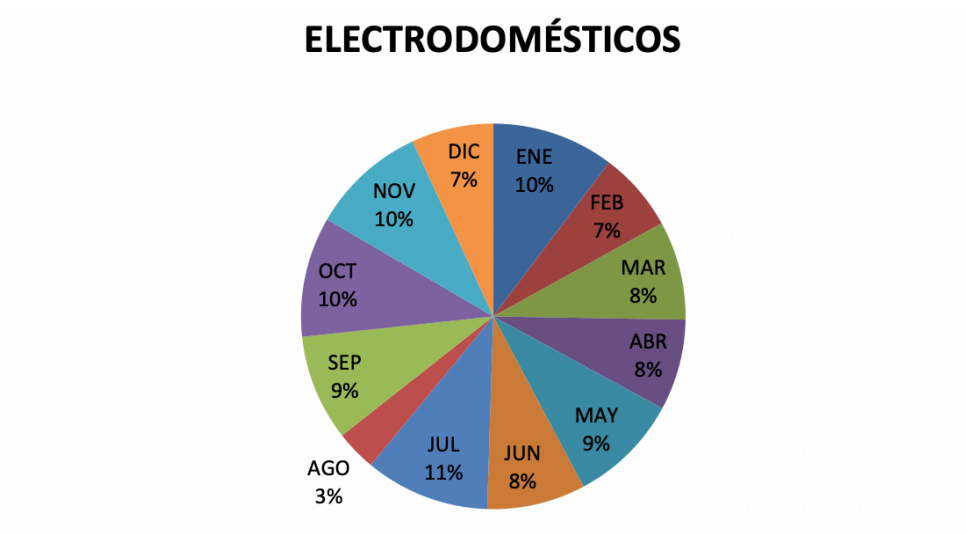
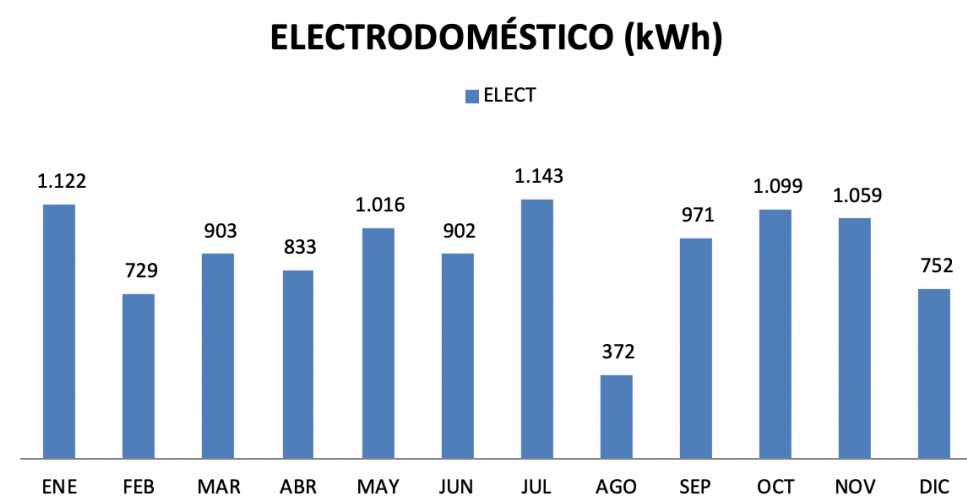


Tabla 27 y Gráfico 23: Consumo energético en electrodomésticos

4.3.10.6. Consumo en ACS

La sexta carga de análisis particular corresponde a ACS. En este apartado se ha analizado la potencia instalada según el subtipo de tecnología y la política de consumo energético.

Para la producción de ACS se utiliza una caldera eléctrica de acumulación. La potencia unitaria de este sistema es de **2kW** y tiene una capacidad de **50L**.

Los sistemas de acumulación son sistemas que se rigen por satisfacer la demanda mediante acumuladores o depósitos. Estos sistemas son los llamados sistemas con interacumulador. El circuito de calderas está conectado al serpentín del interacumulador, para ello, además del sistema de recirculación, se requiere una bomba en el circuito primario.

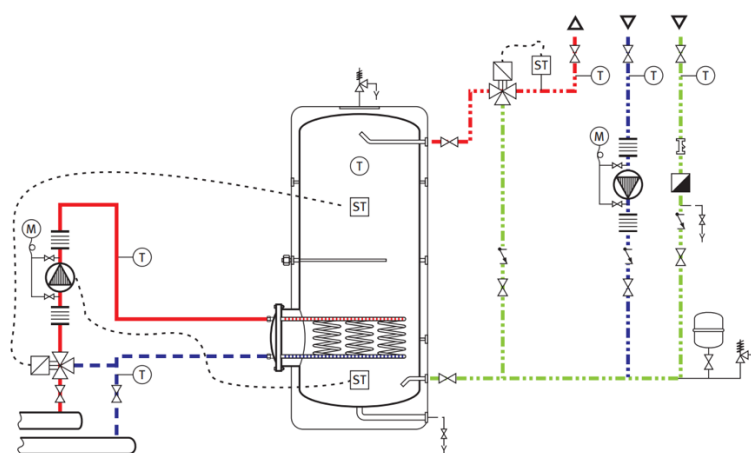


Figura 24: Producción con interacumulador

El agua acumulada habitualmente se mantiene a una temperatura superior a la de consumo, por lo que a la salida de los depósitos se deberá efectuar una regulación mediante una válvula motorizada de tres vías que mezcla agua proveniente de la acumulación con agua fría.

Potencia instalada en ACS

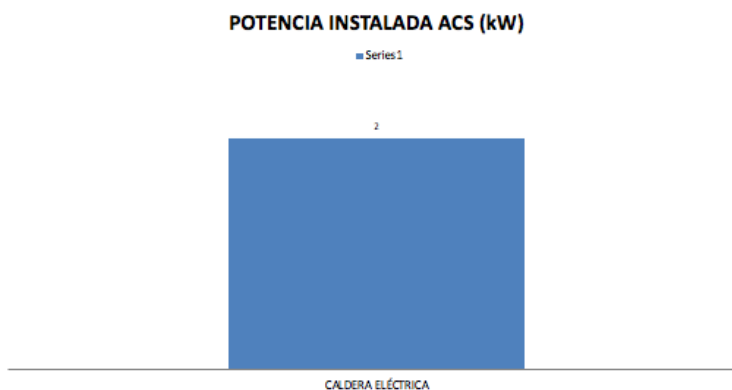
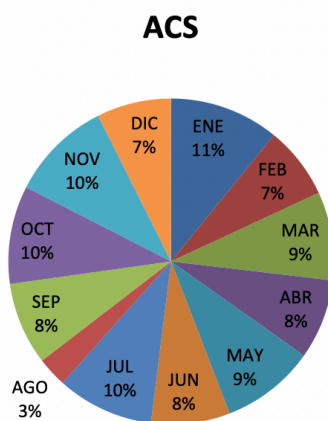
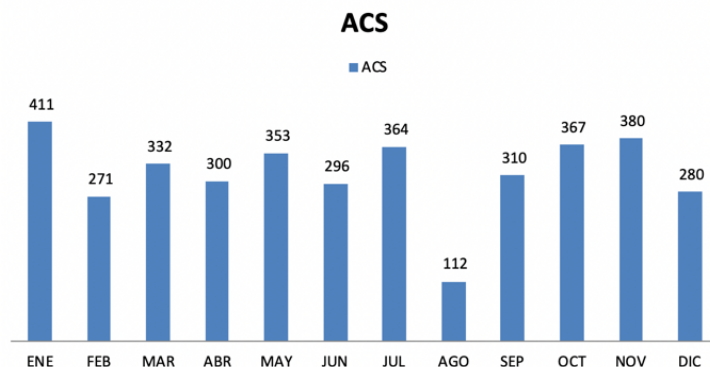


Tabla 28: Potencia instalada en ACS

En este caso no se representa el desglose de potencia instalada en ACS ya que el 100% corresponde a una única caldera.

Consumo energético ACS

Tabla 29 y Gráfico 24: Consumo energético en ACS

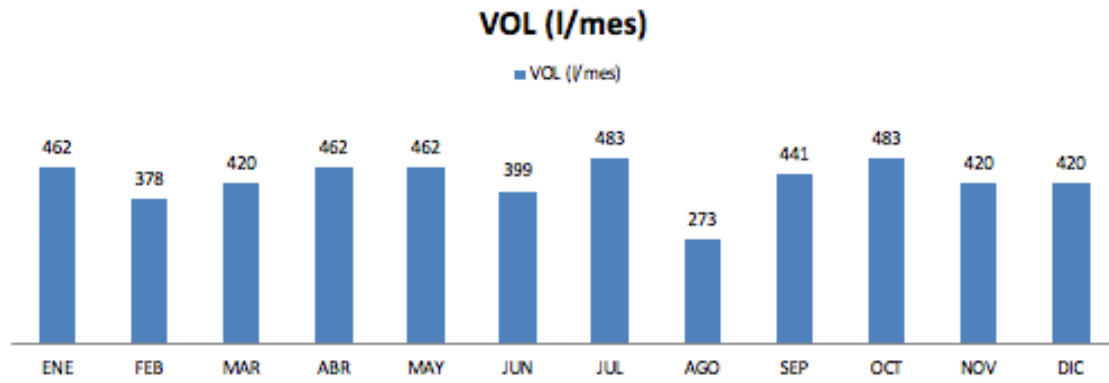


4.3.11. Consumo hídrico

Además del consumo eléctrico, se analiza anualmente la distribución de consumo hídrico en ACS

Desglose de consumo del agua caliente sanitaria (ACS)

Con la ayuda del Documento Básico de ahorro de energía del Código Técnico de la Edificación (CTE) se ha aplicado la instrucción técnica HE-4 que, combinada con los del apartado de Usos y Ocupación de Espacios, ha permitido estimar la cantidad de agua caliente demandada por el cliente. Así, a continuación, se presentan las proporciones de consumo a nivel mensual.



DESGLOSE MENSUAL ACS

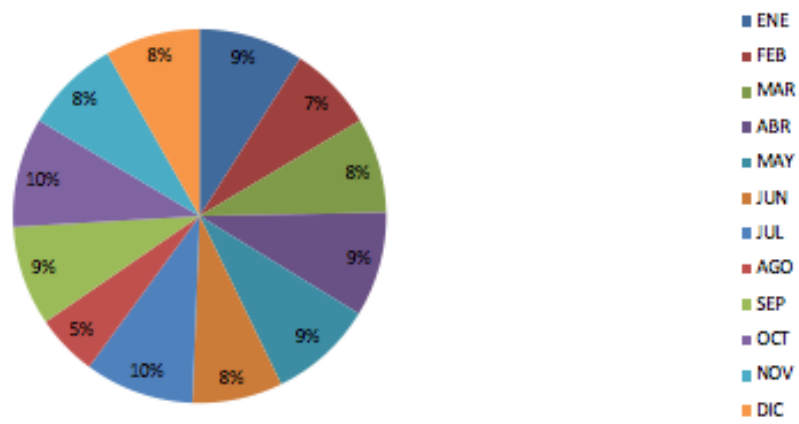


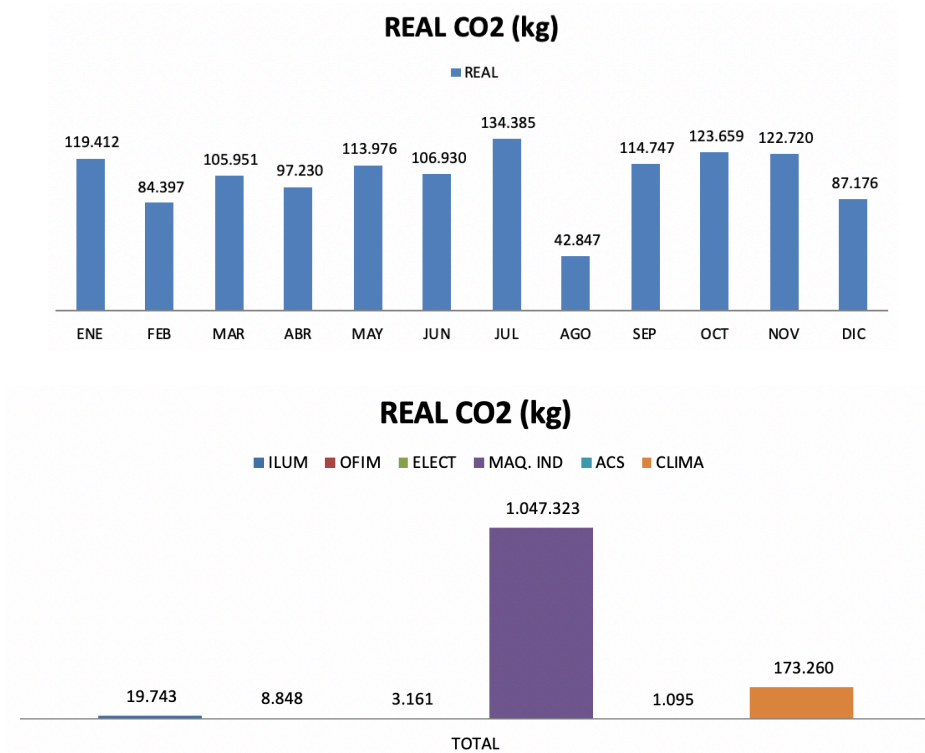
Tabla 30 y Gráfico 25: Consumo en ACS

4.3.12. Estudio de emisiones de CO₂

Un punto de interés de este estudio es la sostenibilidad del medio ambiente, por lo que será imprescindible realizar una evaluación de emisiones de dióxido de carbono con el objetivo de conocer la cantidad emitida a la atmósfera durante el periodo analizado. Para ello, se ha utilizado los últimos valores oficiales registrados por la Comisión Nacional de la Energía (CNE) para el año 2012 que permiten estimar la masa de CO₂ por cada kilovatio-hora de energía eléctrica consumida.

De esta forma, el desglose anual de masa de CO₂ por tipología de carga emitida a la atmosfera fue de:

Tablas 31 y 32: Kg de CO2 emitidos por la actividad industrial y distribución mensual



Sumando las emisiones anuales de CO₂ por tipología de carga se estima un total de **1.225.430 kg**

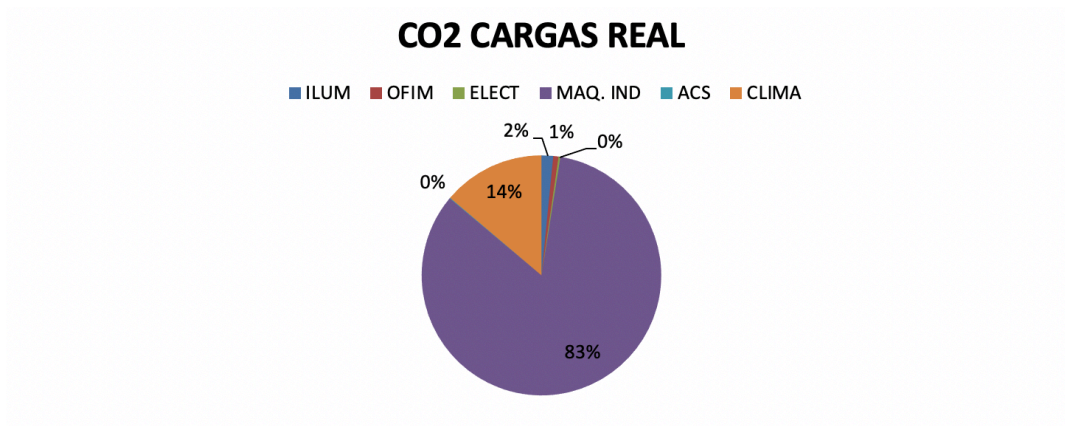


Gráfico 26: Distribución de CO2 emitidos distribuidos en las distintas cargas

4.3.13. Descripción y análisis de los resultados

A continuación, se describirán y analizarán los resultados obtenidos en los apartados anteriores tanto a nivel general como a nivel particular.

4.3.13.1. Descripción y análisis del consumo energético global

1. El consumo anual total tanto de la energía activa como de la reactiva se produce en el periodo de discriminación horaria P6. Siguiendo los pesos de 35% en P6, 11% en P1, 15% P2, 8% P3, 13% P4, 18% P5. Asimismo, la distribución mensual del consumo en función del periodo horario refleja una proporcionalidad entre periodos para todos los meses. Además, se observa que el grueso del consumo se concentra en la época estival, concretamente, en el mes de julio.
2. Los consumos en energía reactiva, mantienen la misma proporcionalidad que la energía activa.
3. Como se ha nombrado anteriormente, el 35% de la energía activa se produce en el periodo de discriminación P6, este periodo tiene el precio mas bajo de todas las discriminaciones horarias. Que el grueso del consumo eléctrico se sitúe en este periodo de discriminación es una ventaja ya que el precio por kWh es el mas bajo.
4. La curva de carga muestra una tendencia prácticamente horizontal. Observamos que se acentúa en el mes de julio y baja en agosto debido al periodo vacacional.
5. Las distintas tecnologías muestran una relación directa entre el consumo de energía eléctrica y la estacionalidad. Se puede afirmar que es debido al consumo en la maquinaria industrial que representa un **83%**, seguido de la climatización con un **14%**.

Tras estos resultados, hacemos nuestra interpretación:

- En primer lugar, se puede afirmar que el consumo principal ocurre en periodo valle ya que el grueso del proceso productivo se encuentra dentro de esta cota horaria entre las 0h y las 8h.
- En segundo lugar, la variación del consumo en climatización con la estacionalidad es debido al cambio de la temperatura ambiente. Este aumento afecta a los equipos de climatización por dos flancos distintos: primero afecta directamente al aumento de la carga térmica de las estancias y, segundo, afecta a la parte de los condensadores, que obligan a aumentar su temperatura con el fin de permitir el intercambio de calor con el exterior. Este aumento se traduce en un incremento del consumo eléctrico.
- En tercer lugar, respecto a los consumos en iluminación se ha observado que su variación también es proporcional a la estacionalidad. Esto se debe a que durante el invierno hay menos horas de luz.

4.3.13.2. Descripción y análisis de los consumos en climatización

Observando los resultados del consumo en climatización se analiza:

1. El grueso del consumo energético se concentra principalmente en la etapa estival en 12% respecto a la de todo el año. El consumo en climatización presenta variación con la estacionalidad debido las diferentes condiciones ambientales exteriores.
2. El grueso del consumo energético se concentra en la refrigeración del proceso industrial seguido de la climatización de las oficinas con repartos de 82% y 18% respectivamente.

4.3.13.3. Descripción y análisis de los consumos en iluminación

Observando los resultados del consumo de iluminación se analiza:

1. El grueso de potencia instalada en iluminación se concentra en el alumbrado interior: campana industrial de 400W y Down Light 2x18 W, con repartos del 59%, y 11% respectivamente.
2. Con relación al consumo energético de esta sección, se observa que existe una relación directa con la estación del año. Los máximos se concentran en la estación de invierno y los mínimos en la estival. La variación del consumo en iluminación con la estacionalidad es debido, principalmente, a las horas de luz, por lo que en invierno se registran los máximos consumos.

4.3.13.4. Descripción y análisis de los consumos en maquinaria industrial

Observando los resultados del consumo en maquinaria industrial se analiza:

1. El grueso de consumo se concentra principalmente en los meses de enero y febrero previos a los meses de festividades locales, y periodo vacacional estival.
2. Parece no existir una relación directa con las condiciones ambientales, ya que se mantiene una tendencia casi horizontal a lo largo de todo el año.

4.3.13.5. Descripción y análisis de los consumos en ofimática

Observando los resultados del consumo en ofimática se analiza:

1. El bloque principal de potencia instalada lo componen los ordenadores, con un 77% del conjunto, frente a un 20% de las fotocopiadoras.
2. Los resultados energéticos de esta sección no reflejan variaciones importantes con la estacionalidad.
3. Al igual que se ha observado en los consumos eléctricos globales y compartiendo la tesis de la maquinaria industrial, el consumo en ofimática y servidores no presenta estacionalidad debido a que son cargas internas que no tienen ninguna influencia de las condiciones ambientales exteriores.

4.3.13.6. Descripción y análisis de los consumos en electrodomésticos y ACS

Observando los resultados del consumo en electrodomésticos y ACS se analiza:

1. Para el caso de los electrodomésticos no se observan relaciones asociadas con condiciones ambientales exteriores y se mantiene un patrón simétrico con el consumo de maquinaria industrial.
2. Para el caso del ACS el grueso del consumo energético está asociado al mes de enero, ya que es donde encontramos las temperaturas ambientales mas bajas de todo el año.
3. El consumo en ACS es insignificante. Esto es debido al poco uso que se le da a esta instalación por parte del personal de la planta.

4. El volumen de agua consumido no presenta variaciones significativas con la estacionalidad.

4.3.13.7. Descripción y análisis de las emisiones globales de CO₂

Observando los resultados de emisiones de CO₂ se analiza:

1. Todas las emisiones de dióxido de carbono son de procedencia eléctrica.
2. Con relación a las emisiones de CO₂ en consumos eléctricos, el peso en maquinaria industrial representa el 83% del total, seguido del 14% de climatización. Asimismo, se aprecia una variación del consumo con las condiciones ambientales.

4.3.14. Conclusiones del Análisis Energético

1. Los precios de energía de la comercializadora eléctrica están dentro de los ordenes de magnitud óptimos del mercado.
2. Los consumos en energía reactiva supera el 40% del valor de la energía activa, por lo que se puede afirmar que el banco de condensadores no está bien dimensionado y no compensa bien el término de reactiva. Esto incurre en una penalización en la factura eléctrica.
3. El proceso productivo supone el 85% global de la planta, por lo que las medidas de eficiencia energética deben ir orientadas a este consumo.
4. Respecto al consumo en climatización, que supone el 11%, se puede concluir que es el responsable de la estacionalidad y, por tanto, se deberían buscar soluciones de ahorro como la rehabilitación energética o sistemas de climatización más eficientes y limpios.
5. El resto de cargas secundarias (iluminación, ofimática, electrodomésticos y ACS) tienen un peso muy reducido sobre el consumo, por lo que las medidas de ahorro energético no generaran un gran impacto.

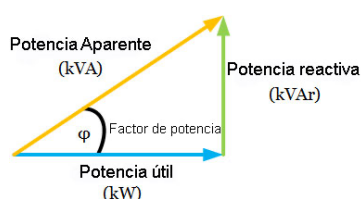
5. RANGO DE SOLUCIONES

El concepto de ahorro energético es un elemento fundamental para optimizar el aprovechamiento de los recursos energéticos existentes. Ahorrar equivale a disminuir el consumo de combustibles en la generación de electricidad, evitando, en el mejor de los casos, emisión de gases contaminantes hacia la atmósfera. A continuación, se muestra una batería de soluciones para optimizar en consumo y reducir, en la manera de lo posible, la emisión de contaminantes.

5.1. Descripción de las soluciones propuestas

A partir de las conclusiones anteriores, a continuación, se proponen una batería de soluciones para el ahorro energético de menor a mayor nivel de intervención. Cabe destacar que las intervenciones que se citan son consecutivas, para poder compararlas en igualdad de condiciones tratando de maximizar el ahorro energético y reducir el tiempo de retorno de las inversiones a través del ahorro acumulado. Así pues, se proponen las siguientes intervenciones:

- 1. Cambio de iluminación a iluminación led:** Esta fase comprende la sustitución del actual alumbrado por luminarias de tecnología LED. Estas intervenciones no solo tendrán efecto sobre el consumo eléctrico de los puntos de luz, sino que también afectarán al consumo energético de los equipos de climatización y el número de reemplazos de puntos de luz. Esto se traducirá en un ahorro energético y económico que acelerará el tiempo de retorno de las inversiones.
- 2. Aislante de resistencias + optimización de consignas de extrusoras:** Para la optimización del proceso de extrusión-soplado se ha propuesto una limpieza integral de los conductos de dosificación, aislamiento térmico de las paredes, reemplazo por motores eléctricos de más eficiencia y optimización de las consignas de funcionamiento.
- 3. Compensación de la energía reactiva:** La potencia eléctrica se define como “la aptitud que tiene un equipo eléctrico para realizar un trabajo, en otras palabras, la cantidad de trabajo que se realiza por unidad de tiempo”. La unidad de medida de la potencia es el vatio (W). Ahora bien, los equipos con los que trabaja Plastisax son equipos que funcionan con corriente alterna. El modo de operación de estos equipos es el electromagnetismo. Se genera un campo magnético propio en los cuales existen tres tipos de potencia: potencia activa, potencia reactiva, potencia aparente. Quedaría gráficamente representado con el triángulo de potencias



El ángulo “ ϕ ” es el denominado factor de potencia. Este, define el desfase entre una tensión (U) y una intensidad (I). El coseno de ϕ es el equivalente al factor de potencia. El factor de potencia esta influenciado por la tipología de cargas que estén conectadas a la instalación. Las cargas con factor de potencia mas próximo a la unidad serán las cargas resistivas. Cuando se introducen en la instalación cargas inductivas y reactivas, este valor de potencia varía, retrasándose o adelantándose la fase de la intensidad, respecto a la de la tensión.

Una vez introducidos los aspectos teóricos de estas tres potencias, vamos a focalizar la atención en la reducción de la potencia reactiva por ser esta potencia es la mas gravosa en la factura eléctrica, su consumo es penalizado por la empresa distribuidora. Algunos de los problemas que ocasiona la energía reactiva son: incremento de las perdidas en los conductores, sobrecarga de transformadores y generadores, aumento de la caída de tensión.

La potencia reactiva es la que consumen todos los equipos que tienen incorporados motores, transformadores y todo tipo de aparatos eléctricos que poseen algún tipo de bobina para generar un campo electromagnético. El objetivo es que el valor de esta potencia sea lo mas cercano a la unidad.

Lograr una compensación adecuada es muy importante ya que se obtienen grandes beneficios. Beneficios como una disminución de las perdidas por efecto Joule, disminución de la caída de tensión en las líneas de distribución, aumento de la capacidad de la red eléctrica y, por supuesto, un ahorro económico por la compensación de la energía reactiva.

Para la compensación de la energía reactiva se han propuesto 3 bancos de condensadores por tramo de una capacidad de **325 kVar** cada uno.

Esta compensación se realiza de forma centralizada. Es decir, la potencia total de la batería de condensadores se instala en la acometida. Cerca de los tableros de la distribución de la energía eléctrica. La potencia total de la batería se divide en varios bloques comunicados con un regulador automático que los conecta o desconecta en cada momento según el consumo de reactiva instantáneo. Las ventajas principales de este sistema de compensación son las siguientes:

- Un mayor aprovechamiento de la capacidad de los condensadores
- Se logra una mejor regulación del voltaje en el sistema eléctrico
- Adecuación de la potencia de la batería de condensadores según los requerimientos de cada momento.

Sin embargo, hay alguna desventaja: al ser un sistema centralizado, las líneas de distribución no son descargadas de potencia reactiva.

A continuación, se muestra un diagrama unifilar unitario del banco de condensadores propuesto.

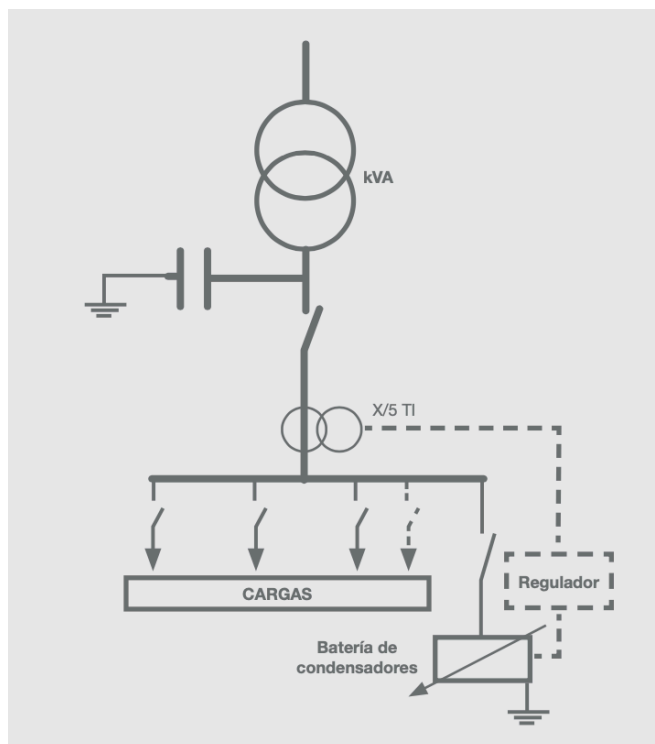


Figura 25: Diagrama unifilar de compensación centralizada

5.2. Estimación de los nuevos consumos energético

Habiendo expuesto las propuestas de ahorro energético, a continuación, se explica la metodología aplicada para la estimación del consumo energético tras la implantación de las medidas, así como los resultados de consumo (Yusta Loyo, J.M 2013).

Metodología para la estimación del consumo eléctrico en el cambio de iluminación LED.

En esta fase se ha propuesto la sustitución del actual alumbrado por uno de tecnología LED. Así pues, en primer lugar, se ha estimado la variación del consumo en iluminación en función del tiempo, teniendo en cuenta la variación en potencia instalada y la curva de carga diaria según estación, es decir

$$P_{ILUM-NUEVO} = ((P_{ILUM} - P_{ILUMNUEVO})/P_{ILUM}) \cdot P_{ILUM}$$

Metodología para la estimación del consumo eléctrico para la mejora de los aislantes de las resistencias y la optimización de las consignas de las extrusoras.

Para la estimación del ahorro en las extrusoras, se utilizan los resultados obtenidos tras el análisis realizado por P. MARTINEZ BUENO (*tabla 16, Ahorro energético de las combinaciones propuestas. pg.111; 2016*) a esta misma empresa, en donde se determina que la limpieza de los conductos de dosificación, la incorporación de mantas aislantes, el cambio de motores y la optimización de las consignas de temperatura, supondrían un

ahorro estimado de 27,08%. Este resultado se obtiene tras la realización de dieciséis ensayos combinando el efecto de las distintas soluciones entre ellas:

ENSAYO	LIMPIEZA	AISLANTE	NUEVO MOTOR	Tª OPTIMA	AHORRO (%)
16	SI	SI	SI	SI	27,08
12	SI	NO	SI	SI	22,88
14	SI	SI	NO	SI	22,43
8	NO	SI	SI	SI	19,69
10	SI	NO	NO	SI	18,20
15	SI	SI	SI	NO	17,43
4	NO	NO	SI	SI	15,49
6	NO	SI	NO	SI	15,22
13	SI	SI	NO	NO	13,00
11	SI	NO	SI	NO	12,89
2	NO	NO	NO	SI	10,18
7	NO	SI	SI	NO	9,97
9	SI	NO	NO	NO	8,47
5	NO	SI	NO	NO	5,75
3	NO	NO	SI	NO	5,22
1	NO	NO	NO	NO	0,00

La ecuación que modela el ahorro será:

$$P_{EXTRUSORA-NUEVO} = 0,73 \cdot P_{EXTRUSORA}$$

Metodología para la estimación de la nueva curva de carga

Para la estimación de la nueva curva de carga tras la implantación de las medidas de ahorro energético propuestas, deberemos considerar las potencias de todas las cargas (modificadas y no modificadas).

La ecuación que modelará este comportamiento será:

$$P_{TOTAL-nuevo} = P_{ILUM-NUEVO} + P_{EXT-NUEVO} + P_{OFIM} + P_{ELECT} + P_{ACS} + P_{CLIMA-FRIO}$$

Metodología para la estimación del consumo eléctrico para la compensación de la energía reactiva.

Para la estimación del efecto tras la incorporación del nuevo banco de condensadores y su nuevo consumo en energía reactiva, se considera un factor de potencia de 0,99. De esta forma, el consumo de energía reactiva se hace en base a la estimación de la nueva curva de carga:

$$Q_{NUEVO} = P_{TOTAL-NUEVO} \cdot \tan(\arccos(0,99))$$

6. FACTIBILIDAD E IMPACTOS

6.1. Ahorro

6.1.1. Ahorro energético

A continuación, se muestra la comparación entre el consumo energético real en kWh real y el proyectado tras la implantación de las medidas de ahorro:

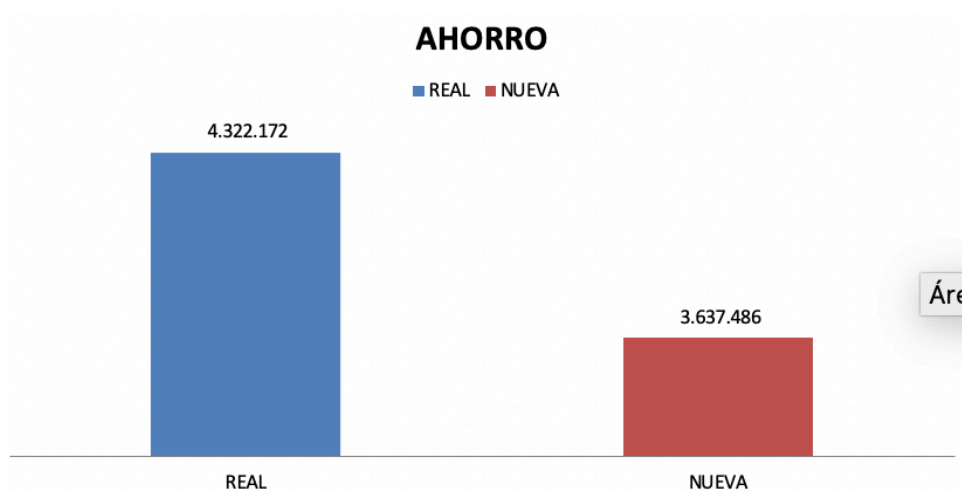


Tabla 33: Comparación gasto energético real y el ahorro propuesto (total)

Así mismo, se muestra la distribución mensual:

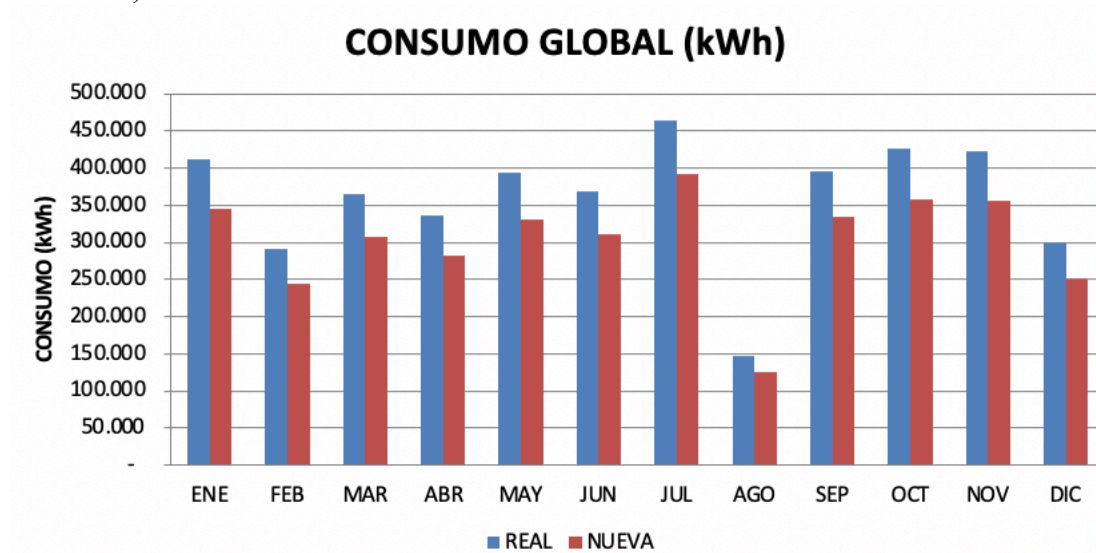
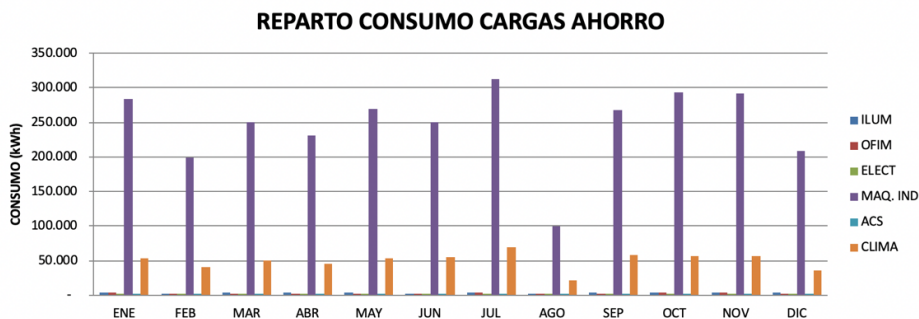


Tabla 34: Comparación gasto energético real y el ahorro propuesto (mensual)

El nuevo desglose mensual en kWh según tipología de carga quedaría:



Por último, el reparto en % quedaría:

REPARTO ANUAL CONSUMO AHORRO

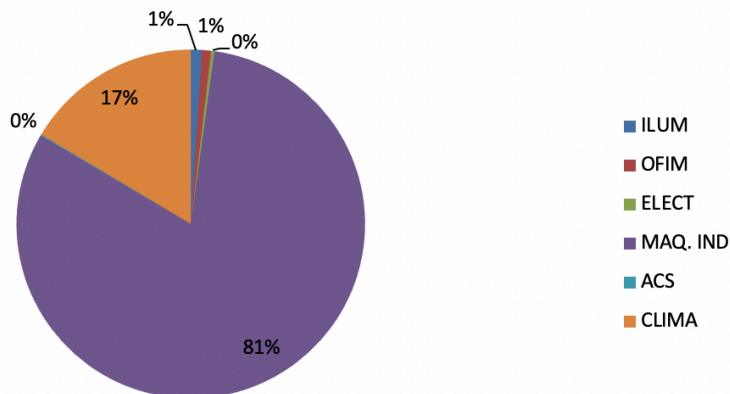


Tabla 35 y Gráfico 27: Reparto anual del ahorro según tipología

6.1.2. Ahorro energético particular

En este apartado se presentan los consumos y ahorros particulares que afectan a la iluminación y a la climatización tras la implantación de las medidas de ahorro.

Ahorro en iluminación

Se ha realizado la comparativa del consumo actual en iluminación y lo que podríamos llegar a consumir si se decide hacer el cambio de las actuales luminarias por LED:

ILUMINACIÓN (kWh)

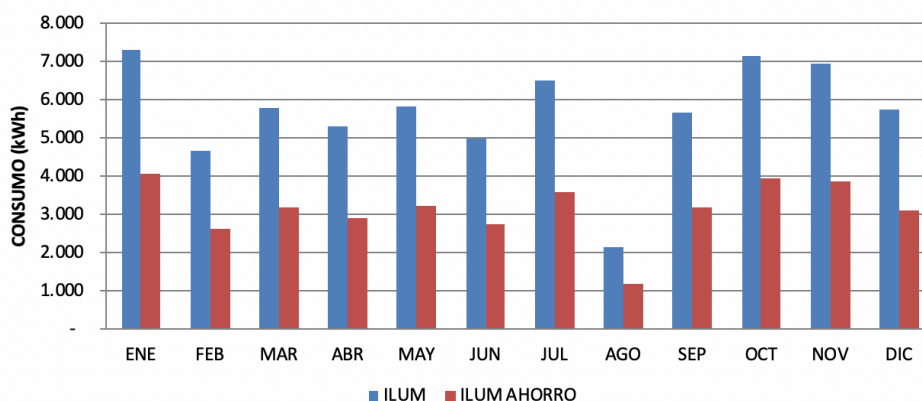


Tabla 36: Reparto anual del ahorro en iluminación

Ahorro en maquinaria industrial

Se ha realizado la comparativa del consumo actual en maquinaria industrial y lo que podríamos llegar a consumir si se decide implantar las medidas de ahorro energético propuestas (limpieza, mantas aislantes, reemplazo motores y optimización de consignas):

MAQUINARIA INDUSTRIAL (kWh)

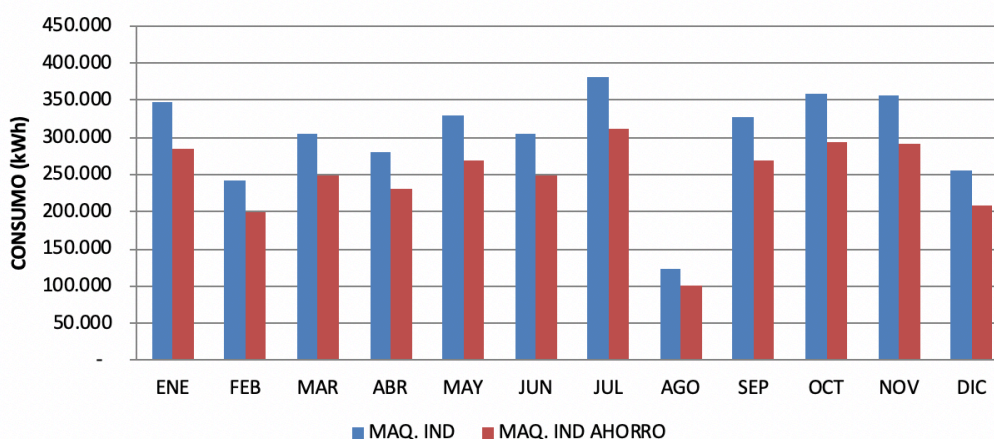


Tabla 37: Reparto anual del ahorro en maquinaria industrial

6.1.3. Estimación de la nueva facturación de electricidad.

Para el caso de nuestra empresa, no tendremos que modificar la tarifa de acceso por lo que seguiremos trabajando con la tarifa actual 6.1A. (Documento básico de ahorro de energía del código técnico de la edificación. R.D 732/2019) Recordemos que este tipo de tarifa eléctrica ofrece 6 periodos de discriminación horaria. Esta tarifa dispone de diferentes precios de energía según el consumo. Concretamente, el contador de electricidad instalado por la compañía suministradora realizará registros cuarto horarios, lo cual permitirá que la factura de luz venga reflejada en cada periodo correspondiente, siendo P1 el periodo de más coste y P6 el más económico.

Estimación del ahorro en facturación de electricidad

A continuación, se muestra la comparativa de la facturación anual actual frente a la futura facturación si se establecen las medidas de ahorro, estas son:

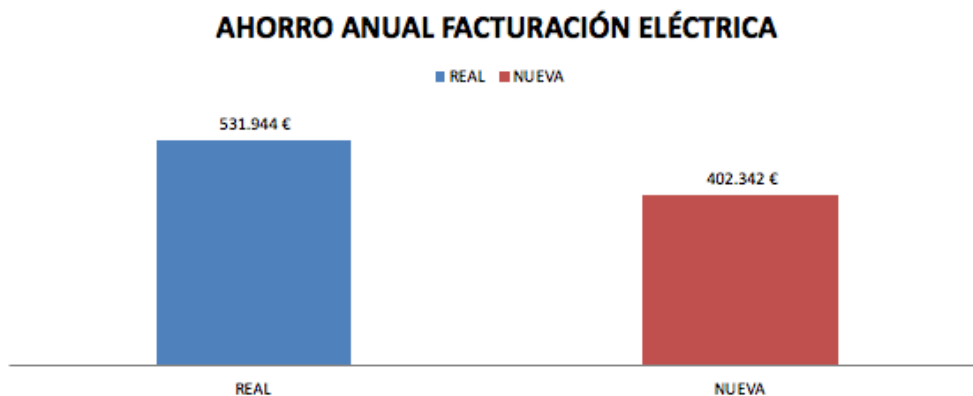


Tabla 38: Ahorro anual estimado en la factura eléctrica

El ahorro económico anual que se estimaría obtener después de las implantaciones de las medidas sería de **129.601,91 €**.

Ahorros por conceptos de facturación

A continuación, se muestra el desglose de ahorro en la facturación eléctrica en euros.

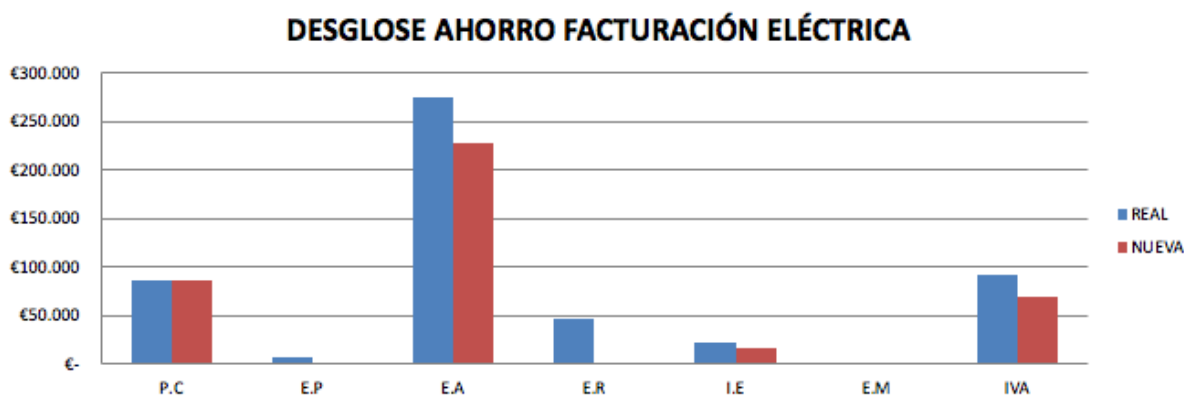
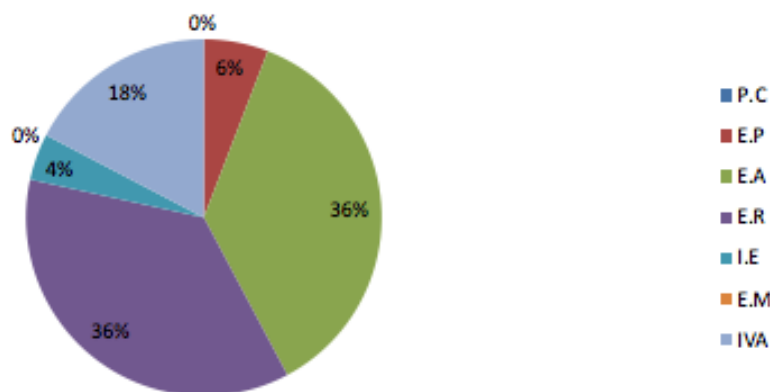


Tabla 39: Reparto del ahorro en los distintos conceptos de la factura eléctrica

DESGLOSE AHORRO FACTURACIÓN ELÉCTRICA



Donde:

- Potencia Contratada (P.C)
- Excesos de Potencia (E.P)
- Energía Activa (E.A)
- Energía Reactiva (E.R)
- Impuesto Eléctrico (I.E)
- Equipo de Monitorización (E.M)
- Impuesto de Valor Añadido (IVA)

Gráfico 28: Reparto% del ahorro en los distintos conceptos de la factura eléctrica

Estimación facturación eléctrica mensual

Simulando el consumo energético mensual a lo largo del año se obtendría la siguiente distribución:

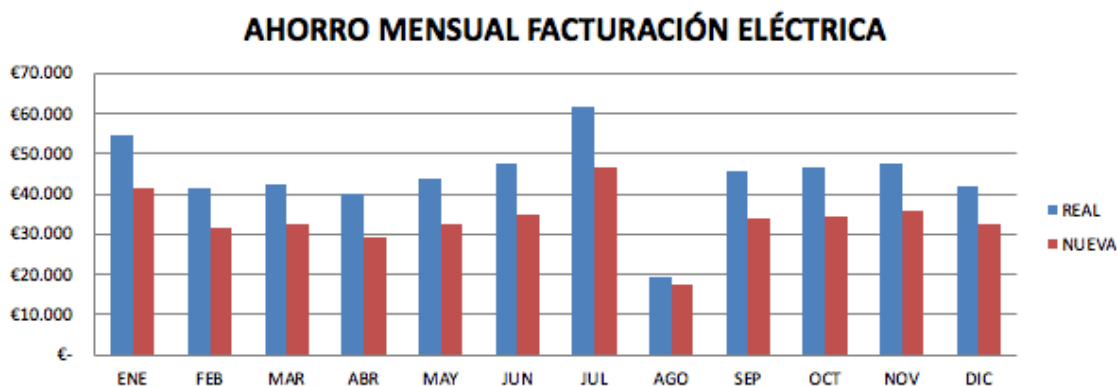


Tabla 40: Ahorro mensual de la factura eléctrica comparado con el gasto real

6.2. Presupuestos de inversión

Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	Cu	TOTAL
1 AUDITORÍA ENERGÉTICA				
1.1	ANÁLISIS DEL PROCESO PRODUCTIVO	10	50,00 €	500,00 €
1.2	ENSAYOS	25	50,00 €	1.250,00 €
1.3	ANÁLISIS DE REULTADOS	15	50,00 €	750,00 €
1.4	PROPUESTA DE SOLUCIONES	2	50,00 €	100,00 €
1.5	REDACCIÓN MEMORIA	20	50,00 €	1.000,00 €
SUBTOTAL AUDITORÍA ENERGÉTICA				3.100,00 €

Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	Cu	TOTAL
2 REEMPLAZO ILUMINACIÓN				
2.1	CAMPANA INDUSTRIAL LED 93W	37	300,00 €	11.100,00 €
2.2	BOMBILLA LED 150W	4	90,00 €	360,00 €
2.3	BOMBILLA LED 31W	5	20,00 €	100,00 €
2.4	BOMBILLA LED 9W	5	9,00 €	45,00 €
2.5	FLUORESCENTE LED 2X18W	7	32,00 €	224,00 €
2.6	DOWNLIGHT LED 2X18W	75	27,00 €	2.025,00 €
2.7	PROYECTOR LED 31W	2	150,00 €	300,00 €
2.8	MANO DE HOBRA	20	20,00 €	400,00 €
SUBTOTAL REEMPLAZO ILUMINACIÓN				14.554,00 €

Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	Cu	TOTAL
3 OPTIMIZACIÓN EXTRUSORA				
3.1	LIMPIEZA CONDUCCIONES	24	140,00 €	3.360,00 €
3.2	AISLANTE	24	1.175,00 €	28.200,00 €
3.3	MOTOR ELÉCTRICO	24	1.832,64 €	43.983,36 €
3.4	CONFIGURACIÓN PERFIL TÉRMICO ÓPTIMO	24	€	€
SUBTOTAL OPTIMIZACIÓN EXTRUSORA				75.543,36 €

Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	Cu	TOTAL
4 REEMPLAZO BANCO CONDESADORES				
4.1	BANCO CONDENSADORES RCB 6023.3-325	6	13.466,96 €	80.801,76 €
4.2	MANO DE OBRA	12	50,00 €	600,00 €
SUBTOTAL REEMPLAZO BC CONDENSADORES				81.401,76 €

El presupuesto de inversión total para implantar todas las medidas de ahorro propuestas sería:

PRESPUESTO INVERSIÓN	174.599,12 €
-----------------------------	---------------------

6.3. Presupuesto de explotación

A continuación, se presentan los presupuestos de explotación para los próximos 10 años relativos a la implantación de las medidas de ahorro propuestas.

Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	Cu	TOTAL
1 ASESORÍA INDUSTRIAL				
1.1	ASESORÍA INDUSTRIAL	12	490,00 €	5.880,00 €
	SUBTOTAL MANTENIMIENTO EXTRUSORA			5.880,00 €

Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	Cu	TOTAL
2 MANTENIMIENTO EXTRUSORA				
1.1	REVISIÓN MAQUINARIA	864	20,00 €	17.280,00 €
1.2	LIMPIEZA CONDUCTOS	1728	20,00 €	34.560,00 €
1.3	REVISIÓN Y LIMPIEZA AISLANTES	144	20,00 €	2.880,00 €
	SUBTOTAL MANTENIMIENTO EXTRUSORA			54.720,00 €

El presupuesto de explotación total para implantar todas las medidas de ahorro propuestas sería el siguiente:

PRESUPUESTO EXPLOTACIÓN	60.600,00 €
--------------------------------	--------------------

6.4. Análisis de rentabilidad económica

Con el objetivo de desarrollar una correcta evaluación económica del presente proyecto, se analizarán los índices de rentabilidad económica: tiempo de retorno (*PAY-BACK*), tasa interna de retorno (TIR) y el valor añadido neto (VAN). Para ello, se calcularán previamente los flujos estimados a 10 años de las fases propuestas teniendo en cuenta los resultados de los presupuestos de inversión, explotación y ahorros.

6.4.1. Flujo de caja

Se entiende por "flujo de caja" (en inglés *Cash-Flow*) los flujos de entradas y salidas de caja o efectivo en un periodo dado. Las empresas lo utilizan para conocer la acumulación neta de activos líquidos en un periodo determinado. De esta forma, teniendo presente los ahorros generados tras la implantación de las fases propuestas, los gastos de inversión y los gastos de explotación, se obtienen los flujos de caja aplicando la siguiente expresión matemática:

FLUJO DE CAJA = AHORRO – EXPLOTACIÓN

Teniendo en cuenta los criterios anteriores, se calcularán los flujos de caja de las fases propuestas:

FLUJO DE CAJA (CASH-FLOW) + FLUJO ACUMULADO				
AÑO	AHORRO	EXPLOTACIÓN	CASH-FLOW	FLUJO ACUMULADO
2020	174.599,12 €	- €		- 174.599,12 €
2021	129.601,91 €	60.600,00 €	69.001,91 €	- 105.597,21 €
2022	132.193,95 €	61.812,00 €	70.381,95 €	- 35.215,26 €
2023	134.837,83 €	63.048,24 €	71.789,59 €	36.574,32 €
2024	137.534,58 €	64.309,20 €	73.225,38 €	109.799,70 €
2025	140.285,28 €	65.595,39 €	74.689,89 €	184.489,59 €
2026	143.090,98 €	66.907,30 €	76.183,68 €	260.673,27 €
2027	145.952,80 €	68.245,44 €	77.707,36 €	338.380,63 €
2028	148.871,86 €	69.610,35 €	79.261,50 €	417.642,14 €
2029	151.849,29 €	71.002,56 €	80.846,73 €	498.488,87 €
2030	154.886,28 €	72.422,61 €	82.463,67 €	580.952,54 €
2031	157.984,00 €	73.871,06 €	84.112,94 €	665.065,48 €

Se ha supuesto una tasa de actualización del 2% anual sobre la facturación eléctrica y la explotación.

6.4.2. Tiempo de retorno (*Pay-Back*)

El periodo de recuperación de capital (en inglés *Pay-Back*), mide el tiempo requerido para recuperar el capital invertido en un proyecto. Dado que el flujo de capital es diferente para cada periodo, se debe realizar el estudio a través de la suma acumulada de los periodos de tiempo de interés. Además, se consideran los siguientes criterios para valorar la rentabilidad:

- **PAY-BACK < 2 años:** Proyecto muy rentable.
- **2 < PAY-BACK < 8 años:** Proyecto rentable, pero es adecuado buscar tiempos menores.
- **PAY-BACK > 8 años:** Proyecto "NO" rentable.

Interpolando los resultados de flujo de caja acumulado se obtendría un tiempo de retorno de **3,5 años**, es decir, **3 años y 4 meses**.

PAY-BACK (AÑOS)	3,5
-----------------	-----

6.4.3. Tasa interna de retorno (TIR)

Se entiende la "tasa interna de retorno" o "tasa de rentabilidad" (TIR) de una inversión, como el promedio geométrico de los rendimientos futuros esperados de dicha inversión. La TIR se suele utilizar como indicador de la rentabilidad del proyecto: a mayor TIR, mayor rentabilidad; de esta forma, a mayor TIR, más interesante será invertir en el proyecto. Así mismo, la TIR se compara con una tasa mínima o tasa de corte (normalmente con el interés que daría una entidad bancaria por depositar la cantidad a invertir en un plan de ahorro). En el caso de que la TIR supere la tasa de corte, se aceptará la inversión, en caso contrario se rechazaría.

Matemáticamente se define la TIR como:

$$TIR = \frac{I_0 + \sum_{i=1}^n F_i}{\sum_{i=1}^n iF_i}$$

F_i , es el flujo de caja en el periodo t.

n , es el número de períodos

I_0 , es el valor de la inversión inicial.

La TIR que se obtendría tras la implantación de todas las medidas de ahorro sería:

TIR	37%
-----	-----

6.4.4. Valor actual neto (VAN)

El último indicativo económico que queda por analizar es el "Valor Actual Neto", también conocido como valor actualizado neto o valor presente neto (en inglés *Net Present Value*), cuyo acrónimo es VAN (en inglés, NPV). Este procedimiento permite calcular el valor presente para distintos números de flujos de caja originados por la inversión.

La metodología consiste en descontar al momento actual (es decir, actualizar mediante una tasa) todos los flujos de caja futuros, F_i , determinando la equivalencia en el tiempo 0 de los flujos efectivos futuros que genera un proyecto y comparar este valor con el desembolso inicial. El criterio a utilizar para la aceptación del proyecto es que la equivalencia anterior sea mayor que el desembolso inicial.

Asimismo, se utilizan los siguientes criterios para valorar el interés de invertir en el proyecto:

- Si el VAN de un proyecto es positivo, el proyecto crea valor.
- Si el VAN de un proyecto es negativo, el proyecto destruye valor.
- Si el VAN de un proyecto es cero, el proyecto no crea ni destruye valor.

Matemàticament, se obtiene el VAN aplicando la siguiente expresi3n:

$$VAN = \sum_{i=1}^n \frac{F_i}{(1+k)^i} - I_0$$

Donde:

F_i , representa los flujos de cada periodo t.

I_0 , es el valor del desembolso inicial de la inversi3n

n , es el n3mero de per3odos considerado.

k , es el tipo de inter3s.

Teniendo en cuenta los criterios anteriores, se calcula los VAN de las fases propuestas:

INTER3S	VAN
5%	1.660.838,77 €
10%	1.001.307,08 €
15%	600.164,76 €
20%	350.016,42 €
25%	190.655,33 €
30%	87.310,07 €
35%	19.343,55 €
40%	-25.803,23 €
45%	-55.951,23 €
50%	-76.074,90 €
55%	-89.400,17 €
60%	-98.056,57 €
65%	-103.472,87 €
70%	-106.621,96 €
75%	-108.175,19 €
80%	-108.601,48 €
85%	-108.231,87 €
90%	-107.302,26 €
95%	-105.982,15 €
100%	-104.394,12 €

6.4.5. Estimación de las Nuevas Emisiones de CO₂

Aplicando la misma metodología que en el apartado de impacto ambiental, se ha calculado la masa de CO₂ tras las intervenciones de las medidas propuestas de acuerdo a las directrices de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC):

Comparativa de la emisión anual de CO₂

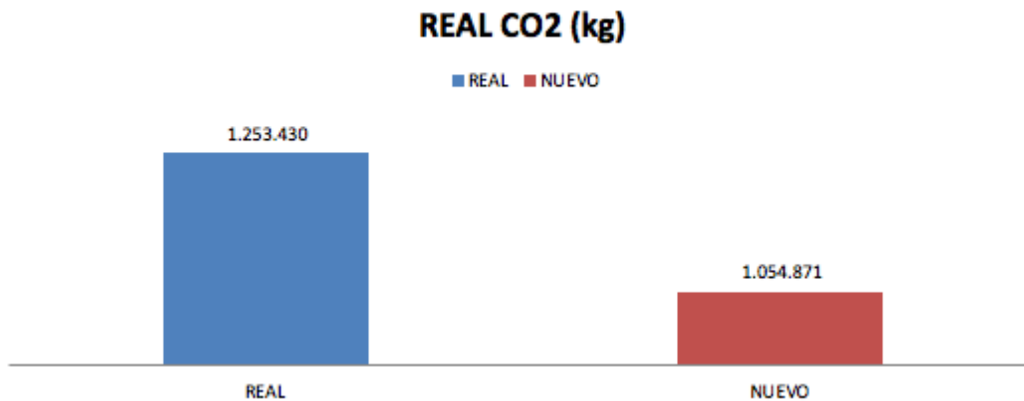


Tabla 41: Masa de CO₂ tras las intervenciones propuestas

La comparación entre las emisiones de CO₂ mensual actual y el estimado tras la implantación de las medidas de ahorro quedaría:

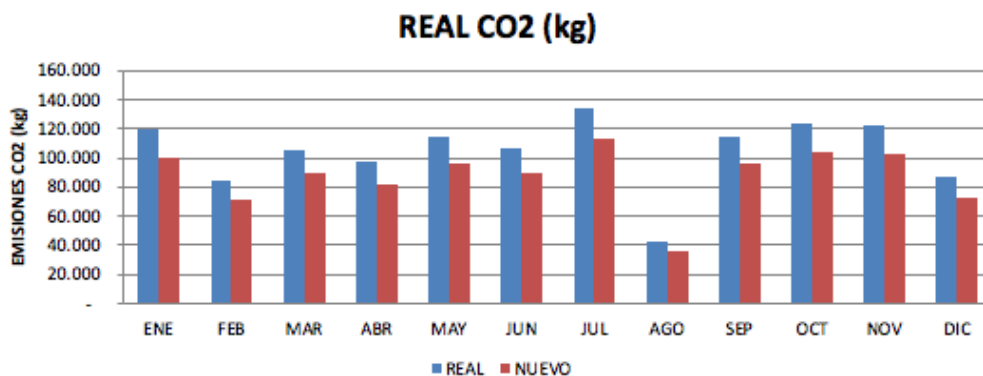


Tabla 42: Masa de CO₂ real y tras las medidas en su distribución mensual

6.4.6. Descripción y Análisis de los Resultados de Ahorro energético

En este apartado se ha recogido y analizado la información más relevante del ahorro energético, económico y de emisiones de CO₂.

6.4.6.1. *Descripción y análisis de la estimación de los nuevos consumos energéticos*

El modelo de ahorro genera un recorte notable en el consumo energético. Además, sigue tendencias casi idénticas al estado original. Así mismo, la distribución de consumos estacional muestra una distribución idéntica a la original.

6.4.6.2. *Descripción y análisis de la estimación del ahorro energético en iluminación*

El modelo de ahorro en iluminación muestra una gran diferencia entre la situación actual y la futura, una vez aplicadas las medidas de ahorro. Se mantiene un ahorro prácticamente constante durante los meses de invierno y verano.

Así mismo, se observa una ligera tendencia estacional en el consumo. Se obtiene una bajada del consumo en el mes de agosto debido a las vacaciones de verano.

6.4.6.3. *Descripción y análisis de la estimación del ahorro energ en la maquinaria industrial*

El modelo de ahorro en maquinaria industrial muestra una gran diferencia entre la situación actual y la futura, una vez aplicadas las medidas de ahorro. Se mantiene un ahorro prácticamente constante durante los meses de invierno y verano.

Así mismo, igual que en iluminación se observa una ligera tendencia estacional en el consumo. Se obtiene una bajada del consumo en los meses de febrero y agosto debido a las festividades locales y vacaciones de verano respectivamente.

6.4.6.4. *Descripción y análisis de la estimación de la nueva facturación eléctrica*

Las medidas de ahorro propuestas proyectan una reducción en todos los apartados de la factura.

6.4.6.5. *Descripción y análisis de las tasas interna de retorno (PAY-BACK)*

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el análisis de tiempo de retorno (*Pay-Back*), y las valoraciones con relación a la rentabilidad, se observa que este indicador (**3,5 años**) muestra que el tiempo de retorno se sitúa ente 2 y 8 años por lo que la inversión se puede considerar como rentable.

6.4.6.6. *Descripción y análisis de los valores actuales netos (TIR)*

A partir de los resultados obtenidos en el análisis TIR y considerando un interés umbral del 3%, que equivaldría al máximo interés que daría una entidad bancaria por depositar el valor de una inversión en un plan de ahorro, se analiza que la TIR del proyecto (37%) muestra una excepcional rentabilidad del proyecto.

6.4.6.7. *Descripción y análisis de los valores actuales netos (VAN)*

A partir de los resultados del análisis VAN y particularizando al interés del 5% de la inversión total, se observa que VAN de **1.660.838,77 €**

6.4.6.8. *Descripción y análisis de la estimación de las nuevas emisiones de CO₂*

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en las emisiones de CO₂ tras la implantación de las medidas de ahorro energético, se observa una reducción considerable de las emisiones.

6.4.7. Conclusiones de las Propuestas para el Ahorro Energético

Finalmente, una vez expuestos y analizados los resultados anteriores, se obtienen las siguientes conclusiones:

1. El modelo de ahorro energético simula una reducción de **684.686 kWh** que supone un **15,8 %** de descenso sobre el consumo actual.
2. La reducción del consumo de iluminación supondría **30.391 kWh** que equivale a un **44,6%** sobre el consumo actual.
3. La reducción del consumo supondría **654.273 kWh** en maquinaria industrial que equivale a un **18,1%** sobre el consumo actual.
4. Se observa una reducción global de **129.602 €** que representa una caída del **24,3 %** sobre el coste actual en la facturación eléctrica.
5. Todos los indicadores (PAY-BACK, TIR, VAN) muestran una alta rentabilidad del proyecto.
6. Tras la implantación del proyecto, las medidas propuestas supondrían una reducción anual de **198.559 kg, de CO₂** lo que equivale a un **15,84%** sobre la emisión actual.

7. BIBLIOGRAFÍA

AENOR. **Auditorías energéticas. Parte 5.** Competencia de los auditores energéticos. UNE-EN 16247-5. AENOR Dep. leg. M24932-2015

BELTRAN RICO, MI y MARCILLA GOMIS, A (2012). **Tecnología de polímeros. Procesado y propiedades.** Publicaciones Universidad de Alicante

COMISIÓN NACIONAL DE LOS MERCADOS Y LA COMPETENCIA (CNMC)
<https://www.cnmc.es/ambitos-de-actuacion/energia>

CONSULTORIA ANEXIA <https://consultoria.anexia.es/blog/la-importancia-de-la-calidad-en-los-procesos-de-produccion>.

Documento Básico de ahorro de energía del Código Técnico de la Edificación (CTE) Guía de aplicación del DB-HE 2019 (recogido en el Real Decreto 732/2019 de 20 de diciembre). <https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-documentoscte.html>

MARTINEZ BUENO, P. (2016) **Análisis y soluciones de eficiencia energética de un proceso de extrusión-soplado plástico de un equipo de 37kW.** Proyecto Fin de Carrera. Universitat Politècnica de València. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.

NAVARRO ESBRÍ, J. y MOLÉS RIBERA, F. (2015) **Gestión energética en plantas industriales.** ISBN: 978-84-943451-7-3.

REAL DECRETO 1164/2001, de 26 de octubre, por el que se establecen tarifas de acceso a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica. BOE-A-2001-20850
<https://www.boe.es/eli/es/rd/2001/10/26/1164>

YUSTA LOYO, J.M. (2013) **Contratación del suministro eléctrico.** Oportunidades y estrategias para reducir el coste de las facturas eléctricas. Parainfo ISBN 978-84-283-3489-1

ANEXOS

ANEXO 1. RECOGIDA DE DATOS

ANEXO 1.1. Estudio de Inventario de Cargas

ZONA Nº	DESCRIPCIÓN	DESIGNACIÓN DE CARGAS	UDS
1	SALA REUNIONES	CLIMA OFICINAS	1
		DL.2X18	9
		SENT. TRAB. LIGERO	6
2	DIRECCIÓN	CLIMA OFICINAS	1
		DL.2X18	6
		ORDENADOR PC	1
		SENT. TRAB. LIGERO	1
3	DESPACHO 1	CLIMA OFICINAS	1
		DL.2X18	3
		ORDENADOR PC	1
		FOTOCOP. PEQ.	1
		SENT. TRAB. LIGERO	1
4	DESPACHO 2	CLIMA OFICINAS	1
		DL.2X18	6
		ORDENADOR PC	1
		FOTOCOP. PEQ.	1
		SENT. TRAB. LIGERO	1
5	RECIBIDOR+ESCALERA	LÁMPARA RECIBIDOR	1
6	RECEPCIÓN-OFCINAS	CLIMA OFICINAS	1
		DL.2X18	10
		ORDENADOR PC	5
		FOTOCOP. PEQ.	1
		FOTOCOP. GRANDE	1
		DISPENSADOR AGUA	1
		SENT. TRAB. LIGERO	5
7	RECEPCIÓN	CLIMA OFICINAS	1
		DL.2X18	8
		SENT. TRAB. LIGERO	1
8	SERVIDORES	DL.2X18	2
		ORDENADOR PC	1
		RAC	1
		SAI	1
9	BAÑO 1	OB-80	1
10	BAÑO 2	OB-80	1
11	PRODUCCIÓN	MAQ.17+AUX	0
		MAQ.14+AUX	1
		MAQ.13+AUX	1
		MAQ.12+AUX	1

		MAQ.11+AUX	1
		MAQ.10+AUX	1
		MAQ.9+AUX	1
		MAQ.8+AUX	1
		MAQ.4+AUX	1
		MAQ.3+AUX	1
		LINCE3+AUX	1
		MAQ.7+AUX	1
		MAQ.6+AUX	1
		MAQ.5+AUX	1
		MAQ.1+AUX	0
		MAQ.16+AUX	1
		MAQ.15+AUX	1
		MAQ.20+AUX	1
		MAQ.19+AUX	0
		MAQ.18+AUX	1
		MAQ.21+AUX	1
		MAQ.22+AUX	1
		MAQ.23+AUX	1
		EMBALADORA	2
		C.I-400	12
		AIRLM-155	2
		AIRLM-124	1
		AIRLM-93	24
		DE PIE TRAB. MOD.	20
		VENTILADOR PRODUCCIÓN	2
12	TALLER	FL. 2X58	1
		FL.2X36W	2
		MAQ. TALLER	1
		DE PIE TRAB. MOD.	2
13	STOCK 1	C.I-400	4
		AUXILIAR PRODUCCIÓN	1
14	STOCK 2	FL. 2X58	3
15	COMPRESORES	COMPRESORES	1
		GRUPO BOMBEO	1
		FL.2X36W	5
		DE PIE TRAB. MOD.	1
16	ALMACÉN PRODUCTO	PROYECTOR LED_2	2
		C.I-400	21
		ORDENADOR PC	1
		DE PIE TRAB. MOD.	3
17	TALLER 2	AIRLM-124	1
18	ZONA PET	MAQ.24+AUX	1
		AIRLM-124	1
		DE PIE TRAB. MOD.	1
19	BAÑO 3	B.C 40W	1

20	BAÑO 4	B.C 40W	1
21	VESTUARIO 2	B.C 40W	1
22	ZONA DE DESCANSO	DL.2X18	6
		VENDING CAFETERA	1
		VENDING BEBIDAS	1
		MICROONDAS	1
		NEVERA	1
		SENT. TRAB. LIGERO	1
23	CALIDAD	DL.2X18	6
		ORDENADOR PC	2
		SENT. TRAB. LIGERO	2
24	ASEO PRODUCCIÓN	DL.2X18	2
		DE PIE SIN MOV.	1
25	VESTUARIO 3	DL.2X18	5
		DE PIE SIN MOV.	4
		CALDERA ELÉCTRICA	1
26	ASEO AUXILIAR	DL.2X18	4
27	TRÁNSITO PRODUCCIÓN	DL.2X18	6
28	REPUESTOS	DL.2X18	2
		DE PIE TRAB. MOD.	1
29	EXTERIORES	FAROLA EXT. VSAP	4
		FAROLA LED	6
		PROYECTOR LED_1	5
		GLOBO	5
		VENTILADORES REFRIGERACIÓN	1
30	REFRIGERACIÓN	CARGA TÉRM. PROD	1
		CONDENSADOR ADQ	1
		ENFRIADORA INTECO RCASH40	1
		ENFRIADORA INTECO RCASH40	1

MES	LOCALIZADOR		CALDERA ELÈCTRICA FINAL (NO CORREGIDO) (kWh)		CLIMATIZACI3N FINAL (NO CORREGIDO) (kWh)			
	DESDE	HASTA	CALDERA ELÈCTRICA		CLIMA OFICINAS	CONDENSADOR ADQ	ENFRIADORA INTECO RCASH40	ENFRIADORA INTECO RCASH60
ENE	1/1/19	31/1/19		329	35	1.284	13.781	27.563
FEB	1/2/19	28/2/19		190	76	884	9.116	18.232
MAR	1/3/19	31/3/19		282	138	1.352	13.871	27.741
ABR	1/4/19	30/3/19		195	133	1.028	9.378	18.757
MAY	1/5/19	31/5/19		317	346	1.817	15.471	30.942
JUN	1/6/19	30/6/19		231	914	1.920	13.416	26.833
JUL	1/7/19	31/7/19		313	1.640	2.903	18.586	37.172
AGO	1/8/19	31/8/19		93	456	854	5.499	10.997
SEP	1/9/19	30/9/19		239	1.029	2.064	13.899	27.798
OCT	1/10/19	31/10/19		349	735	2.232	16.877	33.753
NOV	1/11/19	30/11/19		319	165	1.536	15.176	30.351
DIC	1/12/19	31/12/19		260	-	964	10.934	21.868

MES	LOCALIZADOR		ILUMINACI3N INTERIOR FINAL (CORREGIDO) (kWh)										ILUMINACI3N EXTERIOR FINAL (CORREGIDO) (kWh)				
	DESDE	HASTA	AIRLM-93	AIRLM-124	AIRLM-155	C.I-400	LÁMPARA RECIBIDOR	OB-80	FL.2X36W	DL.2X18	FL. 2X58	B. C 40W	PROYECTOR LED_2	FAROLA EXT. VSAP	PROYECTOR LED_1	FAROLA LED	GLOBO
ENE	1/1/19	31/1/19	1.301	81	181	3.329	17	6	222	343	201	5	38	480	480	432	192
FEB	1/2/19	28/2/19	912	54	127	2.163	8	4	147	210	133	4	25	271	244	244	108
MAR	1/3/19	31/3/19	1.147	68	159	2.719	8	5	177	251	159	5	29	317	317	285	127
ABR	1/4/19	30/3/19	1.058	63	147	2.584	8	5	161	235	144	4	26	269	269	242	108
MAY	1/5/19	31/5/19	1.236	71	172	2.805	4	6	168	214	150	5	25	294	294	265	118
JUN	1/6/19	30/6/19	1.145	64	159	2.463	-	5	143	165	126	5	19	214	214	192	85
JUL	1/7/19	31/7/19	1.435	82	199	3.218	3	6	187	238	166	6	26	284	284	255	114
AGO	1/8/19	31/8/19	461	26	64	1.021	1	2	63	81	56	2	9	108	108	98	43
SEP	1/9/19	30/9/19	1.232	69	171	2.667	1	6	173	216	155	5	26	287	287	258	115
OCT	1/10/19	31/10/19	1.346	83	187	3.351	12	6	219	333	197	6	37	416	416	374	166
NOV	1/11/19	30/11/19	1.336	77	186	3.249	14	6	218	301	197	6	37	404	404	364	162
DIC	1/12/19	31/12/19	960	62	133	2.745	20	4	175	302	159	4	31	348	348	313	139

MES	LOCALIZADOR		OFIMÁTICA FINAL (CORREGIDO) (kWh)						ELECTRODOMÉSTICOS FINAL (CORREGIDO) (kWh)					
	DESDE	HASTA	ORDENADOR PC	RITURADORA PAPE	FOTOCOP. PEQ.	TOCOP. GRAN	SAI	RAC	VENDING CAFETERA	VENDING BEBIDAS	MICROONDAS	NEVERA	DISPENSADOR AGUA	VENTILADOR PRODUCCI3N
ENE	1/1/19	31/1/19	2.663	-	33	40	188	94	50	352	74	282	15	350
FEB	1/2/19	28/2/19	1.823	-	23	29	114	57	35	215	52	172	10	245
MAR	1/3/19	31/3/19	2.291	-	30	36	140	70	44	262	66	210	13	308
ABR	1/4/19	30/3/19	2.102	-	27	33	129	65	40	242	60	194	12	284
MAY	1/5/19	31/5/19	2.496	-	32	39	163	82	47	306	71	245	14	332
JUN	1/6/19	30/6/19	2.276	-	29	36	140	70	44	262	65	210	13	308
JUL	1/7/19	31/7/19	2.848	-	37	45	179	90	55	336	82	269	16	386
AGO	1/8/19	31/8/19	929	-	12	15	59	29	18	110	26	88	5	124
SEP	1/9/19	30/9/19	2.448	-	32	39	151	75	47	282	70	226	14	331
OCT	1/10/19	31/10/19	2.696	-	34	42	176	88	51	330	77	264	15	362
NOV	1/11/19	30/11/19	2.677	-	35	42	165	83	51	310	76	248	15	359
DIC	1/12/19	31/12/19	1.903	-	25	30	116	58	37	217	55	174	11	258

MES	LOCALIZADOR		MAQUINARIA INDUSTRIAL FINAL (CORREGIDO) (kwh)																														
	DESDE	HASTA	MAG17-AUX	MAG14-AUX	MAG13-AUX	MAG12-AUX	MAG11-AUX	MAG10-AUX	MAG9-AUX	MAG8-AUX	MAG7-AUX	MAG6-AUX	MAG5-AUX	MAG4-AUX	MAG3-AUX	LINCE3-AUX	MAG2-AUX	MAG1-AUX	MAG15-AUX	MAG16-AUX	MAG18-AUX	MAG19-AUX	MAG20-AUX	MAG21-AUX	MAG22-AUX	MAG23-AUX	MAG24-AUX	EMBALADORA	COMPRESORES	GRUPO BOMBEO	VENTILADORES REFRIGERACION	MAG. TALLER	AUXILIAR PRODUCCION
ENE	1/1/19	31/1/19	4.803	6.017	8.813	10.424	8.582	8.813	2.721	6.803	7.183	10.442	10.442	11.753	8.815	10.447	149	16.658	1.410	2.556	573	10.960	6.937	10.261	8.423	143	181	117.520	14.376	16.329	233	1.164	1.164
FEB	1/2/19	28/2/19	3.431	4.219	6.181	7.310	6.018	6.181	6.315	4.212	5.037	7.316	8.242	6.181	7.316	296	14.674	1.794	5.298	309	7.486	4.219	7.195	6.051	101	139	96.441	10.221	11.447	163	800	800	
MAR	1/3/19	31/3/19	4.311	5.301	7.767	9.185	7.562	7.767	6.876	5.342	6.239	9.206	9.206	7.767	9.206	327	14.671	4.767	6.658	342	9.608	5.301	9.601	7.601	129	175	121.182	12.843	14.364	205	1.005	1.005	
ABR	1/4/19	30/3/19	3.976	4.800	7.664	8.971	6.974	7.164	6.351	4.938	5.937	8.491	9.352	7.164	8.491	312	13.931	4.397	6.141	326	8.908	4.800	8.309	7.021	118	161	111.771	11.845	13.267	189	927	927	
MAY	1/5/19	31/5/19	4.646	5.714	8.371	9.899	8.150	8.371	7.197	5.718	6.821	9.921	11.151	8.371	9.921	478	15.812	5.138	7.175	499	10.408	5.714	9.744	8.104	137	183	130.604	13.841	15.502	224	1.083	1.083	
JUN	1/6/19	30/6/19	4.306	5.291	7.758	9.174	7.531	7.758	6.670	5.336	6.122	8.169	10.344	7.758	8.169	338	14.651	4.762	6.669	353	8.447	5.291	9.031	7.584	127	174	121.043	12.638	14.367	205	1.004	1.004	
JUL	1/7/19	31/7/19	5.396	6.636	9.722	11.406	9.465	9.722	8.359	6.687	7.922	11.522	12.962	9.722	11.522	523	18.364	5.967	8.333	547	12.888	6.636	11.316	9.516	158	210	151.679	16.074	18.001	257	1.258	1.258	
AGO	1/8/19	31/8/19	3.733	4.546	3.122	3.892	3.039	3.122	2.884	2.147	2.544	3.700	4.162	3.122	3.700	138	8.895	1.916	2.676	144	3.881	2.131	3.634	3.056	57	70	48.704	5.161	5.781	83	404	404	
SEP	1/9/19	30/9/19	4.632	5.456	8.346	9.861	8.125	8.346	7.121	5.240	6.000	9.881	11.128	8.346	9.881	364	15.764	5.122	7.154	380	10.377	5.456	9.715	8.140	137	183	130.200	13.789	15.455	214	1.080	1.080	
OCT	1/10/19	31/10/19	5.080	6.243	8.117	10.781	8.876	8.117	7.819	6.271	7.429	10.805	12.156	8.117	10.805	514	17.221	5.996	7.814	537	11.316	6.243	10.612	8.924	148	205	142.239	15.074	16.881	244	1.180	1.180	
NOV	1/11/19	30/11/19	5.024	6.178	8.051	10.704	8.812	8.051	7.782	6.236	7.375	10.728	12.089	8.051	10.728	399	17.097	5.551	7.758	416	11.254	6.178	10.536	8.860	150	204	141.219	14.966	16.762	239	1.171	1.171	
DIC	1/12/19	31/12/19	3.609	4.438	6.503	7.690	6.331	6.503	5.591	4.473	5.298	7.070	8.670	6.503	7.070	271	12.281	3.991	5.374	283	8.061	4.438	7.569	6.361	107	146	101.453	10.752	12.042	172	841	841	

MES	LOCALIZADOR		CALDERA ELÉCTRICA FINAL (CORREGIDO) (kwh)			CLIMATIZACIÓN FINAL (CORREGIDO) (kwh)			
	DESDE	HASTA	CALDERA ELÉCTRICA			CLIMA OFICINAS	CONDENSADOR ADQ	ENFRIADORA INTECO RCASH40	ENFRIADORA INTECO RCASH60
ENE	1/1/19	31/1/19	411			44	1.605	17.227	34.453
FEB	1/2/19	28/2/19	271			109	1.263	13.023	26.045
MAR	1/3/19	31/3/19	332			162	1.590	16.318	32.637
ABR	1/4/19	30/3/19	300			204	1.581	14.428	28.857
MAY	1/5/19	31/5/19	353			385	2.019	17.190	34.380
JUN	1/6/19	30/6/19	296			1.172	2.462	17.200	34.401
JUL	1/7/19	31/7/19	364			1.907	3.376	21.612	43.224
AGO	1/8/19	31/8/19	112			550	1.029	6.625	13.250
SEP	1/9/19	30/9/19	310			1.337	2.680	18.051	36.102
OCT	1/10/19	31/10/19	367			774	2.349	17.765	35.530
NOV	1/11/19	30/11/19	380			196	1.829	18.066	36.133
DIC	1/12/19	31/12/19	280			-	1.037	11.757	23.514

ANEXO 1.3. Características Técnicas de las cargas de iluminación interior

EQUIPO Nº	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.10	1.11
	DESIGNACIÓN EQUIPO	AIRLM-93	AIRLM-124	AIRLM-155	C.I-400	LAMP RECIBIDOR	OB-80	FL.2X36W	DL.2X18	FL. 2X58	B.C 40W
MARCA				JM400W							
MODELO											
POTENCIA UNITARIA (W)	93	124	155	400	200	80	72	36	116	40	50
FLUJO LUMINOSO (lm)											
RENDIMIENTO DE COLOR (%)											
ANTIGÜEDAD EQUIPO (AÑOS)											
¿EXISTE MECANISMO DE REGULACIÓN?											
TIPO MECANISMO REGULACIÓN											

ANEXO 1.3. Características Técnicas de las cargas de iluminación exterior

EQUIPO Nº	2.1	2.2	2.3	2.4
	DESIGNACIÓN EQUIPO	FAROLA EXT. VSAP	PROYECTOR LED_1	FAROLA LED
MARCA				
MODELO				
POTENCIA UNITARIA (W)	250	200	150	80
FLUJO LUMINOSO (lm)				
RENDIMIENTO DE COLOR (%)				
ANTIGÜEDAD EQUIPO (AÑOS)				
¿EXISTE MECANISMO DE REGULACIÓN?				
TIPO MECANISMO REGULACIÓN				

ANEXO 1.3. Características Técnicas de las cargas de climatización

EQUIPO Nº		3.1	3.2	3.3	3.4
DESIGNACIÓN EQUIPO		CLIMA OFICINAS	CONDENSADOR ADQ	ENFRIADORA INTECO RCASH40	EFRIADORA INTECO RCASH60
MARCA			ADQ1650	RCASH40	RCASH60
MODELO INDOOR (EVAPORADOR)					
MODELO OUTDOOR (CONDENSADOR)					
UBICACIÓN CONDENSADOR					
CLASIFICACIÓN TIPO CLIMATIZACIÓN					
POTENCIAS REFRIGERACIÓN	POTENCIA TÉRM. REF. (kWt)	50	11,35	75	150
	POTENCIA ELÉCT. REF. (kWe)	20	4,54	30	60
POTENCIAS CALEFACCIÓN	POTENCIA TÉRM. CAL. (kWt)	50	11,35	75	150
	POTENCIA ELÉCT. CAL. (kWe)	20	4,54	30	60
TIPO REFRIGERANTE					
CARGA REFRIGERANTE					
ANTIGÜEDAD EQUIPO (AÑOS)		6	6	6	6
¿EXISTE MECANISMO DE REGULACIÓN?					
TIPO MECANISMO REGULACIÓN					
TIPO ANÁLISIS DEMANDA TÉRMICA		ESTIMADA	ESTIMADA	ESTIMADA	ESTIMADA
DEM. REF. ESTIMADA	DEM. MÁX. REF. (kWt)	20	10	50	100
	Tª INT. DEM. MÁX. REF. (°C)	24	25	25	25
	Tª EXT. DEM. MÁX. REF. (°C)	35	35	35	35
DEM. CAL. ESTIMADA	DEM. MÁX. CAL. (kWt)				
	Tª INT. DEM. MÁX. CAL. (°C)				
	Tª EXT. DEM. MÁX. CAL. (°C)				
VALORES INSTANTÁNEOS	SECC. COND. IMPULSIÓN (m2)				
	VEL. AIRE IMPULSIÓN (m/s)				
	Tª AIRE IMPULSIÓN (°C)				
	Tª AIRE RETORNO (°C)				
	Tª INTERIOR (°C)				
	Tª EXTERIOR (°C)				
	TIPO CONEXIÓN ELÉCTRICA				
	TESIÓN LÍNEA (V)				
	CORRIENTE LÍNEA (A)				
	COS(φ)				

ANEXO 1.3. Características Técnicas de las cargas de ofimática

OFIMÁTICA	EQUIPO Nº	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6
	DESIGNACIÓN EQUIPO	ORDENADOR PC	TRITURADORA PAPEL	FOTOCOP. PEQ.	FOTOCOP. GRANDE	SAI	RAC
	MARCA		INTIMUS			SALICRU	
	MODELO						
	POTENCIA UNITARIA (W)	650	400	300	1100	200	100
	ANTIGÜEDAD EQUIPO (AÑOS)						
	¿EXISTE MECANISMO DE REGULACIÓN?						
	TIPO MECANISMO REGULACIÓN						

ANEXO 1.3. Características Técnicas de las cargas de electrodomésticos

ELECTRODOMÉSTICO	EQUIPO Nº	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6
	DESIGNACIÓN EQUIPO	VENDING CAFETERA	VENDING BEBIDAS	MICROONDAS	NEVERA	DIS. AGUA	VENT. PROD
	MARCA						
	MODELO						
	POTENCIA UNITARIA (W)	500	500	750	400	400	300
	ANTIGÜEDAD EQUIPO (AÑOS)						
	¿EXISTE MECANISMO DE REGULACIÓN?						
	TIPO MECANISMO REGULACIÓN						

ANEXO 1.3. Características Técnicas de las cargas de la caldera eléctrica

CALDERA ELÉCTRICA	EQUIPO Nº	6.1
	DESIGNACIÓN EQUIPO	CALDERA ELÉCTRICA
	MARCA	THERMOR
	MODELO	241038
	POTENCIA UNITARIA (W)	2000
	RENDIMIENTO (%)	90%
	CAPACIDAD (l)	50
	TIEMPO DE CALENTAMIENTO (h)	-
	PRESIÓN DE AGUA (N/cm ²)	0,8
	Tª ACUMULACIÓN (°C)	60
	ANTIGÜEDAD EQUIPO (AÑOS)	5
	¿EXISTE MECANISMO DE REGULACIÓN?	SÍ
	TIPO MECANISMO REGULACIÓN	INTERRUPTOR
	TIPO DEMANDA	FÁBRICAS Y TALLERES
Nº DE PERSONAS (PERS./EQUIPO)	10	

ANEXO 1.3. Características Técnicas de las cargas de la maquinaria industrial

EQUIPO Nº	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	7.10
	DESIGNACIÓN EQUIPO	MAQ.17+AUX	MAQ.14+AUX	MAQ.13+AUX	MAQ.12+AUX	MAQ.11+AUX	MAQ.10+AUX	MAQ.9+AUX	MAQ.8+AUX	MAQ.4+AUX
MARCA	LINCE	LINCE	LINCE	LINCE	LINCE	LINCE	LINCE	LINCE	LINCE	LINCE
MODELO										
IP										
FRECUENCIA NOMINAL (Hz)										
MODO CONEXIÓN (ESTRELLA/TRIÁNGULO)										
ESTRELLA	TENSIÓN (V)									
	CORRIENTE (A)									
TRIÁNGULO	TENSIÓN (V)									
	CORRIENTE (A)									
VELOCIDAD DE GIRO (RPM)										
POTENCIA NOMINAL (W)	36000	36000	36000	36000	36000	36000	36000	36000	36000	36000
COS(φ)	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86
EXISTE ACUMULACIÓN ELÉCTRICA										
CAPACIDAD NOMINAL (Ah)										
TENSIÓN NOMINAL ACUMULACIÓN (V)										
ANTIGÜEDAD EQUIPO (AÑOS)										
¿EXISTE MECANISMO DE REGULACIÓN?										
TIPO MECANISMO REGULACIÓN										

MAQUINARIA INDUSTRIAL	EQUIPO Nº	7.11	7.12	7.13	7.14	7.15	7.16	7.17	7.18	7.19	7.20	
	DESIGNACIÓN EQUIPO	LINCE3+AUX	MAQ,7+AUX	MAQ,6+AUX	MAQ,5+AUX	MAQ,1+AUX	MAQ,16+AUX	MAQ,15+AUX	MAQ,20+AUX	MAQ,19+AUX	MAQ,18+AUX	
	MARCA	LINCE	LINCE	LINCE	LINCE	LINCE	LINCE	LINCE	LINCE	LINCE	LINCE	
	MODELO											
	IP											
	FRECUENCIA NOMINAL (Hz)											
	MODO CONEXIÓN (ESTRELLA/TRIÁNGULO)											
	ESTRELLA	TENSIÓN (V)										
		CORRIENTE (A)										
	TRIÁNGULO	TENSIÓN (V)										
		CORRIENTE (A)										
	VELOCIDAD DE GIRO (RPM)											
	POTENCIA NOMINAL (W)	36000	36000	36000	36000	36000	36000	36000	36000	36000	36000	
COS(φ)	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86		
EXISTE ACUMULACIÓN ELÉCTRICA												
CAPACIDAD NOMINAL (Ah)												
TENSIÓN NOMINAL ACUMULACIÓN (V)												
ANTIGÜEDAD EQUIPO (AÑOS)												
¿EXISTE MECANISMO DE REGULACIÓN?												
TIPO MECANISMO REGULACIÓN												

MAQUINARIA INDUSTRIAL	EQUIPO Nº	7.21	7.22	7.23	7.24	7.25	7.26	7.27	7.28	7.29	7.30
	DESIGNACIÓN EQUIPO	MAQ,21+AUX	MAQ,22+AUX	MAQ,23+AUX	MAQ,24+AUX	EMBALADORA	COMPRESORES	GRUPO BOMBO	VENTILADORES REFRIGERACIÓN	MAQ, TALLER	AUXILIAR PRODUCCIÓN
	MARCA	LINCE	LINCE	LINCE	LINCE						
	MODELO										
	IP										
	FRECUENCIA NOMINAL (Hz)										
	MODO CONEXIÓN (ESTRELLA/TRIÁNGULO)										
	ESTRELLA	TENSIÓN (V)									
		CORRIENTE (A)									
	TRIÁNGULO	TENSIÓN (V)									
		CORRIENTE (A)									
	VELOCIDAD DE GIRO (RPM)					0	0	0	0	0	0
	POTENCIA NOMINAL (W)	36000	36000	36000	36000	0	0	0	0	0	0
COS(φ)	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	
EXISTE ACUMULACIÓN ELÉCTRICA											
CAPACIDAD NOMINAL (Ah)											
TENSIÓN NOMINAL ACUMULACIÓN (V)											
ANTIGÜEDAD EQUIPO (AÑOS)											
¿EXISTE MECANISMO DE REGULACIÓN?											
TIPO MECANISMO REGULACIÓN											

ANEXO 1.3. Datos de usos y ocupación de espacios

ZONA Nº	DESCRIPCIÓN	PERIODO	INVIERNO				VERANO			
			HORA INICIO	HORA FINAL	DÍAS/SEMANA	Nº PERSONAS	HORA INICIO	HORA FINAL	DÍAS/SEMANA	Nº PERSONAS
1	SALA REUNIONES	LABORAL	10:00:00	13:00:00	5	6	10:00:00	13:00:00	5	6
		FIN DE SEMANA			0				0	
2	DIRECCIÓN	LABORAL	8:00:00	18:00:00	5	1	8:00:00	18:00:00	5	1
		FIN DE SEMANA			0				0	
3	DESPACHO 1	LABORAL	8:00:00	18:00:00	5	1	8:00:00	18:00:00	5	1
		FIN DE SEMANA			0				0	
4	DESPACHO 2	LABORAL	8:00:00	18:00:00	5	1	8:00:00	18:00:00	5	1
		FIN DE SEMANA			0				0	
5	RECIBIDOR+ESCALERA	LABORAL	8:00:00	14:00:00	5	1	8:00:00	14:00:00	5	1
		FIN DE SEMANA			0				0	
6	RECEPCIÓN-OFICINAS	LABORAL	8:00:00	18:00:00	5	5	8:00:00	18:00:00	5	5
		FIN DE SEMANA			0				0	
7	RECPECIÓN	LABORAL	8:00:00	18:00:00	5	1	8:00:00	18:00:00	5	1
		FIN DE SEMANA			0				0	
8	SERVIDORES	LABORAL	0:00:00	23:59:00	5	1	0:00:00	23:59:00	5	1
		FIN DE SEMANA	0:00:00	23:59:00	2				2	
9	BAÑO 1	LABORAL	8:00:00	14:00:00	5	1	8:00:00	14:00:00	5	1
		FIN DE SEMANA			0				0	
10	BAÑO 2	LABORAL	8:00:00	18:00:00	5	1	8:00:00	18:00:00	5	1
		FIN DE SEMANA			0				0	
11	PRODUCCIÓN	LABORAL	0:00:00	23:59:00	5	20	0:00:00	23:59:00	5	20
		FIN DE SEMANA	0:00:00	23:59:00	1				1	
12	TALLER 1	LABORAL	0:00:00	23:59:00	5	1	0:00:00	23:59:00	5	1
		FIN DE SEMANA	0:00:00	23:59:00	1				1	
13	STOCK 1	LABORAL	0:00:00	23:59:00	5	2	0:00:00	23:59:00	5	2
		FIN DE SEMANA	0:00:00	23:59:00	1				1	
14	STOCK 2	LABORAL	0:00:00	23:59:00	5	2	0:00:00	23:59:00	5	2
		FIN DE SEMANA	0:00:00	23:59:00	1				1	
15	COMPRESORES	LABORAL	0:00:00	23:59:00	5	1	0:00:00	23:59:00	5	1
		FIN DE SEMANA	0:00:00	23:59:00	1				1	

ZONA Nº	DESCRIPCIÓN	PERIODO	INVIERNO				VERANO			
			HORA INICIO	HORA FINAL	DÍAS/SEMANA	Nº PERSONAS	HORA INICIO	HORA FINAL	DÍAS/SEMANA	Nº PERSONAS
16	ALMACÉN PRODUCTO	LABORAL	0:00:00	23:59:00	5	3	0:00:00	23:59:00	5	3
		FIN DE SEMANA	0:00:00	23:59:00	1		0:00:00	23:59:00	1	
17	TALLER 2	LABORAL	8:00:00	10:00:00	5	1	8:00:00	10:00:00	5	1
		FIN DE SEMANA			0				0	
18	ZONA PET	LABORAL	8:00:00	19:00:00	5	1	8:00:00	19:00:00	5	1
		FIN DE SEMANA			0				0	
19	BAÑO 3	LABORAL	8:00:00	19:00:00	5	1	8:00:00	19:00:00	5	1
		FIN DE SEMANA			0				0	
20	BAÑO 4	LABORAL	8:00:00	19:00:00	5	1	8:00:00	19:00:00	5	1
		FIN DE SEMANA			0				0	
21	VESTUARIO 2	LABORAL	6:00:00	23:59:00	5	1	6:00:00	23:59:00	5	1
		FIN DE SEMANA			0				0	
22	ZONA DE DESCANSO	LABORAL	0:00:00	23:59:00	5	3	0:00:00	23:59:00	5	3
		FIN DE SEMANA	0:00:00	23:59:00	1		0:00:00	23:59:00	1	
23	CALIDAD	LABORAL	0:00:00	23:59:00	5	2	0:00:00	23:59:00	5	2
		FIN DE SEMANA	0:00:00	23:59:00	1		0:00:00	23:59:00	1	
24	ASEO PRODUCCIÓN	LABORAL	0:00:00	23:59:00	5	2	0:00:00	23:59:00	5	2
		FIN DE SEMANA	0:00:00	23:59:00	1		0:00:00	23:59:00	1	
25	VESTUARIO 3	LABORAL	0:00:00	23:59:00	5	10	0:00:00	23:59:00	5	10
		FIN DE SEMANA	0:00:00	23:59:00	1		0:00:00	23:59:00	1	
26	ASEO AUXILIAR	LABORAL	0:00:00	23:59:00	5	1	0:00:00	23:59:00	5	1
		FIN DE SEMANA	0:00:00	23:59:00	1		0:00:00	23:59:00	1	
27	TRÁNSITO PRODUCCIÓN	LABORAL	0:00:00	23:59:00	5	1	0:00:00	23:59:00	5	1
		FIN DE SEMANA	0:00:00	23:59:00	1		0:00:00	23:59:00	1	
28	REPUESTOS	LABORAL	0:00:00	23:59:00	5	1	0:00:00	23:59:00	5	1
		FIN DE SEMANA	0:00:00	23:59:00	1		0:00:00	23:59:00	1	
29	EXTERIORES	LABORAL	0:00:00	23:59:00	5	1	0:00:00	23:59:00	5	1
		FIN DE SEMANA	0:00:00	23:59:00	2		0:00:00	23:59:00	2	
30	REFRIGERACIÓN	LABORAL	0:00:00	23:59:00	5	0	0:00:00	23:59:00	5	0
		FIN DE SEMANA	0:00:00	23:59:00	1		0:00:00	23:59:00	1	

ANEXO 2. MEDIDAS MENSUALES DEL CONTADOR

Table with columns for HORA, MINUTO, ANHLL (1/4/19 to 30/4/19), and 1/5/19. Contains energy data for a 30-day period.

Análisis y soluciones de eficiencia energética de un proceso de extrusión soplado en una planta industrial de 1.500kW.

ANEXO 3. FACTURACIÓN ELÉCTRICA

		FACTURACIÓN P.C					
		P1	P2	P3	P4	P5	P6
MES	DÍAS/MES						
ENERO	31	2.659,34 €	1.330,82 €	973,94 €	973,94 €	973,94 €	472,15 €
FEBRERO	28	2.401,98 €	1.202,03 €	879,69 €	879,69 €	879,69 €	426,46 €
MARZO	31	2.659,34 €	1.330,82 €	973,94 €	973,94 €	973,94 €	472,15 €
ABRIL	30	2.573,55 €	1.287,89 €	942,52 €	942,52 €	942,52 €	456,92 €
MAYO	31	2.659,34 €	1.330,82 €	973,94 €	973,94 €	973,94 €	472,15 €
JUNIO	30	2.573,55 €	1.287,89 €	942,52 €	942,52 €	942,52 €	456,92 €
JULIO	31	2.659,34 €	1.330,82 €	973,94 €	973,94 €	973,94 €	472,15 €
AGOSTO	31	2.659,34 €	1.330,82 €	973,94 €	973,94 €	973,94 €	472,15 €
SEPTIEMBRE	30	2.573,55 €	1.287,89 €	942,52 €	942,52 €	942,52 €	456,92 €
OCTUBRE	31	2.659,34 €	1.330,82 €	973,94 €	973,94 €	973,94 €	472,15 €
NOVIEMBRE	30	2.573,55 €	1.287,89 €	942,52 €	942,52 €	942,52 €	456,92 €
DICIEMBRE	31	2.659,34 €	1.330,82 €	973,94 €	973,94 €	973,94 €	472,15 €

		EXCESOS DE POTENCIA					
		P1	P2	P3	P4	P5	P6
MES	DÍAS/MES						
ENERO	31	287,90 €	155,04 €	- €	- €	- €	- €
FEBRERO	28	499,54 €	231,11 €	- €	- €	- €	- €
MARZO	31	121,18 €	53,00 €	- €	- €	- €	- €
ABRIL	30	877,14 €	586,20 €	- €	- €	- €	32,80 €
MAYO	31	210,87 €	171,49 €	- €	- €	- €	- €
JUNIO	30	835,76 €	437,55 €	- €	- €	- €	10,88 €
JULIO	31	407,42 €	187,07 €	- €	- €	- €	- €
AGOSTO	31	149,48 €	80,45 €	- €	9,76 €	- €	- €
SEPTIEMBRE	30	- €	- €	288,65 €	379,75 €	- €	29,92 €
OCTUBRE	31	- €	- €	257,46 €	391,88 €	- €	46,75 €
NOVIEMBRE	30	- €	- €	147,40 €	209,73 €	- €	22,63 €
DICIEMBRE	31	- €	- €	196,81 €	202,04 €	55,46 €	23,28 €

		FACTURACIÓN ENERGÍA ACTIVA					
		P1	P2	P3	P4	P5	P6
MES	DÍAS/MES	0,093102	0,080021	0,067975	0,06068	0,058511	0,05008
ENERO	31	9.844,98 €	13.855,48 €	- €	- €	- €	6.654,38 €
FEBRERO	28	7.137,76 €	10.081,05 €	- €	- €	- €	4.425,97 €
MARZO	31	- €	- €	6.300,47 €	9.344,96 €	- €	5.942,34 €
ABRIL	30	- €	- €	- €	- €	13.431,08 €	5.294,81 €
MAYO	31	- €	- €	- €	- €	15.656,84 €	6.281,73 €
JUNIO	30	5.480,73 €	4.602,09 €	3.382,78 €	5.017,27 €	- €	6.004,39 €
JULIO	31	15.091,65 €	12.659,64 €	- €	- €	- €	7.166,25 €
AGOSTO	31	- €	- €	- €	- €	- €	7.399,17 €
SEPTIEMBRE	30	- €	- €	6.909,32 €	10.312,32 €	- €	6.214,28 €
OCTUBRE	31	- €	- €	- €	- €	16.434,98 €	7.287,74 €
NOVIEMBRE	30	- €	- €	7.287,87 €	10.678,53 €	- €	7.010,00 €
DICIEMBRE	31	6.848,02 €	9.598,44 €	- €	- €	- €	5.363,82 €

		FACTURACIÓN ENERGÍA REACTIVA						
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	E.M
MES	DÍAS/MES							
ENERO	31	1.757,63 €	2.878,00 €	- €	- €	- €	- €	65,23 €
FEBRERO	28	1.274,31 €	2.093,99 €	- €	- €	- €	- €	58,92 €
MARZO	31	- €	- €	1.540,62 €	2.559,79 €	- €	- €	65,23 €
ABRIL	30	- €	- €	- €	- €	3.815,46 €	- €	63,12 €
MAYO	31	- €	- €	- €	- €	4.447,74 €	- €	65,23 €
JUNIO	30	978,48 €	955,92 €	827,17 €	1.374,34 €	- €	- €	63,12 €
JULIO	31	2.694,33 €	2.629,60 €	- €	- €	- €	- €	65,23 €
AGOSTO	31	- €	- €	- €	- €	- €	- €	65,23 €
SEPTIEMBRE	30	- €	- €	1.689,50 €	2.824,77 €	- €	- €	63,12 €
OCTUBRE	31	- €	- €	- €	- €	4.668,79 €	- €	65,23 €
NOVIEMBRE	30	- €	- €	1.782,07 €	2.925,09 €	- €	- €	63,12 €
DICIEMBRE	31	1.222,59 €	1.993,74 €	- €	- €	- €	- €	65,23 €

ANEXO 4. LECTURAS MENSUALES DE LOS MAXÍMETROS

MES	DÍAS/MES	P.C (kW)					
		P1	P2	P3	P4	P5	P6
ENERO	31	800	800	800	800	800	850
FEBRERO	28	800	800	800	800	800	850
MARZO	31	800	800	800	800	800	850
ABRIL	30	800	800	800	800	800	850
MAYO	31	800	800	800	800	800	850
JUNIO	30	800	800	800	800	800	850
JULIO	31	800	800	800	800	800	850
AGOSTO	31	800	800	800	800	800	850
SEPTIEMBRE	30	800	800	800	800	800	850
OCTUBRE	31	800	800	800	800	800	850
NOVIEMBRE	30	800	800	800	800	800	850
DICIEMBRE	31	800	800	800	800	800	850

MES	DÍAS/MES	ENERGÍA ACTIVA (kWh)					
		P1	P2	P3	P4	P5	P6
ENERO	31	105.744	173.148	-	-	-	132.875
FEBRERO	28	76.666	125.980	-	-	-	88.378
MARZO	31	-	-	92.688	154.004	-	118.657
ABRIL	30	-	-	-	-	229.548	105.727
MAYO	31	-	-	-	-	267.588	125.434
JUNIO	30	58.868	57.511	49.765	82.684	-	119.896
JULIO	31	162.098	158.204	-	-	-	143.096
AGOSTO	31	-	-	-	-	-	147.747
SEPTIEMBRE	30	-	-	101.645	169.946	-	124.087
OCTUBRE	31	-	-	-	-	280.887	145.522
NOVIEMBRE	30	-	-	107.214	175.981	-	139.976
DICIEMBRE	31	73.554	119.949	-	-	-	107.105

MES	DÍAS/MES	ENERGÍA REACTIVA (kVarh)					
		P1	P2	P3	P4	P5	P6
ENERO	31	42.298	69.259	-	-	-	53.150
FEBRERO	28	30.666	50.392	-	-	-	35.351
MARZO	31	-	-	37.075	61.602	-	47.463
ABRIL	30	-	-	-	-	91.819	42.291
MAYO	31	-	-	-	-	107.035	50.174
JUNIO	30	23.547	23.004	19.906	33.074	-	47.958
JULIO	31	64.839	63.282	-	-	-	57.238
AGOSTO	31	-	-	-	-	-	59.099
SEPTIEMBRE	30	-	-	40.658	67.978	-	49.635
OCTUBRE	31	-	-	-	-	112.355	58.209
NOVIEMBRE	30	-	-	42.886	70.392	-	55.990
DICIEMBRE	31	29.422	47.980	-	-	-	42.842

ANEXO 5. CARACTERISITICAS DEL BANCO DE CONDESADORES



CONTROL INDUSTRIAL
DISTRIBUCIÓN DE POTENCIA
RESPALDO DE ENERGÍA
PARTES ELÉCTRICAS
ENERGÍAS RENOVABLES

BANCOS DE CAPACITORES AUTOMÁTICOS HASTA 480 VAC

#PARTE	CAP. (kVar)	PRECIO (\$)
RCB6020.2	20	3859,73
RCB6020.2A	25	3947,59
RCB6020.3	35	4351,35
RCB6020.5	50	4561,00
RCB6020.7	70	4932,06
RCB6020.8	80	5350,38
RCB6021.0	100	5981,25
RCB6021.2	120	6818,17
RCB6022.0	200	12970,36
RCB6022.2	225	13702,56
RCB6023.2	325	16037,92



- Capacidad del banco estimada según 120% de la demanda máxima reportada en un año y 95% como corrección.
- Interruptor principal y barra de distribución estimados como 160% y 120% de la corriente nominal respectivamente.
- Todos los gabinetes auto-soportados para uso interior.
- Las configuraciones mayores de 80 kVar tienen control de temperatura.
- Configuraciones 200, 225 y 325 kVar cuentan con dos gabinetes.