



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIEROS  
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

# OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE UNA EMPRESA DE PRODUCCIÓN DE ENVASES DE VIDRIO PARA ALIMENTACIÓN

AUTOR: LUIS ENRIQUE CARRIÓN DOMENECH

TUTOR: RAFAEL ROYO PASTOR

Curso Académico: 2015-16

## RESUMEN

En el presente documento se describe el proceso de optimización energética llevado a cabo para la empresa Crisdrio de Caudete. La empresa Crisdrio es una empresa especializada en la producción de envases de vidrio para alimentación, principalmente botellas y tarros.

En primer lugar, se evaluaron los diferentes consumos energéticos. Seguidamente se ha estudiado el proceso de producción y las diferentes etapas del mismo. El análisis realizado ha posibilitado la propuesta de una serie de medidas de mejora energética que se detallan adecuadamente en el presente documento.

**Palabras Clave:** Eficiencia, optimización energética, auditoría energética, contabilidad energética

## RESUM

En el present document es descriu el proc3s d'optimitzaci3n energ3tica dut a terme per a l'empresa Crisdrio de Caudete. L'empresa Crisdrio 3s una empresa especialitzada en la producci3n d'envases de vidre per a alimentaci3n, principalment botelles i pots.

En primer lloc, es van avaluar els diferents consums energ3tics. A continuaci3n s'ha estudiat el proc3s de producci3n i les diferents etapes del mateix. L'an3lisi realitzat ha possibilitat la proposta d'una s3rie de mesures de millora energ3tica que es detallen adequadament en el present document.

**Paraules clau:** Efici3ncia, optimitzaci3n energ3tica, auditoria energ3tica, comptabilitat energ3tica

## ABSTRACT

This current document describes a process of energetic optimization made to the company Crisdrio of Caudete. Crisdrio is a company which produces feeding glass containers, specifically pots and bottles.

Firstly, different energetic consumptions were evaluated. Then, the process of production and its different stages were revised. As a consequence of the energetic analysis, some proposal of energetic improvements that are described correctly were suggested.

**Keywords:** Efficiency, energetic optimization, energetic audit, energetic accounting

## Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación

### DOCUMENTOS CONTENIDOS EN EL TFG

- Memoria
- Presupuesto

<b>ÍNDICE DE LA MEMORIA.</b>	5
1. Introducción.	9
1.1. Objetivo del documento.	9
1.2. Estructura del documento.	9
2. Datos generales.	10
2.1. Datos de la empresa.	10
2.2. Datos de operación.	10
2.3. Datos de producción.	11
2.3.1. Principales materias primas.	11
2.3.2. Principales productos obtenidos.	12
3. Proceso productivo.	14
3.1. Materias Primas.	15
3.2. Hornos de fusión.	15
3.3. Alimentadores.	16
3.4. Formación de la gota.	16
3.5. Moldeo.	17
3.6. Tratamiento superficial en caliente.	17
3.7. Horno de recocido.	17
3.8. Tratamiento superficial en frío.	17
3.9. Control de calidad.	18
3.10. Paletizado, enfundado y retractilado.	18
3.11. Almacenamiento y expedición.	18
4. Descripción de instalaciones generales.	19
4.1. Instalación eléctrica.	19
4.1.1. Instalación de iluminación.	19
4.1.2. Instalación de equipos eléctricos.	20
4.2. Instalación de gas natural.	20

## Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación

4.2.1. Alimentación de gas natural.	20
4.2.2. Consumo de gas natural.	20
4.3. Instalación de ventilación.	20
4.4. Instalación de aire comprimido.	21
4.4.1. Línea de 7 bar.	21
4.4.2. Línea de 3,5 bar.	21
4.5. Instalación de agua de refrigeración.	21
5. Análisis energético.	23
5.1. Consumo anual y distribución de los consumos de energía.	23
5.2. Análisis del consumo de gas natural.	24
5.2.1. Consumo anual de gas natural.	25
5.2.2. Principales equipos consumidores.	26
5.3. Análisis del consumo de electricidad.	27
5.3.1. Consumo anual de electricidad.	27
5.3.2. Principales equipos consumidores.	28
5.3.2.1. Reparto por proceso.	28
5.3.2.2. Reparto por instalaciones.	30
5.4. Análisis del consumo de gasóleo.	31
5.4.1. Consumo anual de gasóleo.	31
5.4.2. Principales equipos consumidores.	32
5.5. Consumos específicos.	32
5.5.1. Consumo específico térmico (KWh/unidad) y consumo específico eléctrico (KWh/unidad) por producto de vidrio fundido.	32
5.5.2. Consumo específico térmico (KWh/unidad) y consumo específico eléctrico (KWh/unidad) por operaciones.	33
5.5.3. Costes específicos térmicos y eléctricos.	34
6. Análisis termográfico.	35
6.1. Horno	35
6.2. Regeneradores	38
6.3. Chimenea	39
6.4. Zona de recocido	40
6.5. Zona de moldes	41
7. Medidas propuestas.	42

## **Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación**

7.1. Aprovechamiento de los gases de la chimenea para precalentamiento de la materia prima	42
7.2. Propuesta de aumento de la superficie de los regeneradores.	43
7.3. Aprovechamiento de los gases de la chimenea para precalentamiento de aire	45
7.4. Propuesta de instalación de variador de velocidad para soplantes de moldes.	47
7.5. Propuesta de aumento de espesor de aislante del horno	51
7.6. Propuesta de cambio de lámparas de 400W por otras de 125W.	61
7.7. Propuesta de instalación de sensores en cintas de la fase de rechazo de botellas que controle la puesta en marcha de las bandas transportadoras.	63
7.8. Propuesta de cambio de lámparas de descarga de 250W por otras 125W.	64
<b>INDICE DEL PRESUPUESTO</b>	66
1. Necesidad del presupuesto	66
2. Contenido del presupuesto	66
3. Formato y presentación del presupuesto	66
<b>ANEXO DE TABLAS</b>	67
<b>ANEXO DE GRÁFICOS E IMÁGENES</b>	68

Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación

**OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE UNA EMPRESA DE PRODUCCIÓN DE  
ENVASES DE VIDRIO PARA ALIMENTACIÓN**

**OPTIMITZACIÓ ENERGÈTICA D'UNA EMPRESA DE PRODUCCIÓ  
D'ENVASOS DE VIDRE PER A ALIMENTACIÓ**

**ENERGETIC OPTIMIZATION OF A COMPANY OF GLASS CONTAINERS  
FOR FEEDING**



## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

### **1.1. Objetivo del documento**

El presente informe se describe el proceso de optimización energética llevado a cabo para la empresa Crisdrio tras la evaluación de los consumos energéticos y del proceso de producción. Tras la realización del análisis se ha llevado a cabo unas propuestas de mejoras energéticas, detalladas a lo largo del informe.

### **1.2. Estructura del documento**

Este documento se ha estructurado siguiendo en la medida de lo posible la estructura que debería tener un TFG de la ETSII. A lo largo de los próximos capítulos se irán abordando los detalles y de contenido sobre la evaluación sobre los consumos energéticos de esta empresa y las sugerencias proporcionadas para su reducción.

## CAPÍTULO 2. DATOS GENERALES

### 2.1. Datos de la empresa

Nombre de la empresa	Crisdrio
Localización	Polígono Industrial Los Villares localidad Caudete (Albacete)
Actividad principal	Producción de envases de vidrio para alimentación

2.1 Tabla de datos principales de la empresa.

### 2.2 Datos de operación

La fábrica de envases de vidrio de la empresa Crisdrio dispone de múltiples productos diferentes, todos ellos destinados a envases de productos alimentarios como agua, refrescos, cerveza, vinos y conservas.

En esta planta existen 2 hornos de fusión de vidrio con apoyo eléctrico, uno para la producción de vidrio blanco y otro para la producción de vidrio de color, principalmente verde. Debido a problemas de coloración no es posible la utilización de casco externo como materia prima para el vidrio blanco.

La capacidad de producción es de 260.000 toneladas anuales, con dos hornos de fusión alimentando las máquinas IF de doble gota, este tipo de máquinas permite en un punzonado o corte de la masa de vidrio fundido producir dos botellas duplicando la capacidad de producción con respecto a una máquina convencional de este tipo.

Los colores de los envases producidos son blanco, extraclaro, verde esmeralda y topacio.

La empresa cuenta con 300 empleados y su régimen de funcionamiento es de 3 turnos de 8 horas, los 365 días del año, por lo que la planta trabaja en producción continua durante las 8760 horas del año.

## Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación

### 2.3 Datos de producción

#### 2.3.1 Principales materias primas

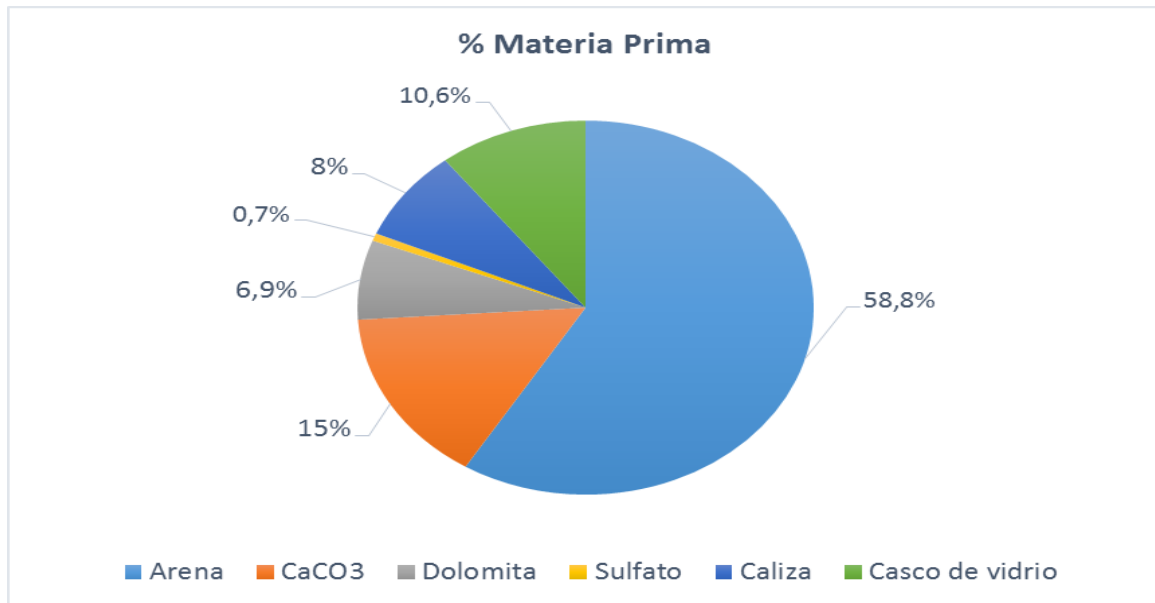
Las materias primas son caliza, dolomita, carbonato cálcico, sulfatos y arena. También se utiliza el casco de vidrio, siendo la arena y el casco de vidrio las materias primas esenciales en el proceso de fabricación de vidrio.

Ahora se procede a mostrar la cantidad anual de materia prima empleada.

Materia Prima	Toneladas
Arena	175.000
CaCO <sub>3</sub>	45.100
Dolomita	20.410
Sulfato	1.960
Caliza	23.650
Casco de vidrio	31.400
Total	297.520

2.3.1 Tabla de materia prima usada anualmente.

## Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación



2.3.1 Gráfico de principales materias primas.

### 2.3.2 Principales productos obtenidos

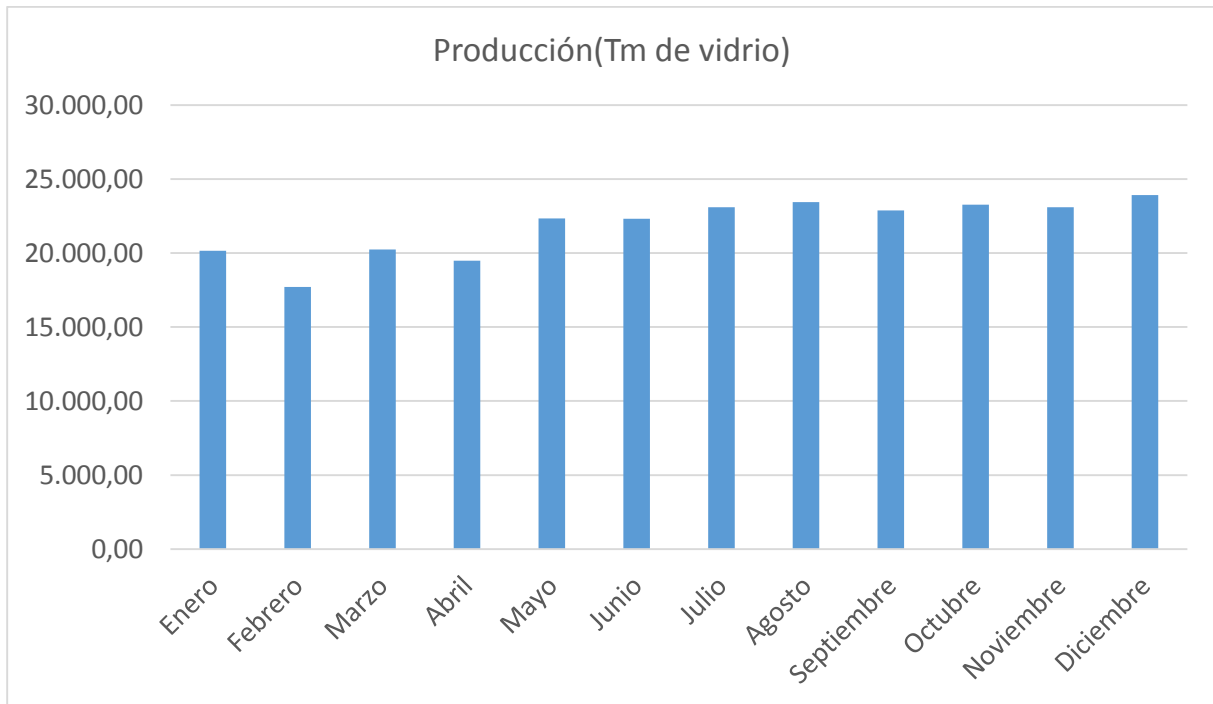
El principal producto obtenido es el envase de vidrio hueco. A continuación, se muestra la producción anual de vidrio en toneladas (ton).

Mes	Producción (Toneladas de vidrio)
Enero	20.162
Febrero	17.710
marzo	20.236
abril	19.488
mayo	22.337
junio	22.309
julio	23.107
agosto	23.436
septiembre	22.892
octubre	23.273

**Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación**

noviembre	23.090
diciembre	23.926
Total	261.970

2.3.2 Tabla de producción anual de vidrio.

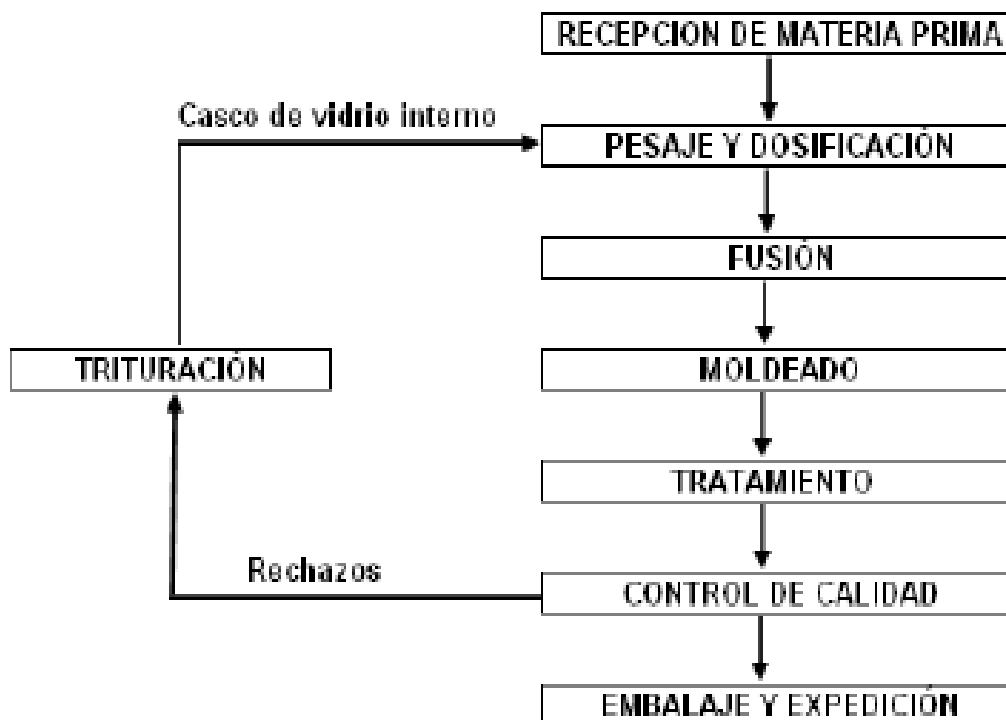


2.3.2 Gráfico de producción anual de vidrio en toneladas.

## CAPÍTULO 3. PROCESO PRODUCTIVO

El proceso de fabricación de envases de vidrio se realiza siguiendo estos procesos: preparación de las materias primas, fusión, conformado, tratamientos posteriores y, por último, almacenamiento y expedición de los productos finales.

Posteriormente, se procede a realizar una breve descripción de las etapas.



3. Imagen esquemática del proceso de producción

## Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación

### **3.1 Materias primas**

#### a) Recepción, control y almacenamiento

La materia prima llega a las instalaciones mediante camiones. Principalmente se trabaja con arena, sosa, caliza, vidrio recocido y otros componentes menores. En todos ellos se lleva a cabo un proceso de control de su grado de humedad y granulometría.

Las materias primas son almacenadas en las tolvas de almacenamiento para su posterior uso.

#### b) Dosificación, pesaje y mezcla

La dosificación es llevada a cabo mediante un sistema automático, el cuál prepara la composición de las materias primas modificándola en función de las necesidades de cada horno.

La materia prima es descargada sobre una cinta transportadora, que desemboca directamente en las mezcladoras, donde es homogenizada y descargada a otra cinta, que la transporta a los silos de los hornos.

La cinta cargada de materias primas descarga sobre una mezcladora que gira continuamente, con objeto de homogeneizar la mezcla vitrificable mediante el uso de unas palas.

### **3.2 Hornos de fusión**

El proceso de producción es llevado cabo en dos hornos de fusión de tipo regenerativo, denominados Horno 1 y Horno 2, que aprovechan el calor residual contenido en los humos para precalentar el aire de combustión, mediante el calentamiento de material refractario a modo de laberinto. Son alimentados con gas natural.

Las materias primas se funden a 1.500°C, para obtener una masa de vidrio candente.

Durante el proceso de fusión, los componentes de la mezcla vitrificable experimentan una serie de transformaciones cristalinas, evaporación de humedad de la mezcla, disociación de carbonatos y otras reacciones químicas. Los productos de estas reacciones se van disolviendo en la mezcla vítrea en formación.

El Horno 1 se dedica a la fabricación de vidrio verde, mientras que el Horno 2 se encarga de la fabricación de vidrio blanco.

Ambos se componen de los siguientes elementos: horno, garganta, bocas de carga, quemadores, regeneradores y chimenea.

Tanto el Horno 1 como el 2 disponen de un sistema de apoyo eléctrico de 1.200 kW para el calentamiento, denominado Boosting.

Una vez formado el vidrio, en esta masa existen impurezas, por lo que se realiza una etapa de homogeneización de la masa de vidrio fundido, de manera que sea apto para la fabricación de envases. También se consigue disminuir su temperatura a 1.100 °C, en la cual se logra su moldeo.

## Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación



3.2 Imagen del horno

### **3.3 Alimentadores**

El vidrio fundido es conducido a una zona en la que se acondiciona su temperatura. Para ello pasa por unos canales, provistos de unos quemadores de gas natural para controlar su enfriamiento y conseguir una temperatura más uniforme, y unas aperturas de refrigeración. Posteriormente, un alimentador va depositando el vidrio en las máquinas de formación de envases.

### **3.4 Formación de las gotas**

En el extremo del alimentador existe un punzón que mediante un movimiento ascendente - descendente va introduciendo una cantidad de vidrio fundido determinado. Posteriormente, mediante un sistema de corte situado bajo el punzón el vidrio se corta en "gotas" que descienden por los canales de conducción hacia las máquinas de moldeo.



3.4 Imagen de la formación de gotas.



## Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación

### **3.5 Moldeo**

Las "gotas" de vidrio son dirigidas a un primer molde, donde se forma la boca del envase y se crea un hueco interior, y por prensado o soplado en un segundo molde la botella adquiere su forma definitiva.

Durante este proceso, la máquina formadora actúa también como enfriador, permitiendo que el vidrio alcance una temperatura lo suficientemente baja (600-700°C) permitiendo ser manipulado sin sufrir deformaciones.



3.5 Imagen de la zona de moldes

### **3.6 Tratamiento superficial en caliente**

Este tratamiento es realizado antes de pasar al arca de recocido y una vez que la botella haya salido del molde final. El objetivo de este tratamiento es eliminar las microfisuras y mejorar la resistencia mecánica de los envases.

### **3.7 Horno de recocido**

Debido al transporte sobre cintas metálicas hacia las arcas de recocido, los envases se enfrían bruscamente, generando tensiones internas que vuelven al vidrio frágil. Estas tensiones son eliminadas en el proceso de recocido, calentando los envases hasta los 600°C y dejándolos enfriar lentamente hasta la temperatura ambiente.

### **3.8 Tratamiento superficial en frío**

Este tratamiento consiste en una dispersión superficial mediante polietileno, quien mejora su deslizamiento, facilitando el uso posterior de los envases a la hora de envasarlos, y elimina el riesgo de rayado sobre su superficie.

## **Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación**

### **3.9 Control de calidad**

Existen varias máquinas automáticas que controlan distintos aspectos críticos de los envases, como son eliminar de las líneas de producción los no adecuados y asegurar un correcto comportamiento de aquellos envases que superan los controles. Los envases rechazados por las líneas de inspección son eliminados para su reciclado.

### **3.10 Paletizado, enfundado y retractilado**

Una vez el envase ha sido inspeccionado, se procede a su paletizado. Es realizado automáticamente, en función de las necesidades del mercado, evitando el contacto humano.

Las operaciones de enfundado y retractilado son realizadas automáticamente garantizando la estanqueidad de los envases en los pallets en condiciones óptimas para su uso alimentario.

Se consume energía eléctrica para hacer funcionar estos sistemas.

### **3.11 Almacenamiento y expedición.**

El almacenamiento es realizado en zonas específicas. Los almacenes están totalmente cubiertos, garantizando una perfecta conservación de los pallets tras su producción.

La carga de camiones es realizada en el interior de las instalaciones. Para el movimiento de pallets son utilizadas carretillas alimentadas por gasóleo.

## CAPÍTULO 4: DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

### **4.1. Instalación eléctrica**

Existe una doble línea de alta tensión (66 kV) para el suministro eléctrico de la planta. Después se transforma a 5 kV, mediante 3 transformadores de 6.300 kVA. Posteriormente, son alimentados dos centros de transformación ambos de 5000V/400V:

- Centro de transformación secundario
- Centro de transformación Hornos Boosting

En el centro de transformación secundario existen 4 transformadores, a partir de los cuales se distribuye en baja tensión a la mayor parte de la planta.

En el centro de transformación Hornos Boosting existen 2 transformadores usados para alimentar a los Boosting de los Hornos 1 y 2.

En caso de fallo en la alimentación de red, existen 2 grupos electrógenos de 650 kVA encargados del suministro eléctrico a los equipos principales.

#### **4.1.1 Instalación de iluminación**

Las instalaciones de iluminación de la planta se componen de un edificio de oficinas y las naves de producción, en las que se desarrolla el proceso productivo, recepción y almacenamiento de las materias primas y productos.

A continuación, se presenta un breve listado del tipo de iluminación y la zona donde está instalada.

Zona	Tipo
Oficina	Equipo fluorescente
Nave de recepción de materia prima y almacenamiento	Equipo fluorescente combinadas con lámparas de sodio o mercurio
Nave de producción, zona de hornos	Lámparas de descarga de mercurio y halogenuro metálico

## Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación

Nave de producción, zonas caliente y fría:	Luminarias suspendidas con lámpara de descarga de mercurio
Exterior	Luminarias de vapor de sodio

4.1.1 Tabla de principales equipos del sistema de iluminación.

### 4.1.2 Instalación de equipos eléctricos

La planta cuenta con diferentes equipos alimentados por electricidad, como son:

Función	Tipo de equipo
Refrigeración	Ventiladores
	Bombas de agua
Apoyo eléctrico a quemadores	Boosting de horno 2
	Apoyo para arca de recocido
Iluminación	Lámparas
Aire comprimido	Aire comprimido
Otros	Equipos varios

4.1.2 Tabla de principales equipos eléctricos

### 4.2 Instalación de gas natural

#### 4.2.1 Alimentación de gas natural

Del gasoducto se alimenta a una Estación de Regulación y Medida (ERM) a 16 bar, transformándose en esta a 2,5 bar. El reparto de caudal se realiza mediante dos colectores, uno para cada horno.

#### 4.2.2 Consumo de gas natural

El consumo de gas natural se realiza principalmente en los hornos, Horno 1 y Horno 2, equipados con quemadores de gas natural.

También existen quemadores de gas natural en la zona de recocido para elevar la temperatura del vidrio y controlar su enfriamiento durante esta fase del proceso.

### 4.3 Instalación de ventilación

Existen varios ventiladores que intervienen en las diferentes etapas del proceso productivo. Un breve listado de estos es:

Propósito	Zona	Número
Refrigeración	Línea de flotación del vidrio y garganta	5
Refrigeración	Canales (alimentadores y pre-alimentadores)	2
Refrigeración	Equipos electrónicos	4

## Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación

Soplante	Aire de combustión	4
Soplante	Chimenea	2
Refrigeración	Moldes	6

4.3 Tabla de equipos principales del sistema de ventilación.

### **4.4 Instalación de aire comprimido**

Existe una sala de compresores donde se encuentran ubicados todos los equipos de producción. A partir de aquí, se distribuye el aire comprimido en dos redes independientes para los diferentes usos de la planta, a 3,5 bar y 7 bar.

Ambas líneas cuentan con un depósito vertical que actúa de pulmón de la red.

#### **4.4.1 Línea de 7 bar**

Esta línea tiene 4 compresores alternativos, de 2 etapas de potencia de 90 KW y 160 KW. De estos existe siempre uno en reserva para posibles averías.

#### **4.4.2 Línea de 3,5 bar**

Esta línea cuenta con 2 compresores centrífugos de 530 KW y 3 alternativos de 445 KW. De estos existe siempre uno en reserva para posibles averías.

### **4.5 Instalación de agua de refrigeración**

Existen numerosos equipos refrigerados por agua, así como sistemas de bombeo y trasiego de agua u otros líquidos. Por ejemplo, tenemos los compresores de la red de aire comprimido, secadores frigoríficos, refrigeración de Boosting, bombas de productos químicos, etc.

Para ello, se dispone de un circuito de refrigeración de agua, formado por una red de agua distribuida por la planta, dos torres de refrigeración y distintos grupos de bombeo. Breve listado de los principales grupos de bombeo:

Zona	Número
Circuito general	3
Depuración depósito general	2

**Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación**

Zona de moldes	2
Máquinas de arrastre	4
Dosificación	9
Laboratorio	1

4.5 Tabla de principales equipos del sistema de refrigeración.

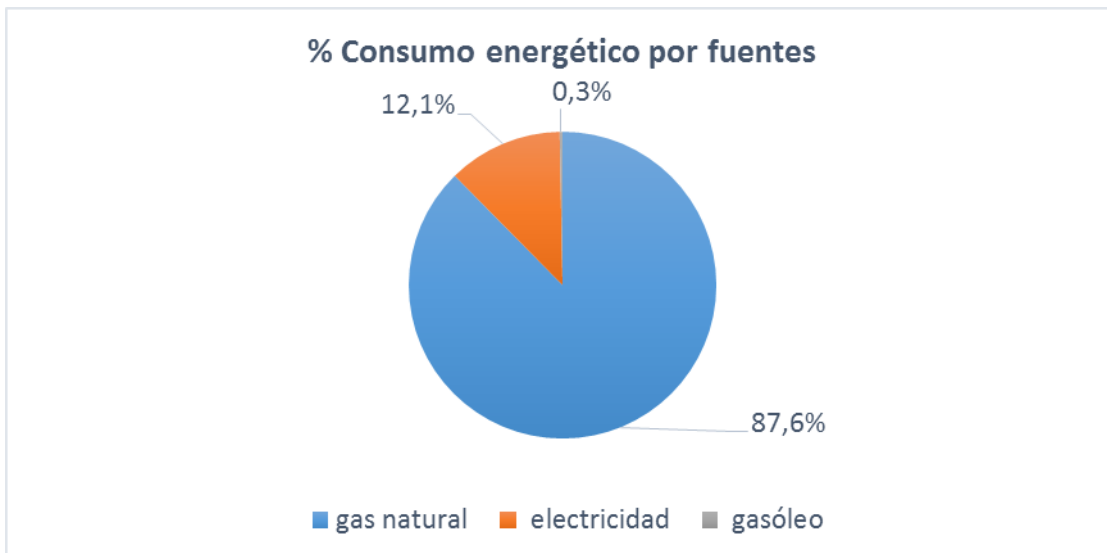
## CAPÍTULO 5. ANÁLISIS ENERGÉTICO

### 5.1. Consumo anual y distribución de consumos de energía

Las principales fuentes de energía empleadas por la empresa son: gas natural, electricidad y gasóleo. Los valores de consumo anual y cantidad de materia consumida se puede observar en la tabla 5.1.1. Entre ellas, destaca el gas natural con un consumo del 88% respecto del consumo total seguida de la electricidad, como se puede observar en la gráfica 5.1.1.

Consumo Energía	% Consumo energético por fuentes	Kwh/año	Cantidad
gas natural	87,6	425.548.418	35.730.345 Nm3
electricidad	12,1	59.028.122	
gasóleo	0,3	1.526.817	147.880 l

5.1.1 Tabla de consumo energético anual por fuente.



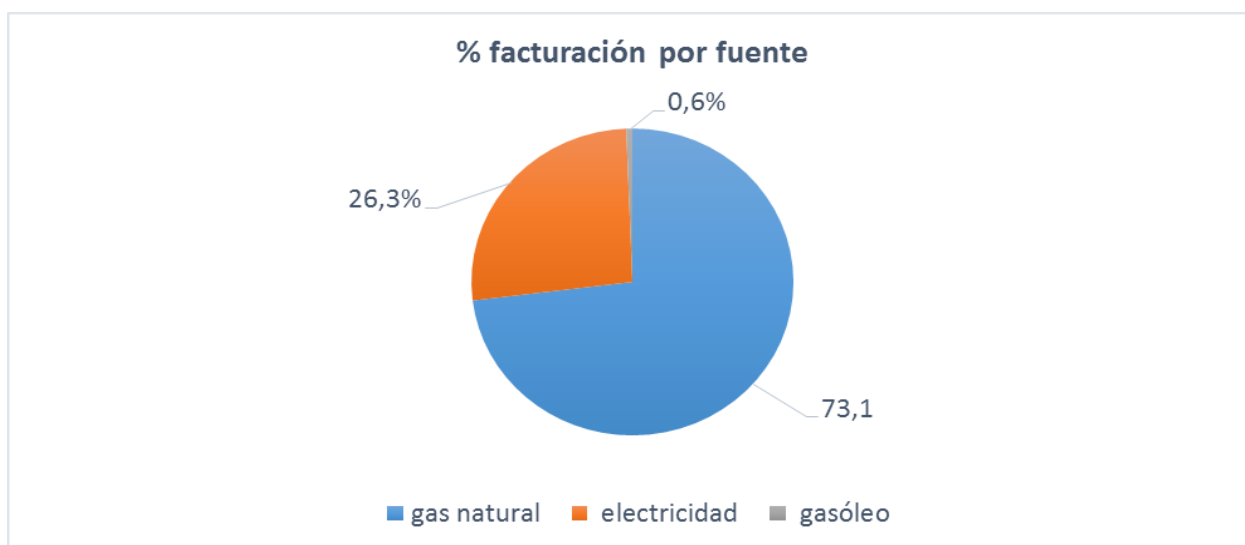
5.1.1 Gráfico de consumo energético por fuente.

En lo que respecta a la facturación de estas fuentes de energía podemos observarlas sin IVA.

## Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación

Consumo Energía	€/año
gas natural	11.182.770
electricidad	4.027.180
gasóleo	94.140

5.1.2 Tabla de facturación por fuente.



5.1.2 Gráfico de facturación por fuente

### 5.2 Análisis del consumo de gas natural

#### 5.2.1 consumo anual de gas natural

El consumo anual de gas natural asciende a 425.548.418 KWh.

Seguidamente, podemos observar la evolución anual de los consumos de gas natural en la siguiente tabla 5.2.1 y gráfica 5.2.1

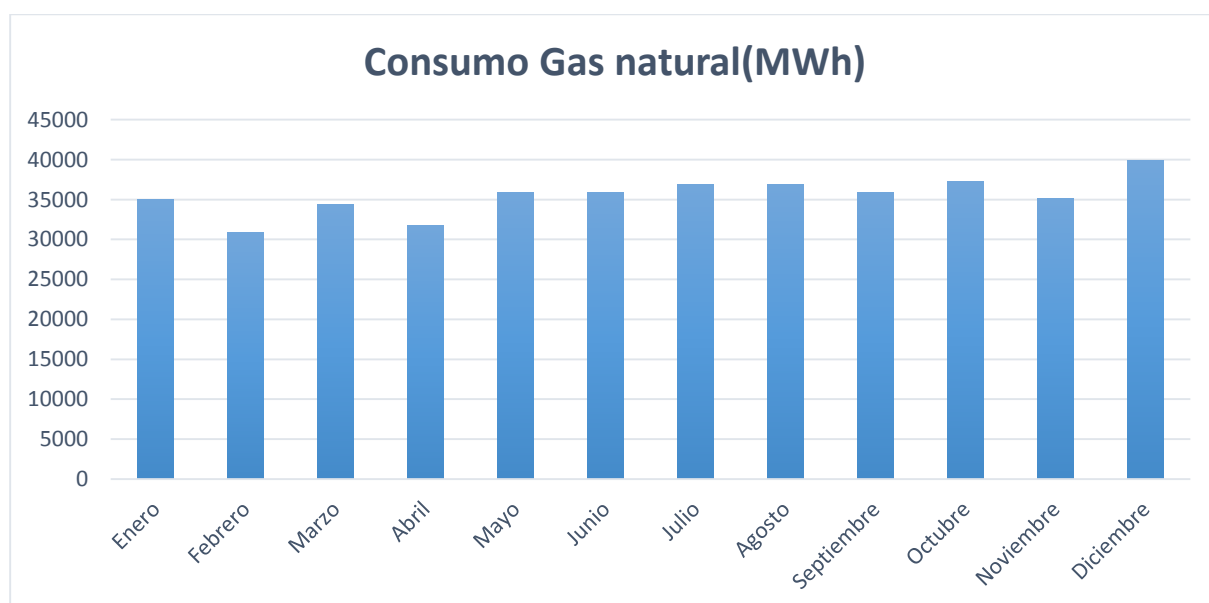
Mes	Consumo (MWh)	Facturación (€)
Enero	34.937	827.454,61
Febrero	30.830	739.146,34
Marzo	34.366	824.003,26
Abril	31.780	769.566,73
Mayo	35.834	919.729,67



### Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación

Junio	35.866	938.775,84
Julio	36.867	955.982,97
Agosto	36.851	964.285,74
Septiembre	35.845	955.829,20
Octubre	37.317	998.853,51
Noviembre	35.199	1.114.786,40
Diciembre	39.850	1.174.355,89
Total	425.548,42	11.182.770,16

5.2.1 Tabla de consumo anual de gas natural.



5.2.1 Gráfico de consumo anual de gas natural en MWh

## Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación

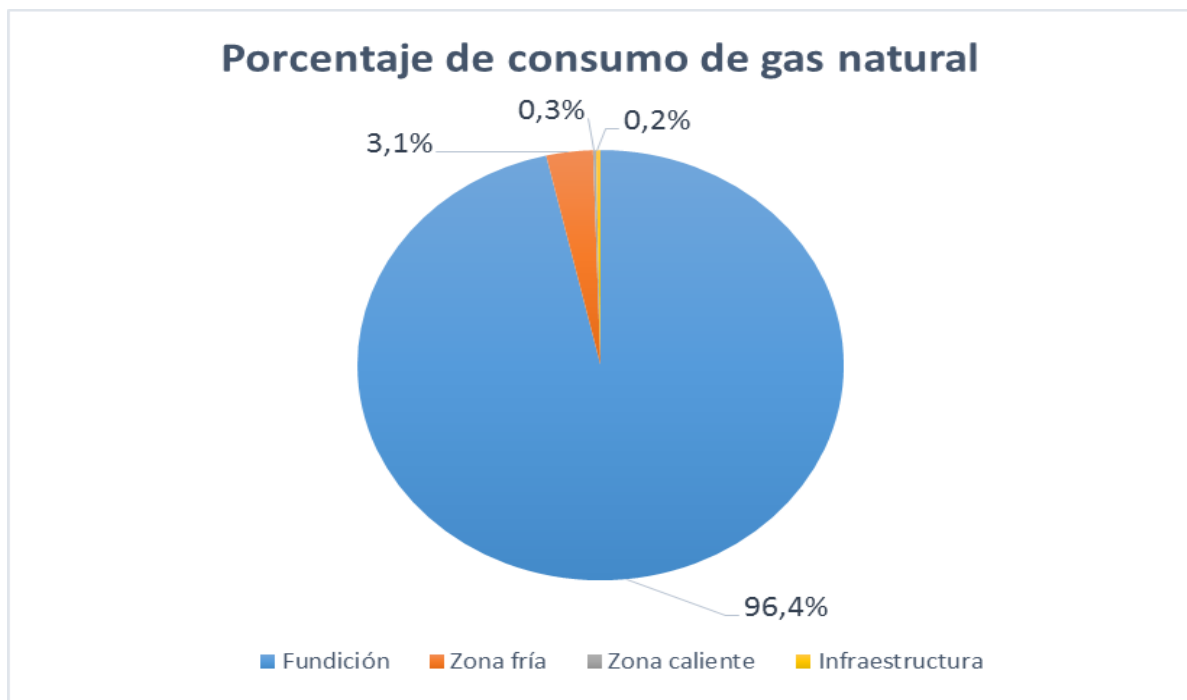
### 5.2.2 Principales equipos consumidores

El consumo de gas natural es realizado por las siguientes etapas y equipos del proceso.

ETAPA DEL PROCESO	EQUIPO
Fusión y afinado	Hornos de fusión
Reposo y acondicionamiento térmico	Canales o alimentadores
Moldeado	Estufas de calentamiento de moldes
Enfriamiento y recocido	Arcas de recocido
Paletizado	Horno de retractilado
Procesos auxiliares	Calderas de calefacción y A.C.S.

#### 5.2.2 Tabla de proceso y equipo.

El consumo de mayor importancia se realiza en el horno de fusión de la etapa de fusión con un peso del 96.4%. Tras estas líneas se muestra gráficamente el reparto de consumos de gas natural en la gráfica 5.2.2.



#### 5.2.2 Gráfico de consumo de gas natural por proceso

## Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación

### 5.3 Análisis del consumo de electricidad

#### 5.3.1 Consumo anual de electricidad

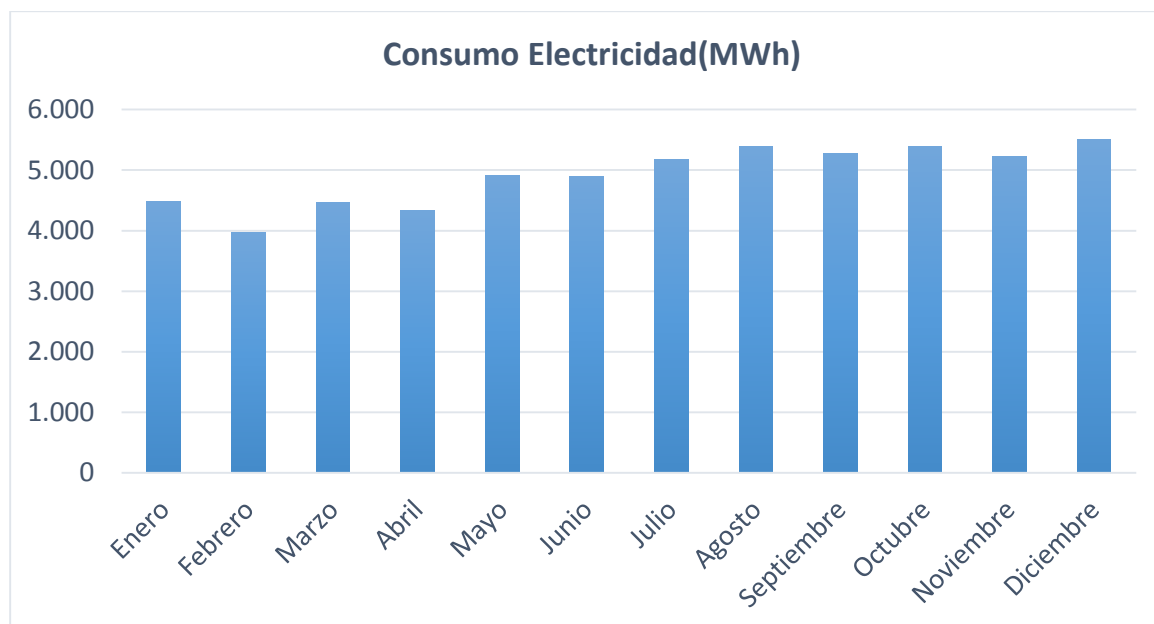
El consumo anual de electricidad asciende a 59.028.122 KWh.

A continuación, podemos observar la evolución anual de los consumos de electricidad. Seguidamente, se puede observar gráficamente en la gráfica 5.3.1. La empresa tiene contratada una potencia eléctrica de 6 MW en la mayor parte del año con un aumento a 20 MW en el último periodo del año, siendo este suministro realizado a 60.000 V.

MES	Consumo(MWh)	Facturación (€)
Enero	4.479	305.617,56
Febrero	3.978	271.424,47
Marzo	4.475	305.308,16
Abril	4.331	295.534,35
Mayo	4.911	335.090,80
Junio	4.893	333.855,93
Julio	5.180	353.457,79
Agosto	5.391	367.831,80
Septiembre	5.276	360.005,53
Octubre	5.382	367.241,72
Noviembre	5.219	356.081,99
Diciembre	5.507	375.730,04
TOTAL:	59.028	4.027.180,14

5.3.1 Tabla de consumo anual de electricidad.

## Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación



5.3.1 Gráfico de consumo anual de electricidad en MWh

### 5.3.2 Principales equipos consumidores

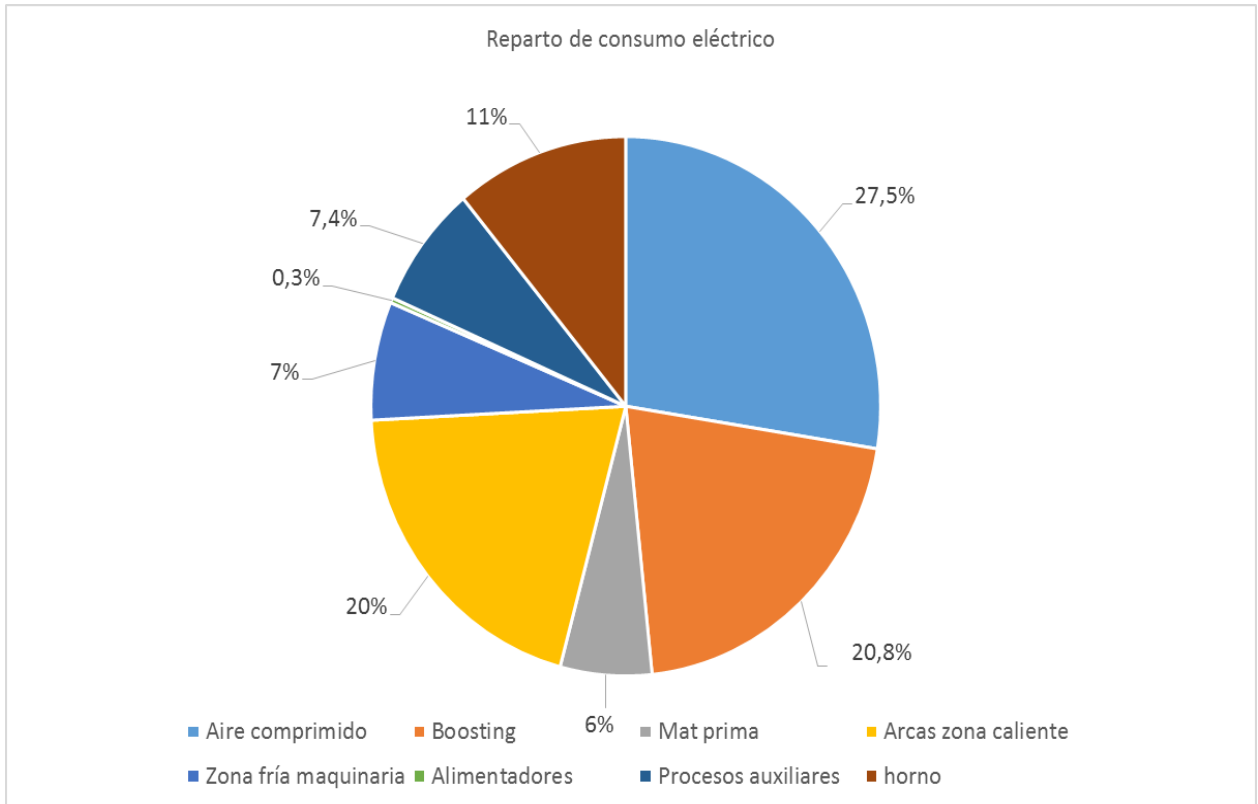
#### 5.3.2.1 Reparto por procesos

La energía eléctrica está presente en todas las etapas del proceso, siendo los principales equipos consumidores con su etapa del proceso correspondiente los mostrados a continuación.

ETAPA DEL PROCESO	EQUIPO
Mezclado	Maquinaria de mezclado de materias primas
Fusión y afinado	Electrodos
Reposo y acondicionamiento térmico	Canales o alimentadores
Tratamiento superficial en caliente	Maquinaria
Tratamiento superficial en frío	
Control y selección	Maquinaria de inspección
Paletizado	Maquinaria de envasado
Procesos auxiliares	Compresores

5.3.2.1 Tabla de equipos que utilizan energía eléctrica y sus correspondientes procesos.

## Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación



### 5.3.2.1 Gráfico de reparto de consumo eléctrico por proceso

Como podemos observar, los equipos que suponen un mayor consumo de energía eléctrica son los compresores y la maquinaria, siendo esta la que se localiza en las zonas de tratamiento superficial en frío, selección y control. También destaca el consumo del apoyo eléctrico de los hornos.

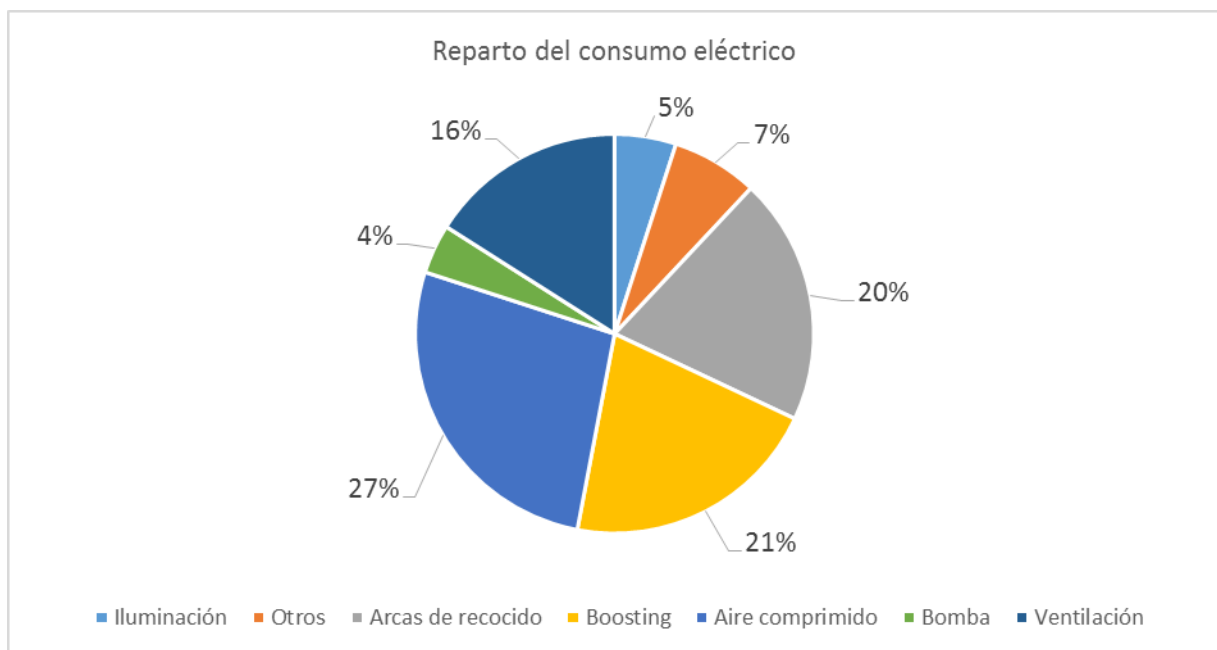
## Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación

### 5.3.2.2 Reparto por instalaciones

Seguidamente, se relatan los principales equipos consumidores de energía eléctrica en la fábrica en la tabla 5.3.2.2, así como su representación gráfica de porcentaje del consumo en la gráfica 5.3.2.2

Tipo	Tipo	Potencia(KW)
Iluminación	Lámparas de mercurio y sodio	300
Boosting	Boosting	1200
Bomba	Bombas	240
Aire comprimido	Compresores	1620
Alimentadores	Ventiladores	950
Otros	otros	420
Arcas de recocido	Arca de recocido	1300

5.3.2.2 Tabla de reparto de consumo eléctrico entre instalaciones principales.



5.3.2.2 Gráfico de reparto de consumo eléctrico entre instalaciones principales.

## Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación

### 5.4 Análisis del consumo de gasóleo

#### 5.4.1 Consumo anual de gasóleo

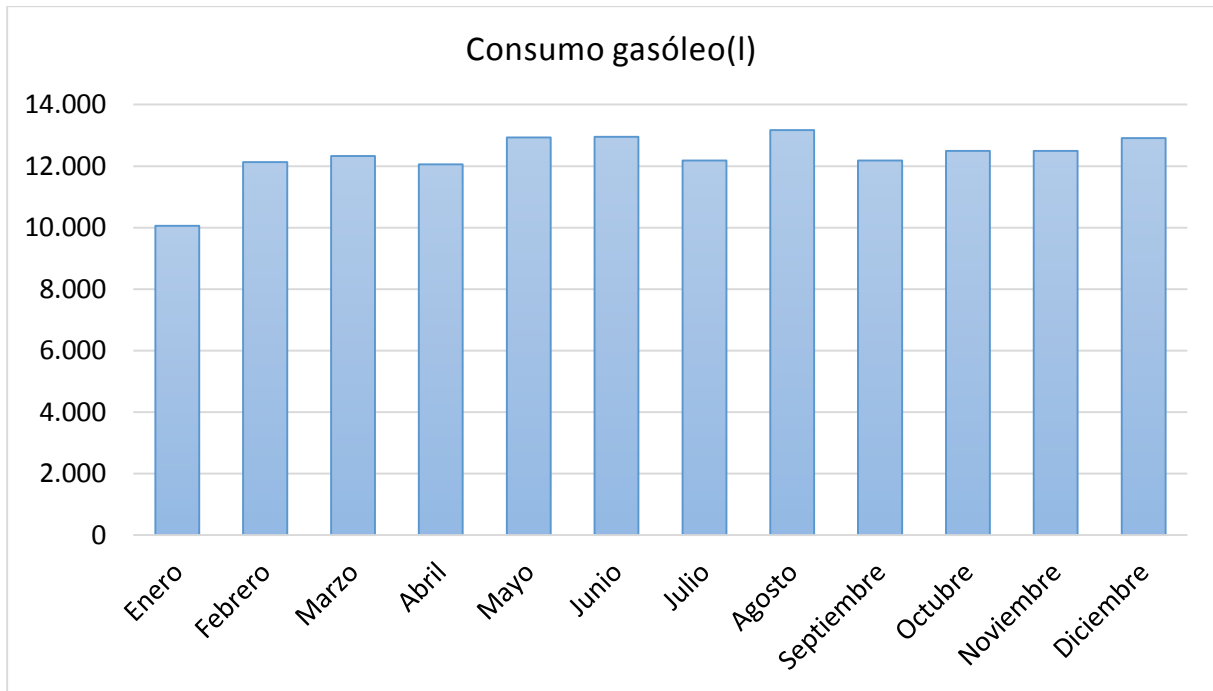
El consumo anual de gasóleo asciende a 1.526.817 kWh.

Ahora, se puede observar la evolución anual de los consumos de gasóleo.

Mes	Consumo (l)	Facturación (€)
Enero	10.056	5.891
Febrero	12.131	7.106
Marzo	12.328	7.680
Abril	12.056	7.511
Mayo	12.932	9.259
Junio	12.951	7.948
Julio	12.179	8.946
Agosto	13.167	8.876
Septiembre	12.183	6.921
Octubre	12.494	7.775
Noviembre	12.494	8.486
Diciembre	12.910	7.740
Total	147.880	94.139

5.4.1 Tabla de consumo anual de gasóleo

**Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación**



5.4.1 Gráfico de consumo anual de gasóleo en litros.

**5.4.2 Principales equipos consumidores**

El gasóleo es consumido por camiones y carretillas de distribución y transporte de la materia y productos dentro de la instalación.

**5.5 Consumos específicos**

**5.5.1 Consumo específico térmico (KWh/unidad) y consumo específico eléctrico (KWh/unidad) por producto de vidrio fundido**

	Consumo térmico (MWh)	Consumo eléctrico (MWh)	Producción de vidrio (ton)	Consumo específico térmico (KWh/Tm)	Consumo específico eléctrico (KWh/Tm)
Total anual	425.548,00	59.028,00	261.970,14	1.624,42	225,32

5.5.1 Tabla de consumos por unidad de producto

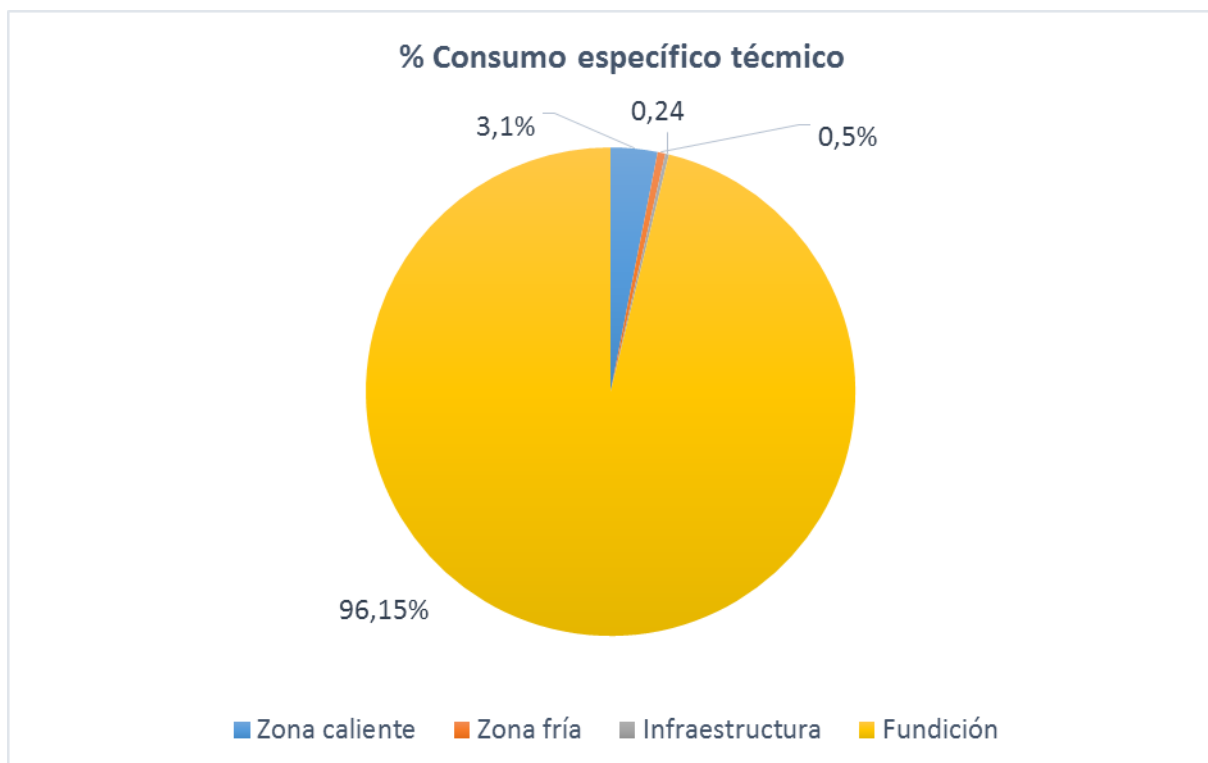


**Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación**

**5.5.2 Consumo específico térmico (KWh/unidad) y consumo específico eléctrico (KWh/unidad) por operaciones**

Operación	Consumo Térmico(MWh)	Consumo eléctrico (MWh)	Consumo específico térmico(KWh/Tm)	Consumo específico eléctrico(KWh/Tm)
FUNDICIÓN - HORNOS	343.878	15.209	1.312,66	58,06
FUNDICIÓN - FEEDERS	32.343	124	123,46	0,48
ZONA CALIENTE	12.109	22.675	46,22	86,56
ZONA FRÍA	1.999	3.399	7,63	12,98
INFRAESTRUC TURA	941	6.281	3,59	23,98

5.5.2 Tabla de consumos específicos térmicos y eléctricos



5.5.2 Gráfico de porcentaje de consumos específicos

## Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación

### 5.5.3 Costes específicos térmicos y eléctricos

	Costes específicos(ct€/Ton)	costes específicos(ct€/KWh)
gas natural	42,69	2,63
electricidad	15,37	6,82
gasóleo	0,36	6,17

5.5.3 Tabla de costes específicos.

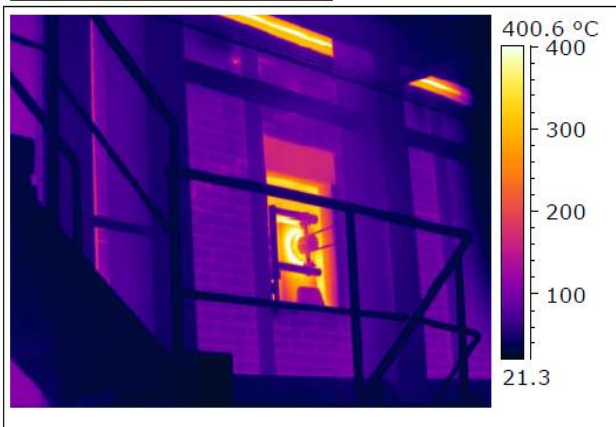
## CAPÍTULO 6. ANÁLISIS TERMOGRÁFICO

A continuación se ha realizado el estudio termográfico de las zonas con mayores cargas térmicas de las diferentes instalaciones de la planta.

### 6.1 Horno

Como podemos observar en la imagen posterior, las paredes externas de los hornos se encuentran a una temperatura media de 80 °C. Los puntos de mayor temperatura se corresponden con una puerta de comprobación, existente en un lateral del horno, y con una viga metálica en contacto con el horno.

**Termografía infrarroja**



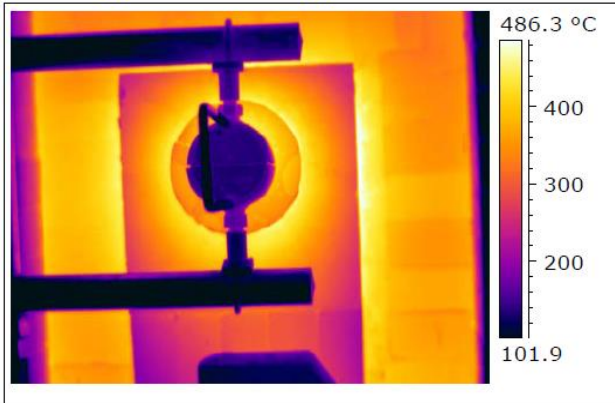
**Imagen visual**



6.1.1 Imagen pared lateral del horno 1.

## Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación

**Termografía infrarroja**



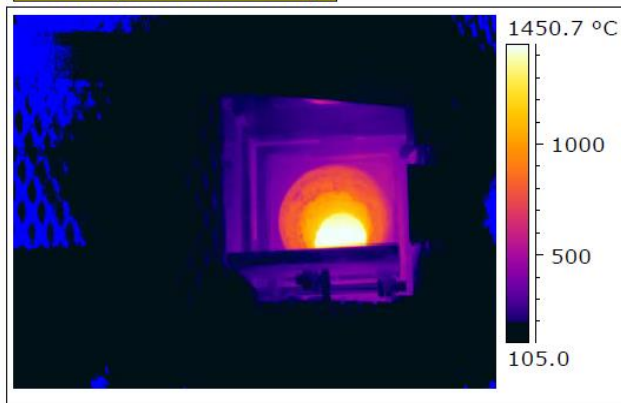
**Imagen visual**



6.1.2 Imagen puerta para comprobación del interior del horno 1 situada en un lateral.

En la siguiente termografía podemos observar la temperatura interior del horno mediante una puerta lateral, la cual asciende a 1500 °C.

**Termografía infrarroja**



**Imagen visual**

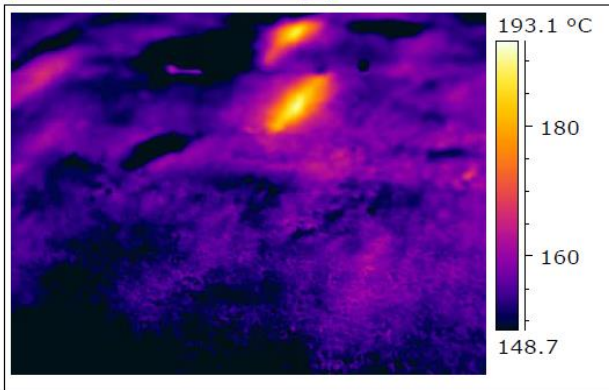


6.1.3 Imagen temperatura interior horno.

En la bóveda la temperatura media es de 190 °C, como se muestra a continuación. La mayores temperaturas, pudiéndose alcanzar 370 °C, se observan en las uniones de la bóveda entre estas y las paredes del horno.

## Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación

**Termografía infrarroja**

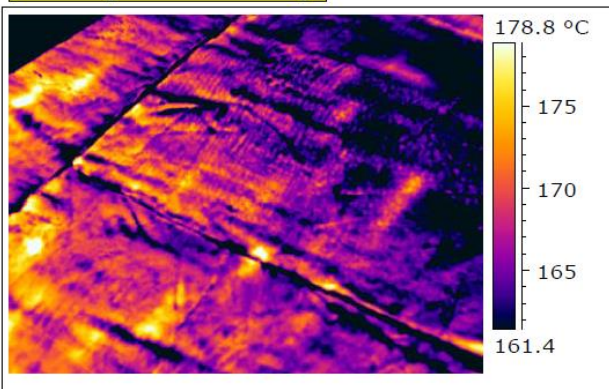


**Imagen visual**



6.1.4 Imagen bóveda del horno 1

**Termografía infrarroja**

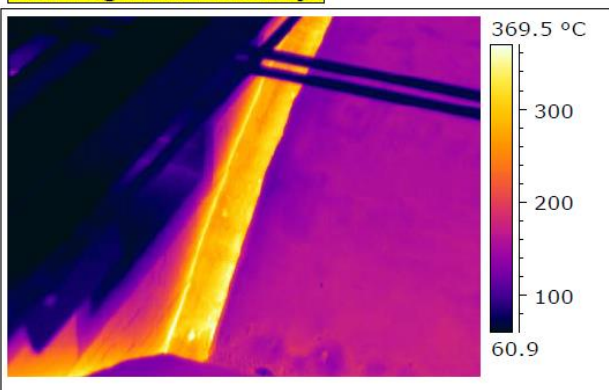


**Imagen visual**



6.1.5 Imagen bóveda del horno 1.

**Termografía infrarroja**



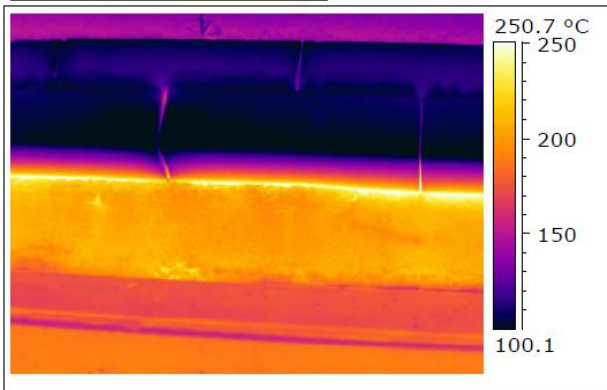
**Imagen visual**



6.1.6 Imagen junta de unión de bóveda 1.

## Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación

### Termografía infrarroja



### Imagen visual

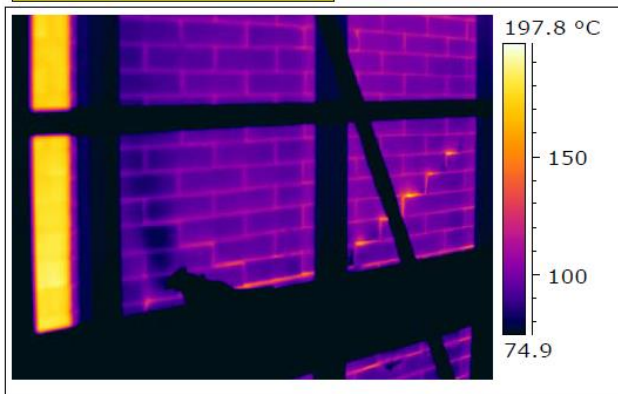


6.1.7 Imagen junta de unión de la bóveda.

## 6.2 Regeneradores

Las paredes de los regeneradores se encuentran a una temperatura media de 100 °C. Las mayores temperaturas se pueden observar en la puerta existente en la parte trasera del regenerador para la comprobación del interior del horno, así como en la esquina del regenerador, esta última se encuentra menos recubierta de aislante.

### Termografía infrarroja



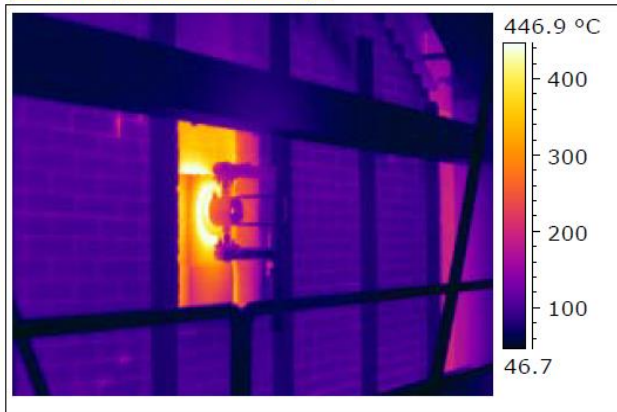
### Imagen visual



6.2.1 Imagen pared del regenerador

## Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación

**Termografía infrarroja**

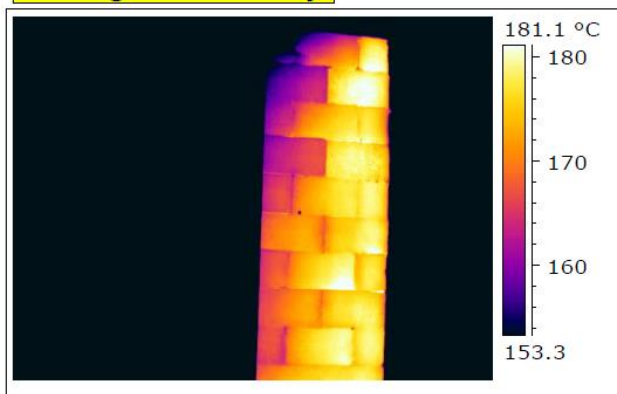


**Imagen visual**



6.2.2 Imagen pared y puerta del regenerador.

**Termografía infrarroja**



**Imagen visual**



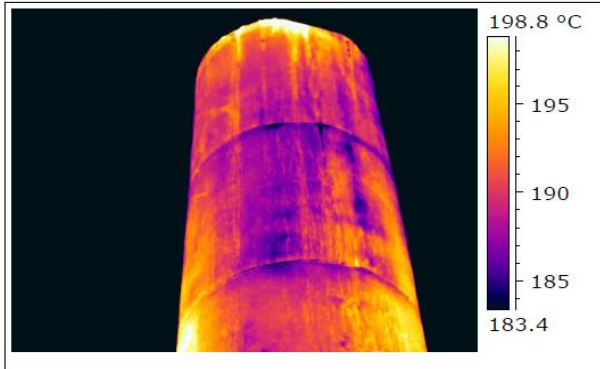
6.2.3 Imagen lateral del regenerador.

### **6.3 Chimenea**

La chimenea se encuentra recubierta de aislante en su base y por chapa con pintura especial en la parte superior. La temperatura media de la chimenea como se puede observar se encuentra alrededor de 190 °C.

## Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación

**Termografía infrarroja**



**Imagen visual**



### 6.3 Imagen chimenea

#### 6.4 Zona de recocido

En la zona de recocido, las máquinas se encuentran en valores cercanos a los 70 °C como valor medio, mientras que en determinadas zonas existen temperaturas mayores. La temperatura del vidrio asciende a 500°C.

**Termografía infrarroja**

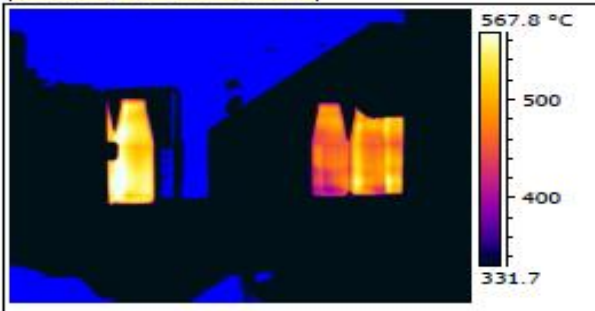


**Imagen visual**



#### 6.4.1 Imagen máquinas de la zona de recocido

**Termografía infrarroja**



**Imagen visual**



#### 6.4.2 Imagen zona de recocido

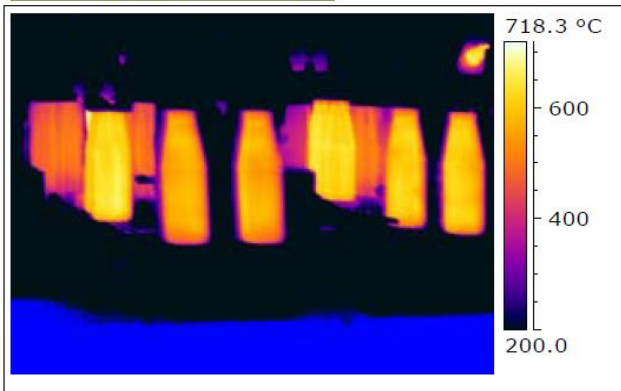


## Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación

### 6.5 Zona de moldes

En la zona de moldes las máquinas en contacto con la gota de vidrio se encuentran refrigeradas debido a las altas temperaturas de las botellas recién formadas, valor en torno a los 700 °C. En el caso de las máquinas su temperatura media es muy inferior, estando en valores de 200 °C para aquellas en contacto directo con la gota.

**Termografía infrarroja**



**Imagen visual**



#### 6.5.1 Imagen zona de moldes

**Termografía infrarroja**



**Imagen visual**



#### 6.5.2 Imagen zona de moldes

## CAPÍTULO 7. MEDIDAS PROPUESTAS

### **7.1 Aprovechamiento de los gases de la chimenea para precalentamiento de la materia prima.**

Se propone la instalación de un intercambiador de calor para el aprovechamiento de los gases que escapan por la chimenea con objeto de precalentar la materia prima del horno. La instalación se realizaría en un tramo intermedio del canal que conduce los gases hasta que se evacuan por la chimenea con las siguientes características:

Calor intercambiado		1.325 KW
Materia prima	Temperaturas de entrada	15 °C (288,15 K)
	Temperatura de salida	200 °C (473,15 K)
	Masa de la mezcla	9,43 Kg/s
	Calor específico estimado	0,76 KJ/(Kg*K)
Gases de la combustión	Temperaturas de entrada	400 °C (673,15 K)
	Temperatura de salida	317,83°C (590,98 K)
	Masa de gases	15,62 Kg/s
	Calor específico estimado	1,03 KJ/(Kg*K)
Tubos	Diámetro	25 mm
	Número	16
	Longitud	2 m

Tabla de características del intercambiador de calor para la propuesta 7.1

De la propuesta realizada se derivan una serie de ahorros energéticos, los cuales son:

$1.325 \text{ KW} * 8.760 \text{ h/año} = 11.607.000 \text{ KWh/año.}$

## Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación

Ahorro sobre el total de gas natural quemado:

$$(11.607.000 \text{ KWh/año}) / (425.548,00 \text{ MWh/año}) * 100 = 2,73 \%$$

El ahorro económico derivado será de:  $0,0263 \text{ €/KWh} * 11.607.000 \text{ KWh/año} = 305.264,10 \text{ €/año}$ .

La parada de mantenimiento se aprovecharía para la instalación del intercambiador de calor.

Se ha estimado una inversión con un presupuesto entre los intercambiadores de calor existentes en los catálogos del mercado con los siguientes precios:

Elemento	Inversión
Intercambiador de calor y otros elementos	16.500 €
Mano de obra de instalación	2.500 €
Total	19.000 €.

Tabla de inversión de propuesta 7.1

Por lo que la tasa de retorno simple que se derivaría de esta propuesta sería de:

$$19.000 \text{ €} / (305.264,10 \text{ €/año}) = 0,06 \text{ años} = 22,72 \text{ días}$$

Descripción de la propuesta	Instalación de intercambiador de calor para la utilización de gases de la chimenea para precalentamiento de materia prima.
Ahorro energético	11.607.000 KWh/año
Ahorro de energía eléctrica sobre el consumo total	2,73 %
Ahorro económico	305.264,10 €/año
Inversión estimada	19.000 €
Tasa de retorno	0,06 años (22,72 días)

Tabla resumen de la propuesta 7.1

### **7.2 Aumento del área de los regeneradores**

Se propone el aumento del área de los regeneradores para aprovechar más los gases que se expulsarían por la chimenea, de manera que es posible reducir la temperatura de estos gases y ceder menor calor al ambiente. Para la instalación de esta propuesta se ha estudiado la construcción con ladrillo refractario, como ya se encuentra construido, luego se han estimado costes y aprovechamiento energético derivados.

## Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación

Las nuevas condiciones de los regeneradores serían las siguientes:

	Condiciones previas	Condiciones propuestas	Incremento de área
Pared lateral alargada	20,6m X 6,24m (128,54 m <sup>2</sup> )	25m X 10m (250 m <sup>2</sup> )	121,46 m <sup>2</sup>
Pared lateral estrecha	20,6m X 4,9m (100,94 m <sup>2</sup> )	25m X 7,5m (187,5 m <sup>2</sup> )	86,56 m <sup>2</sup>

Tabla de condiciones de los regeneradores en función de las áreas propuestas de la propuesta 7.2

Lo que daría un aumento de volumen total de refractario de:

$$2 \text{ regeneradores} * (121,46 \text{ m}^2 * 0,3\text{m} * 2 + 0,25 \text{ m} * 2 * 86,56 \text{ m}^2) = 232,31 \text{ m}^3.$$

De la siguiente propuesta se derivaría el ahorro energético siguiente:

	Condiciones previas	Condiciones propuestas	Ahorro energético
Pared lateral alargada	1.188,14 MWh/año	2.280,82 MWh/año	1.092,68 MWh/año
Pared lateral estrecha	932,995 MWh/año	1.710,61 MWh/año	0,777 MWh/año

Tabla de ahorro energético en función de las condiciones propuestas de estudio de la propuesta 7.2

El ahorro total sería de:

$$2 \text{ regeneradores} * 2 \text{ paredes/regenerador} * (1.092,68 + 0,777) \text{ MWh/año} = 7.481,19 \text{ MWh/año}.$$

Esto nos permitiría utilizar parte del calor que se escaparía por la chimenea, lo que nos resultaría en una reducción de la temperatura de salida de los gases de:

$$T_{\text{salida gas}} = 400 \text{ }^\circ\text{C} - 7.481,19 \text{ MWh/año} / (8.760 \text{ h/año} * 1,013 \text{ KJ} / (\text{Kg} * \text{K})) * 13,6 \text{ Kg/s} = 339,16 \text{ }^\circ\text{C}.$$

El ahorro sobre el total de gas natural consumido sería de:

$$7.481,19 \text{ MWh/año} / (425.548,00 \text{ MWh/año}) * 100 = 1,76 \%$$

El ahorro económico derivado de la propuesta es:

$$7.481,19 \text{ MWh/año} * 0,0263 \text{ €/KWh} * 1000 \text{ MW/KW} = 196.755,41 \text{ €/año}.$$

La realización de esta propuesta sería llevada a cabo durante la parada de mantenimiento.

## Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación

Para la estimación de la inversión se han utilizado los siguientes datos:

Elemento	Inversión
Precio del ladrillo refractario	$700 \text{ €/m}^3 * 232,31 \text{ m}^3 = 162.615,04 \text{ €}$
Mano de obra	$1.500 \text{ €/m}^3 * 232,31 \text{ m}^3 = 348.460,80 \text{ €}$
Total	511. 075,84 €.

Tabla de precios estimados de la propuesta 7.2

La tasa de retorno de la propuesta 7.2 sería de:  $511. 075,84 \text{ €} / (196.755,41 \text{ €/año}) = 2,60 \text{ años}$ .

Descripción de la propuesta	Aumento del área de los regeneradores
Ahorro energético	7.481,19 MWh/año
Ahorro de energía eléctrica sobre el consumo total	1,76 %
Ahorro económico	196.755,41 €/año
Inversión estimada	511. 075,84 €.
Tasa de retorno	2,60 años

Tabla resumen propuesta 7.2

### **7.3 Aprovechamiento de los gases de la chimenea para precalentamiento de aire.**

Se propone la instalación de un intercambiador de calor para el aprovechamiento del calor residual de los gases que se expulsan al exterior por la chimenea con objeto de aumentar la temperatura del aire que se utiliza en la combustión de los quemadores del horno. El intercambiador propuesto para la instalación tendría las siguientes características:

Calor intercambiado		713 KW
Materia prima	Temperaturas de entrada	15 °C (288,15 K)
	Temperatura de salida	130 °C (403,15 K)
	Masa de la mezcla	6,13 Kg/s
	Calor específico estimado	1,01 KJ/(Kg*K)
Gases de la	Temperaturas de entrada	400 °C (673,15 K)

### Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación

combustión	Temperatura de salida	355,83°C (628,98 K)
	Masa de gases	15,62 Kg/s
	Calor específico estimado	1,03 KJ/(Kg*K)
Tubos	Diámetro	25 mm
	Número	20
	Longitud	1 m

Tabla de características de intercambiador de calor de propuesta 7.3

De la propuesta realizada se derivan una serie de ahorros energéticos los cuales son:

$713 \text{ KW} * 8.760 \text{ h/año} = 6.245.880 \text{ KWh/año}$ .

Ahorro sobre el total de gas natural quemado:

$(6.245.880 \text{ KWh/año}) / (425.548,00 \text{ MWh/año}) * 100 = 1,47 \%$

El ahorro económico derivado será de:  $0,0263 \text{ €/KWh} * 6.245.880 \text{ KWh/año} = 164.266,64 \text{ €/año}$ .

La instalación del intercambiador se realizaría durante la parada de mantenimiento.

Se ha estimado una inversión con un presupuesto entre los intercambiadores de calor existentes en los catálogos del mercado y las posibles consecuencias de parón en la producción durante la instalación del intercambiador, con los siguientes precios:

Elemento	Inversión
Intercambiador de calor y otros elementos	15.000 €
Mano de obra de instalación	2.500 €
Total	17.500 €.

Tabla de inversión de propuesta 7.3

Por lo que la tasa de retorno simple que se derivaría de esta propuesta sería de:

$17.500 \text{ €} / (164.266,64 \text{ €/año}) = 0,11 \text{ años} = 38,93 \text{ días}$ .

## Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación

Descripción de la propuesta	Instalación de intercambiador de calor para la utilización de gases de la chimenea para precalentamiento de materia prima.
Ahorro energético	6.245.880 KWh/año
Ahorro de energía eléctrica sobre el consumo total	1,47 %
Ahorro económico	164.266,64 €/año
Inversión estimada	17.500 €
Tasa de retorno	0,11 años (38,93 días)

Tabla resumen de la propuesta 7.3

### **7.4 Instalación de un variador de velocidad en los soplantes de los moldes**

Se propone la instalación de variadores de velocidad en los soplantes de los moldes, de manera que se reduzca la carga del motor y, por consiguiente, su consumo. Las estimaciones se han realizado utilizando las medidas tomadas en la visita a la planta de la empresa y datos proporcionados por la misma.

Los ventiladores de los moldes son aquellos elementos encargados de la refrigeración de los moldes que dependen de las líneas alimentadas desde los hornos. Su calentamiento se debe a la manipulación del vidrio fundido y sus necesidades de refrigeración dependen, entre otros aspectos, de la temperatura ambiental.

Para el análisis de los requerimientos de presión del sistema se han tomado datos en 3 puntos diferentes:

- Un punto de condiciones favorables, que se corresponderá con las condiciones que se darán en invierno, con unas temperaturas externas entre -5 y 5 °C.
- Un punto de condiciones medias, que se corresponderá con un punto de entretiempo
- Un punto de condiciones desfavorables, que se corresponde con las condiciones de verano, con unas temperaturas externas entre 30 y 40 °C.

En estas condiciones se han estimado las siguientes condiciones como datos iniciales del estudio:

### Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación

Punto de funcionamiento	media	condiciones desfavorables	condiciones favorables
Caudales(m <sup>3</sup> /h)	21000,00	27000	16920
tiempo de funcionamiento(h/año)	302	26	37
tiempo de funcionamiento(h/año)	7248	624	888

Tabla de condiciones de funcionamiento de propuesta 7.4

En la siguiente tabla, tenemos los datos de las medidas tomadas que corresponden a 3 puntos de funcionamiento para su estudio.

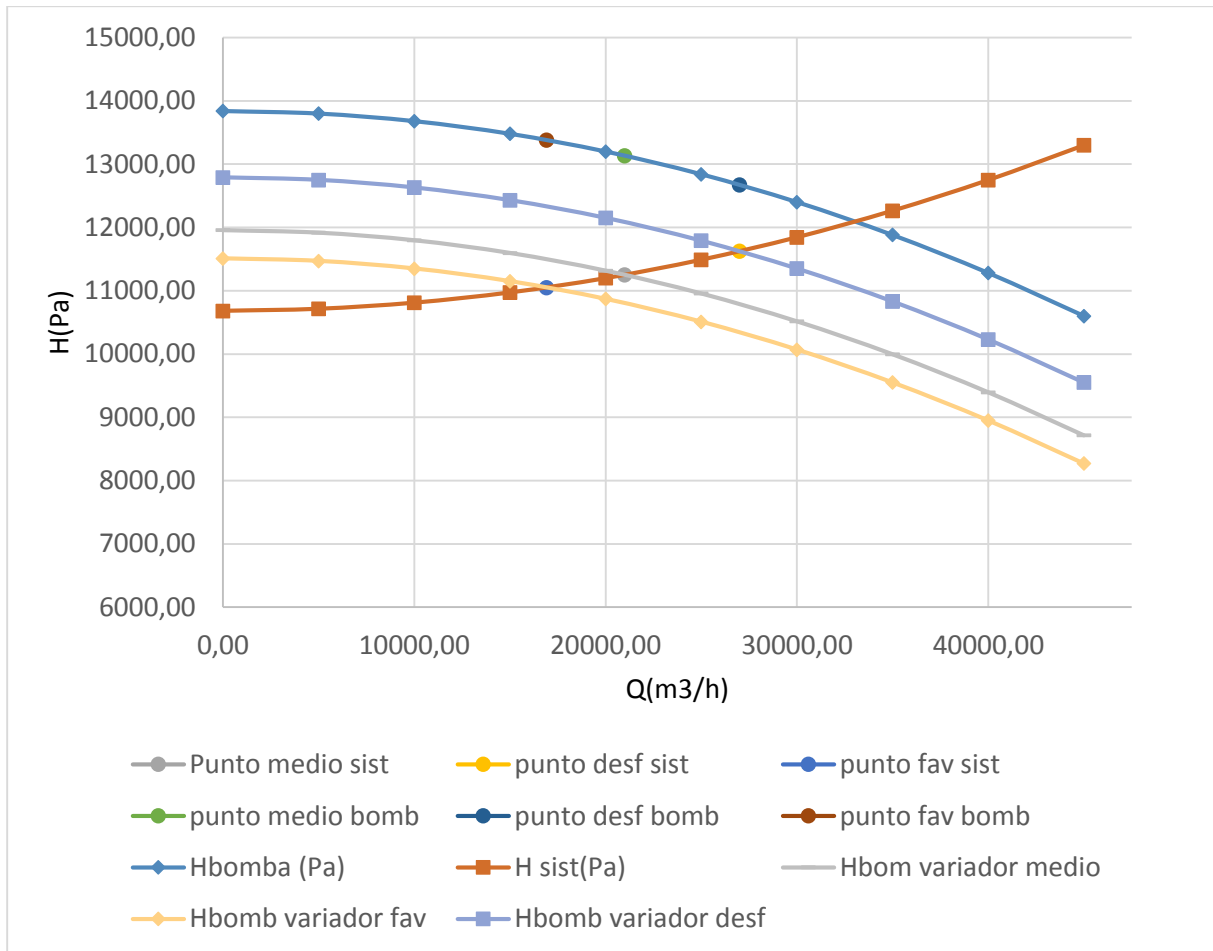
Medidas			
Puntos	Q1	Q2	Q3
Q(m <sup>3</sup> /h)	0	25200	31680
H(Pa)	13841,92	13034	12250
Potencia eléctrica absorbida(KW)	0	112	133

Tabla de datos medidos en la instalación para propuesta 7.4

A continuación, se puede observar en el gráfico las curvas características del ventilador (bomba) y del sistema, así como sus puntos de funcionamiento de los requerimientos.



**Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación**



Curva H/Q del sistema y de la bomba en los diferentes puntos de la propuesta 7.4

En la siguiente tabla tenemos un resumen de las condiciones de funcionamiento por estrangulación, situación actual del sistema para las situaciones propuestas.

Altura de la bomba (Pa)	13.136,32	12.675,52	13.383,86
Altura estrangulación(Pa)	1.884,05	1.050,82	2.331,65
Velocidad nominal (rpm)	1.480,00		
Rendimiento (%)	65,60	74,30	53,00
Potencia absorbida (KW)	94,86	114,35	84,38
Energía consumida (KWh/año)	687.514,11	71.356,46	74.930,85
Energía total consumida (KWh/año)	833.801,42		

Tabla de características de la bomba para los puntos de estudio sin variador de propuesta 7.4

## Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación

A continuación, la tabla muestra las nuevas condiciones si utilizamos un regulador de velocidad para las situaciones propuestas.

Altura de la bomba(Pa)	11252,27	11.624,70	11.052,21
Velocidad de funcionamiento (rpm)	1.375,60	1.422,71	1.349,60
Velocidad nominal (%)	92,95	96,13	91,19
Potencia absorbida motor(KW)	79,94	105,18	66,96
Potencia del variador(KW)	5	6,5	4
Energía consumida (KWh/año)	615.652,74	69.690,481	63.014,791
Energía total consumida (KWh/año)	748.358,012		

Tabla de características de la bomba para los puntos de estudio con variador de propuesta 7.4

El ahorro energético derivado de la propuesta es de: 85.443,412 KWh/año.

Ahorro económico: 85.443,412 KWh/año \* 0,0682 €/KWh = 5.827,241 €/año.

Reducción sobre el total = (85.443,412 KWh/año) / (59.028.122 KWh/año) \* 100= 0,987 %

Para el análisis económico se ha pedido un presupuesto estimativo de instalación a la empresa de los equipos instalados con los siguientes precios:

Equipo	Precio (€)
Variador de velocidad	20.000,00
Otros equipos y mano de obra	2.000,00
Total	22.000,00

Tabla de datos de inversión de propuesta 7.4

Por consiguiente, tenemos un periodo de retorno simple de 22.000 €/ (5.827,241 €/año) = 3,78 años

Descripción de la propuesta	Instalación de variadores de velocidad en los soplantes de los moldes
Ahorro energético por soplante	85.443,412 KWh/año
Ahorro de energía eléctrica por soplante sobre el consumo total	0,987 %
Ahorro económico por soplante	5.827,241 €/año

## Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación

Inversión estimada por soplante	22,000 €
Tasa de retorno	3,78 años

Tabla resumen propuesta 7.4

### 7.5 7.5. Propuesta de aumento de espesor de aislante del horno.

Se propone el aumento del espesor de aislantes para las paredes de los hornos de fusión con objeto de reducir las pérdidas de calor al ambiente. De esta manera, se conseguiría aumentar la eficiencia del proceso y poder utilizar mejor el calor con el objetivo principal de consumir menos combustible gas natural.

Para ello se han propuesto diferentes tipos de aislantes. Para cada uno se ha estimado cuales serían su espesor, costes y reducción de pérdidas calóricas. Los diferentes aislantes con sus propiedades son:

Tipo de aislante	Coefficiente de conductividad lineal (W/(m*K))	Costes unitarios	
Ladrillo refractario 1	1,05	2200 €/m <sup>3</sup> (precio ladrillo + mano de obra)	
Ladrillo refractario 2	0,45	2500 €/m <sup>3</sup> (precio ladrillo + mano de obra)	
Placas de lana de roca	0,042	Espesor 40 mm	7 €/m <sup>2</sup>
		Espesor 50 mm	8 €/m <sup>2</sup>
Placas de poliestireno extruido	0,037	Espesor 40 mm	6 €/m <sup>2</sup>
		Espesor 60 mm	9 €/m <sup>2</sup>
		Espesor 80 mm	12 €/m <sup>2</sup>

Tabla de propiedades de aislantes utilizados, propuesta 7.5

De este modo, se han supuesto diferentes situaciones para los diferentes tipos de aislantes. EL primer supuesto es colocar aislantes para la reducción de la temperatura exterior de las paredes del horno de 80 a 50 °C las laterales y de 190 a 150 °C el techo del horno. La primera estimación sería, teniendo en cuenta que existen 2 paredes de cada una por horno y un techo para 2 hornos:

## Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación

Ladrillo Refractario 1 para temperatura superficial de 50 °C

Paredes	Espesor de aislante (m)	Ahorro energético (KWh/año)	Inversión (€)
Alargadas	0,30	407.904,98	71.470,08
Cortas	0,30	274.202,79	48.043,78
Techo	0,03	962.139,87	18.399,74

7.5 Tabla de ahorros por pared para ladrillo refractario 1 para temperatura de 50 °C

De ello, derivarían unos ahorros energéticos totales de 1.644.301,64 KWh/año.

El ahorro sobre el consumo total sería de:

$$1.644.301,64 \text{ KWh/año} / (425.548,00 \text{ MWh/año}) * 100 = 0,39 \%$$

Ello supondría un ahorro económico de:  $1.644.301,64 \text{ KWh/año} * 0,0263 \text{ €/KWh} = 43.245,13\text{€/año}$ .

La inversión total ascendería a 137.913,64 €.

Lo que se traduciría en una tasa de retorno de la inversión de:

$$137.913,64 \text{ €} / (43.245,13\text{€/año}) = 3,19 \text{ años.}$$

Ladrillo Refractario 2 para temperatura superficial de 50 °C

Paredes	Espesor de aislante (m)	Ahorro energético (KWh/año)	Inversión (€)
Alargadas	0,15	422.134,02	40.608,00
Cortas	0,15	283.767,87	27.297,60
Techo	0,015	1.206.408,65	10.454,40

7.5 Tabla de ahorros por pared para ladrillo refractario 2 para temperatura de 50 °C

Con ello, existirían unos ahorros energéticos totales de 1.912.310,54 KWh/año.

El ahorro sobre el consumo total sería de:

$$1.912.310,54 \text{ KWh/año} / (425.548,00 \text{ MWh/año}) * 100 = 0,45 \%$$

Esto supondría un ahorro económico de:  $1.912.310,54 \text{ KWh/año} * 0,0263 \text{ €/KWh} = 50.293,77\text{€/año}$ .

La inversión total ascendería a 78.360,00 €, como suma de las inversiones parciales.

Lo que se traduciría en una tasa de retorno de la inversión de:

## Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación

78.360,00 € / (43.245,13€/año) = 1,56 años.

Placas de lana de roca para temperatura superficial de 50 °C

Paredes	Espesor de aislante (m)	Ahorro energético (KWh/año)	Inversión (€)
Alargadas	2 placas de 50 mm	387.984,32	1.732,61
Cortas	2 placas de 50 mm	260.811,68	1.164,70
Techo	1 placa de 40 mm	2.620.412,25	3.902,98

7.5 Tabla de ahorros por pared para lana de roca para temperatura de 50 °C

De ello, derivarían unos ahorros energéticos totales de 3.269.208,25 KWh/año.

El ahorro sobre el consumo total sería de:

$3.269.208,25 \text{ KWh/año} / (425.548,00 \text{ MWh/año}) * 100 = 0,77 \%$

Ello supondría un ahorro económico de:  $3.269.208,25 \text{ KWh/año} * 0,0263 \text{ €/KWh} = 85.980,18 \text{ €/año}$ .

La inversión total ascendería a 6.800,26 €.

Lo que se traduciría en una tasa de retorno de la inversión de:

$6.800,26€ / (85.980,18 \text{ €/año}) = 0,08 \text{ años} = 28,87 \text{ días}$ .

Placas de poliestireno extruido para temperatura superficial de 50 °C

Paredes	Espesor de aislante (m)	Ahorro energético (KWh/año)	Inversión (€)
Alargadas	2,5 placas de 40 mm	402.213,36	1.624,32
Cortas	2,5 placas de 40 mm	270.376,76	1.091,90
Techo	1 placa de 40 mm	2.490.978,42	3.345,41

7.5 Tabla de ahorros por pared para placa de poliestireno extruido para temperatura de 50 °C

En consecuencia, los ahorros energéticos totales ascenderían a 3.320.693,62 KWh/año.

El ahorro sobre el consumo total sería de:

$3.320.693,62 \text{ KWh/año} / (425.548,00 \text{ MWh/año}) * 100 = 0,78 \%$

El ahorro económico sería de:  $3.320.693,62 \text{ KWh/año} * 0,0263 \text{ €/KWh} = 87.334,24 \text{ €/año}$ .

La inversión total ascendería a 5.529,22 €.

Lo que nos supondría una tasa de retorno de la inversión de:

## Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación

$5.529,22 \text{ €} / (87.334,24 \text{ €/año}) = 0,06 \text{ años} = 23,11 \text{ días}$ .

Ahora, se procedería a analizar la situación en la cual al colocar los aislantes las temperaturas externas de las paredes y del ambiente se reducirían a valores del entorno de 40 °C para las paredes laterales y 150 °C del techo, mientras que la habitación se reduciría a un valor medio de 28 °C.

Ladrillo Refractario 1 para temperatura superficial de 40 °C

Paredes	Espesor de aislante (m)	Ahorro energético (KWh/año)	Inversión (€)
Alargadas	0,40	407.904,98	95.293,44
Cortas	0,40	274.202,79	64.058,37
Techo	0,03	962.139,87	18.399,74

7.5 Tabla de ahorros por pared para ladrillo refractario 1 para temperatura de 40 °C

De ello, derivarían unos ahorros energéticos totales de 1.644.301,64 KWh/año.

El ahorro sobre el consumo total sería de:

$1.644.301,64 \text{ KWh/año} / (425.548,00 \text{ MWh/año}) * 100 = 0,39 \%$

Ello supondría un ahorro económico de:  $1.644.301,64 \text{ KWh/año} * 0,0263 \text{ €/KWh} = 43.245,13\text{€/año}$ .

La inversión total ascendería a 177.751,55 €.

Lo que se traduciría en una tasa de retorno de la inversión de:

$177.751,55 \text{ €} / (43.245,13\text{€/año}) = 4,11 \text{ años}$ .

Ladrillo Refractario 2 para temperatura superficial de 40 °C

Paredes	Espesor de aislante (m)	Ahorro energético (KWh/año)	Inversión (€)
Alargadas	0,20	422.134,02	54.144,00
Cortas	0,20	283.767,87	36.396,80
Techo	0,015	1.206.408,65	10.454,40

7.5 Tabla de ahorros por pared para ladrillo refractario 2 para temperatura de 40 °C

En consecuencia, los ahorros energéticos totales serían de 1.912.310,54 KWh/año.

El ahorro sobre el consumo total sería de:

$1.912.310,54 \text{ KWh/año} / (425.548,00 \text{ MWh/año}) * 100 = 0,45 \%$

### Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación

El ahorro económico derivado ascendería a:  $1.912.310,54 \text{ KWh/año} * 0,0263 \text{ €/KWh} = 50.293,77\text{€/año}$ .

La inversión total supondría un total de 100.995,20 €.

Lo que se traduciría en una tasa de retorno de la inversión de:

$100.995,20 \text{ €} / (50.293,77\text{€/año}) = 2,01 \text{ años}$ .

Placas de lana de roca para temperatura superficial de 40 °C

Paredes	Espesor de aislante (m)	Ahorro energético (KWh/año)	Inversión (€)
Alargadas	4 placas de 50 mm	427.825,64	3.465,22
Cortas	4 placas de 50 mm	287.593,64	2.329,40
Techo	1 placa de 40 mm	2.648.103,50	3.902,976

7.5 Tabla de ahorros por pared para placa de lana de roca para temperatura de 40 °C

De esta manera, derivarían unos ahorros energéticos totales de 3.335.831,79 KWh/año.

El ahorro sobre el consumo total sería de:

$3.335.831,79 \text{ KWh/año} / (425.548,00 \text{ MWh/año}) * 100 = 0,784 \%$

Ello supondría un ahorro económico de:  $3.335.831,79 \text{ KWh/año} * 0,0263 \text{ €/KWh} = 87.732,38 \text{ €/año}$ .

La inversión total ascendería a 9.697,59 €.

Lo que se traduciría en una tasa de retorno de la inversión de:

$9.697,59 \text{ €} / (87.732,38 \text{ €/año}) = 0,11 \text{ años} = 40,35 \text{ días}$ .

Placas de poliestireno extruido para temperatura superficial de 40 °C

Paredes	Espesor de aislante (m)	Ahorro energético (KWh/año)	Inversión (€)
Alargadas	2,5 placas de 40 mm	437.311,67	3.248,64
Cortas	2,5 placas de 40 mm	293.970,62	2.183,81
Techo	1 placa de 40 mm	2.648.103,50	3.345,41

7.5 Tabla de ahorros por pared para placa de poliestireno extruido para temperatura de 40 °C

Por lo tanto, los ahorros energéticos totales serían 3.379.385,78 KWh/año.

El ahorro sobre el consumo total sería de:

## Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación

$3.379.385,78 \text{ KWh/año} / (425.548,00 \text{ MWh/año}) * 100 = 0,79 \%$

Esto supondría un ahorro económico de:  $3.379.385,78 \text{ KWh/año} * 0,0263 \text{ €/KWh} = 88.877,85 \text{ €/año}$ .

La inversión total ascendería a 7.713,02 €.

Lo que se traduciría en una tasa de retorno de la inversión de:

$5.529,22 \text{ €} / (87.334,24 \text{ €/año}) = 0,09 \text{ años} = 31,67 \text{ días}$ .

Para terminar este análisis, supondremos que la temperatura de las paredes laterales del horno se conseguiría reducir a 30 °C y la del techo a 150 °C, mientras que el ambiente se reduciría su temperatura a 22 °C como valor medio.

Ladrillo Refractario 1 para temperatura superficial de 30 °C

Paredes	Espesor de aislante (m)	Ahorro energético (KWh/año)	Inversión (€)
Alargadas	0,80	452.774,38	190.586,88
Cortas	0,80	298.671,97	128.116,74
Techo	0,035	1.190.519,99	21.466,37

7.5 Tabla de ahorros por pared para ladrillo refractario 1 para temperatura de 30 °C

Como consecuencia, se derivarían unos ahorros energéticos totales de 1.941.963,34 KWh/año.

El ahorro sobre el consumo total sería de:

$1.941.963,34 \text{ KWh/año} / (425.548,00 \text{ MWh/año}) * 100 = 0,39 \%$

El ahorro económico supondría un total de:  $1.941.963,34 \text{ KWh/año} * 0,0263 \text{ €/KWh} = 51.073,64 \text{ €/año}$ .

La inversión total ascendería a 340.169,98 €.

Lo que se traduciría en una tasa de retorno de la inversión de:

$340.169,98 \text{ €} / (51.073,64 \text{ €/año}) = 6,66 \text{ años}$ .

Ladrillo Refractario 2 para temperatura superficial de 30 °C

Paredes	Espesor de aislante (m)	Ahorro energético (KWh/año)	Inversión (€)
Alargadas	0,35	300.165,15	94.752,00
Cortas	0,35	446.526,67	63.694,40
Techo	0,035	2.043.716,48	24.393,60



## Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación

7.5 Tabla de ahorros por pared para ladrillo refractario 2 para temperatura de 30 °C

De ello, derivarían unos ahorros energéticos totales de 2.790.408,30 KWh/año.

El ahorro sobre el consumo total sería de:

$$2.790.408,30 \text{ KWh/año} / (425.548,00 \text{ MWh/año}) * 100 = 0,66 \%$$

Ello supondría un ahorro económico de:  $2.790.408,30 \text{ KWh/año} * 0,0263 \text{ €/KWh} = 73.387,74 \text{ €/año}$ .

La inversión total ascendería a 182.840,00 €.

Esto se traduciría en una tasa de retorno de la inversión de:

$$182.840,00 \text{ €} / (73.387,74 \text{ €/año}) = 2,49 \text{ años.}$$

Placas de lana de roca para temperatura superficial de 30 °C

Paredes	Espesor de aislante (m)	Ahorro energético (KWh/año)	Inversión (€)
Alargadas	4 placas de 50 mm	407.904,98	3.465,22
Cortas	4 placas de 50 mm	274.202,79	2.329,40
Techo	1 placa de 40 mm	2.620.412,25	3.902,98

7.5 Tabla de ahorros por pared para placa de lana de roca para temperatura de 30 °C

De esta manera, derivarían unos ahorros energéticos totales de 3.302.520,02 KWh/año.

El ahorro sobre el consumo total sería de:

$$3.302.520,02 \text{ KWh/año} / (425.548,00 \text{ MWh/año}) * 100 = 0,78 \%$$

El ahorro económico generado sería de:  $3.302.520,02 \text{ KWh/año} * 0,0263 \text{ €/KWh} = 86.856,28 \text{ €/año}$ .

La inversión total ascendería a 9.697,59 €.

Seguidamente, la tasa de retorno de la inversión sería:

$$9.697,59 \text{ €} / (86.856,28 \text{ €/año}) = 0,11 \text{ años} = 40,75 \text{ días.}$$

Placas de poliestireno extruido para temperatura superficial de 30 °C

Paredes	Espesor de aislante (m)	Ahorro energético (KWh/año)	Inversión (€)
Alargadas	5 placas de 40 mm	449.011,10	4.872,96
Cortas	5 placas de 40 mm	301.835,24	3.275,71
Techo	1 placa de 40 mm	2.648.103,50	3.345,41

## Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación

7.5 Tabla de ahorros por pared para placa de poliestireno extruido para temperatura de 30 °C

De ahí, derivarían unos ahorros energéticos totales de 3.398.949,84 KWh/año.

El ahorro sobre el consumo total sería de:

$$3.398.949,84 \text{ KWh/año} / (425.548,00 \text{ MWh/año}) * 100 = 0,80 \%$$

Ello supondría un ahorro económico de:  $3.398.949,84 \text{ KWh/año} * 0,0263 \text{ €/KWh} = 89.392,38 \text{ €/año}$ .

La inversión total ascendería a 11.494,08 €.

Finalmente, la tasa de retorno de la inversión sería de:

$$11.494,08 \text{ €} / (89.392,38 \text{ €/año}) = 0,13 \text{ años} = 46,93 \text{ días}$$

Para finalizar, podemos observar una tabla resumen en la que recogemos las principales conclusiones de este análisis.

Descripción de la propuesta	Aumento de espesor de aislantes del horno.	
Situación	Ladrillo refractario 1, temperatura exterior 50°C	
	Ahorro energético	1.644.301,64 KWh/año
	Ahorro de energía sobre el consumo total de gas natural	0,39 %
	Ahorro económico	43.245,13 €/año
	Inversión estimada	137.913,60 €
	Tasa de retorno	3,19 años
Situación	Ladrillo refractario 2, temperatura exterior 50°C	
	Ahorro energético	1.912.310,54 KWh/año
	Ahorro de energía sobre el consumo total de gas natural	0,45 %
	Ahorro económico	50.293,77 €/año
	Inversión estimada	78.360,00 €
	Tasa de retorno	1,56 años
Situación	Placa de lana de roca, temperatura exterior 50°C	
	Ahorro energético	3.269.208,25 KWh/año

**Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación**

	Ahorro de energía sobre el consumo total de gas natural	0,77 %
	Ahorro económico	85.980,18 €/año
	Inversión estimada	6.800,28 €
	Tasa de retorno	0,08 años (28,87 días)
Situación	Placa de poliestireno estruido, temperatura exterior 50°C	
	Ahorro energético	3.163.568,54 KWh/año
	Ahorro de energía sobre el consumo total de gas natural	0,74 %
	Ahorro económico	83.201,85 €/año
	Inversión estimada	6.6061,63 €
	Tasa de retorno	0,07 años (26,59 días)
Situación	Ladrillo refractario 1, temperatura exterior 40°C	
	Ahorro energético	1.644.301,64 KWh/año
	Ahorro de energía sobre el consumo total de gas natural	0,39 %
	Ahorro económico	43.245,13 €/año
	Inversión estimada	177.751,55 €
	Tasa de retorno	4,11 años
Situación	Ladrillo refractario 2, temperatura exterior 40°C	
	Ahorro energético	1.912.310,54 KWh/año
	Ahorro de energía sobre el consumo total de gas natural	0,45 %
	Ahorro económico	50.293,77 €/año
	Inversión estimada	100.995,20 €
	Tasa de retorno	2,01 años

**Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación**

Situación		Placa de lana de roca, temperatura exterior 40°C
	Ahorro energético	3.335.831,79 KWh/año
	Ahorro de energía sobre el consumo total de gas natural	0,78 %
	Ahorro económico	87.732,98 €/año
	Inversión estimada	9.697,59 €
	Tasa de retorno	0,11 años (40,35 días)
Situación		Placa de poliestireno extruido, temperatura exterior 40°C
	Ahorro energético	3.379.385,78 KWh/año
	Ahorro de energía sobre el consumo total de gas natural	0,79%
	Ahorro económico	88.877,85 €/año
	Inversión estimada	8.777,86 €
	Tasa de retorno	0,10 años (36,05 días)
Situación		Ladrillo refractario 1, temperatura exterior 30°C
	Ahorro energético	1.941.963,34 KWh/año
	Ahorro de energía sobre el consumo total de gas natural	0,46 %
	Ahorro económico	51.073,64 €/año
	Inversión estimada	340.169,98 €
	Tasa de retorno	6,66 años
Situación		Ladrillo refractario 2, temperatura exterior 30°C
	Ahorro energético	2.790.408,30 KWh/año
	Ahorro de energía sobre el consumo total de gas natural	0,66 %
	Ahorro económico	73.387,74 €/año

## Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación

	Inversión estimada	182.840,00€
	Tasa de retorno	2,49 años
Situación	Placa de lana de roca, temperatura exterior 30°C	
	Ahorro energético	3.302.520,02 KWh/año
	Ahorro de energía sobre el consumo total de gas natural	0,78 %
	Ahorro económico	86.856,28 €/año
	Inversión estimada	9.697,59 €
	Tasa de retorno	0,11 años (40,75 días)
Situación	Placa de poliestireno extruido, temperatura exterior 30°C	
	Ahorro energético	3.398.949,84 KWh/año
	Ahorro de energía sobre el consumo total de gas natural	0,80 %
	Ahorro económico	89.392,38 €/año
	Inversión estimada	11.494,08 €
	Tasa de retorno	0,13 años (46,93 días)

Tabla resumen de la propuesta 7.5

### **7.6 Propuesta de cambio de lámparas de descarga de mercurio de 250W por otras de 125W**

Las lámparas de descarga de mercurio son utilizadas para la iluminación de las oficinas, siendo el número de equipos utilizados para ello de 172.

En la siguiente tabla podemos observar una comparación entre las lámparas actuales y las propuestas.

	Lámparas de descarga de mercurio 125 W	Lámparas de descarga de 250 W
Rendimiento(lumen/W)	90	50
Intensidad lumínica	11250	12500
Rendimiento cromático	70	70

### Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación

tiempo de encendido (min)	3	5
Tiempo de reencendido(min)	15	10
Número	172	
Potencia instalada(KW)	50	
Potencia consumida (KW)	21,5	43
Consumo(KWh/año)	188.340	376.680
Ahorro(KWh/año)	188.340	

Tabla comparativa de lámparas de 125W y 250W seleccionadas, propuesta 7.6

El ahorro energético derivado de la propuesta es de 188.340 KWh/año.

El ahorro sobre el consumo total de electricidad es de:

$$(188.340 \text{ KWh/año}) / (59.028.122 \text{ KWh/año}) \times 100 = 0,32 \%$$

El ahorro económico sería de: 188.340 KWh/año x 0,0682 €/KWh= 12.844,79 €/año.

La inversión se ha estimado en 200€/equipo x 172 equipos = 34.400 €.

Lo que nos da un periodo de retorno simple de: 34.400€/ (12.844,79 €/año) = 2,68 años.

Descripción de la propuesta	Sustitución de lámparas de descarga de mercurio de 250W por otras de 125W
Ahorro energético	188.340 KWh/año
Ahorro de energía eléctrica sobre el consumo total	0,32 %
Ahorro económico	12.844,79 €/año
Inversión estimada	34.400 €
Tasa de retorno	2,68 años

Tabla resumen propuesta 7.6

## Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación

### **7.7 Propuesta de instalación de sensores en arrastradores de la fase de rechazo de botellas que controle la puesta en marcha de las bandas transportadoras.**

Las cintas de la zona de rechazo de botella funcionan de manera continua y cuentan con un motor de 5KW, siendo el número de cintas y, por tanto, de motores de 5.

La mejora consiste en instalar sensores que controlen la caída de la botella en la cinta. Una vez sea detectada, la cinta es puesta en marcha el tiempo suficiente para expulsarla, mediante un temporizador o reprogramación de la automatización de la línea.

El tiempo de funcionamiento estimado tras la instalación de sensores de marcha-paro es de 5h, siendo el de trabajo actual de 24h.

El ahorro energético derivado de la propuesta es de:

$5 \text{ motores} \times 5 \text{ KW} \times (24-5) \text{ h/día} \times 365 \text{ días/año} = 173.375 \text{ KWh/año}$ .

El ahorro sobre el consumo total de electricidad es de:  $(173.375 \text{ KWh/año}) / (59.028.122 \text{ KWh/año}) \times 100 = 0,29 \%$

El ahorro económico es de:  $173.375 \text{ KWh/año} \times 0,0682 \text{ €/KWh} = 11.824,18 \text{ €/año}$ .

Los costes de la inversión se han estimado con 600 € por cada equipo y material y 30 €/h como mano de obra del encargado de la instalación, siendo su tiempo de trabajo estimado en 8h.

La inversión se ha estimado en  $5 \times (600+30 \times 8) = 4.200 \text{ €}$

El periodo de retorno simple sería de:  $4.200 \text{ €} / (11.824,18 \text{ €/año}) = 0,36 \text{ años}$ .

Descripción de la propuesta	Instalación de sensores detectores de botellas en cintas arrastradoras de la fase rechazo para funcionamiento de marcha-paro
Ahorro energético	173.375 KWh/año
Ahorro de energía eléctrica sobre el consumo total	0,29 %
Ahorro económico	11.824,18 €/año
Inversión estimada	4.200 €
Tasa de retorno	0,36 años

Tabla resumen de la propuesta 7.7

## Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación

### 7.8 Propuesta de cambio de lámparas de mercurio de 400 W por 250 W

Las lámparas de mercurio son utilizadas para la iluminación de las zonas, siendo el número de equipos utilizados de 83.

En la siguiente tabla podemos observar una comparación entre las lámparas actuales y las propuestas.

	Lámparas Hg 400 W	Lámparas Hg 250 W
Rendimiento(lumen/W)	50	100
Intensidad lumínica (lumen)	20.000	25.000
Rendimiento cromático	80	70
tiempo de encendido(min)	7	5
Tiempo de reencendido(min)	15	10
Número	83	
Potencia instalada(KW)	37	
Potencia consumida(KW)	33,2	20,75
Consumo(KWh/año)	290.832	181.770
Ahorro(KWh/año)	109.062	

Tabla comparativa entre lámpara de 400W y 250W para la propuesta 7.8

El ahorro energético que se generaría sería de 109.062 KWh/año.

El ahorro sobre el consumo total de electricidad es de:

$$(109.062 \text{ KWh/año}) / (59.028.122 \text{ KWh/año}) \times 100 = 0,185 \%$$

El ahorro económico es de: 109.062 KWh/año x 0,0682 €/KWh= 7.438,03 €/año.

El cambio puede realizarse de toda la luminaria o por elementos, siendo los costes estimados de las inversiones los siguientes:

Caso	Sustitución por partes	Sustitución equipo completo(luminaria completa)
Número	83	



**Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación**

Coste de equipos (€)	Lámpara de descarga de 250W	60,00	171,00
	equipo de encendido	27,00	
	iniciador de arco	18,00	
	Total	105,00	
Inversión (€)	8.715		14.193,00

Tabla resumen de costes de inversión para la propuesta 7.8

Lo que nos da un periodo de retorno simple de:

Cambio completo:  $14.193\text{€} / (7.438,03\text{€}/\text{año}) = 1,91$  años.

Cambio por partes:  $8.715\text{€} / (7.438,03\text{€}/\text{año}) = 1,17$  años.

Descripción de la propuesta	Sustitución de lámparas de mercurio de 400W por otras de 250W	
	Sustitución por elementos	Sustitución equipo completo
Ahorro energético	109.062 kWh/año	
Ahorro de energía eléctrica sobre el consumo total	0,185 %	
Ahorro económico	7.438,03 €/año	
Inversión estimada	8.715 €	14.193 €
Tasa de retorno	1,17 años	1,91 años

Tabla resumen propuesta 7.8

## PRESUPUESTO

### **1. Necesidad del presupuesto**

Uno de los objetivos de una auditoría es valorar económicamente el trabajo realizado, por ello es necesario realizar un presupuesto del esfuerzo y el tiempo empleado en el trabajo realizado y la redacción del informe.

### **2. Contenido del presupuesto**

Para la realización de este presupuesto se ha estimado el salario de un ingeniero recién titulado, el cual será de 50 €/hora.

Para la realización de este informe se han requerido 300 horas de trabajo, las cuales podemos diferenciar entre visitas a la planta, cálculos y redacción del documento.

Horas trabajadas .....	300 horas
Honorarios .....	50 €/hora
Presupuesto ejecución .....	15.000 €
IVA 21 % .....	3.150 €
Presupuesto base de licitación .....	18.150 €

El presente presupuesto asciende a la expresada cantidad de DIECIOCHO MIL CIENTO CINCUENTA EUROS.

### **3. Formato y presentación del presupuesto**

El formato utilizado para la realización de este es el mismo seguido para la redacción de este informe.

## Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación

### ANEXO DE TABLAS

2.1 Tabla de datos principales de la empresa.	10
2.3.1 Tabla de materia prima usada anualmente.	11
2.3.2 Tabla de producción anual de vidrio.	12
4.1.1 Tabla de principales equipos del sistema de iluminación.	19
4.1.2 Tabla de principales equipos eléctricos.	20
4.3 Tabla de equipos principales del sistema de ventilación.	20
4.5 Tabla de principales equipos del sistema de refrigeración.	21
5.1.1 Tabla de facturación por fuente.	23
5.1.2 Tabla de consumo anual de gas natural.	24
5.2.2 Tabla de proceso y equipo consumidores de gas natural.	25
5.3.1 Tabla de consumo anual de electricidad.	27
5.3.2.1 Tabla de equipos que utilizan energía eléctrica y sus correspondientes procesos.	28
5.3.2.2 Tabla de reparto de consumo eléctrico entre instalaciones principales.	29
5.4.1 Tabla de consumo anual de gasóleo.	31
5.5.1 Tabla de consumos por unidad de producto	32
5.5.2 Tabla de consumos específicos térmicos y eléctricos.	33
5.5.3 Tabla de costes específicos.	34
Tabla de características del intercambiador de calor para la propuesta 7.1	42
Tabla resumen de la propuesta 7.1	43
Tabla de condiciones de los regeneradores en función de las áreas propuestas.	44
Tabla de ahorro energético en función de las condiciones propuestas de estudio	44
Tabla de precios estimados de la propuesta 7.2	45
Tabla resumen propuesta 7.2	45
Tabla de características de intercambiador de calor de propuesta 7.3	46
Tabla de precios estimados de la propuesta 7.3	46
Tabla resumen de la propuesta 7.3	47
Tabla de condiciones de funcionamiento de propuesta 7.4	48
7.4 Tabla de datos medidos en la instalación.	48

## Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación

Tabla de características de la bomba para los puntos de estudio sin variador de propuesta 7.4	49
Tabla de características de la bomba para los puntos de estudio con variador de propuesta 7.4	50
Tabla de precios estimados de la propuesta 7.4	50
Tabla resumen propuesta 7.4	51
Tabla de propiedades de aislantes utilizados, propuesta 7.5	51
7.5 Tabla de ahorros por pared para ladrillo refractario 1 para temperatura de 50 °C	52
7.5 Tabla de ahorros por pared para ladrillo refractario 2 para temperatura de 50 °C	52
7.5 Tabla de ahorros por pared para lana de roca para temperatura de 50 °C	53
7.5 Tabla de ahorros por pared para placa de poliestireno extruido para temperatura de 50 °C	53
7.5 Tabla de ahorros por pared para ladrillo refractario 1 para temperatura de 40 °C	54
7.5 Tabla de ahorros por pared para ladrillo refractario 2 para temperatura de 40 °C	54
7.5 Tabla de ahorros por pared para placa de lana de roca para temperatura de 40 °C	55
7.5 Tabla de ahorros por pared para placa de poliestireno extruido para temperatura de 40 °C	55
7.5 Tabla de ahorros por pared para ladrillo refractario 1 para temperatura de 30 °C	56
7.5 Tabla de ahorros por pared para ladrillo refractario 2 para temperatura de 30 °C	56
7.5 Tabla de ahorros por pared para placa de poliestireno extruido para temperatura de 30 °C	57
7.5 Tabla de ahorros por pared para placa de poliestireno extruido para temperatura de 30 °C	57
Tabla resumen de la propuesta 7.5	62
Tabla comparativa de lámparas de 125W y 250W seleccionadas, propuesta 7.6	62
Tabla resumen propuesta 7.6	63
Tabla resumen de la propuesta 7.7	64
Tabla comparativa entre lámpara de 400W y 250W para la propuesta 7.8	64
Tabla resumen de costes de inversión para la propuesta 7.8	65
Tabla resumen propuesta 7.8	65
<b>ANEXO DE GRÁFICOS E IMÁGENES</b>	
2.3.1 Gráfico de principales materias primas.	11
2.3.2 Gráfico de producción anual de vidrio en toneladas.	13
3. Imagen esquemática del proceso de producción	14
3.2 Imagen del horno	16

## **Optimización energética de una empresa de producción de envases de vidrio para alimentación**

3.4 Imagen de la formación de gotas	16
3.5 Imagen de la zona de moldes	17
5.1.1 Gráfico de consumo energético por fuente.	23
5.1.2 Gráfico de facturación por fuente	24
5.2.1 Gráfico de consumo anual de gas natural en MWh	25
5.3.1 Gráfico de consumo de gas natural por proceso	27
5.3.1 Gráfico de consumo anual de electricidad en MWh	27
5.3.2.1 Gráfico de reparto de consumo eléctrico por proceso	28
5.3.2.2 Gráfico de reparto de consumo eléctrico entre instalaciones principales	30
5.4.1 Gráfico de consumo anual de gasóleo en litros	32
5.5.1 Gráfico de consumo anual de gasóleo en litros.	32
5.5.2 Gráfico de porcentaje de consumos específicos	33
6.1.1 Imagen pared lateral del horno 1.	35
6.1.2 Imagen puerta para comprobación del interior del horno 1 situada en un lateral.	36
6.1.3 Imagen temperatura interior horno.	36
6.1.4 Imagen bóveda del horno 1	37
6.1.5 Imagen bóveda del horno 1.	37
6.1.6 Imagen junta de unión de bóveda 1.	37
6.1.7 Imagen junta de unión de la bóveda.	38
6.2.1 Imagen pared del regenerador	38
6.2.2 Imagen pared y puerta del regenerador.	39
6.2.3 Imagen lateral del regenerador.	39
6.3 Imagen chimenea	40
6.4.1 Imagen máquinas de la zona de recocido	40
6.4.2 Imagen zona de recocido	40
6.5.1 Imagen zona de moldes	41
6.5.2 Imagen zona de moldes	41
Curva H/Q del sistema y de la bomba en los diferentes puntos de la propuesta 7.4	49