



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIERÍA
INDUSTRIAL VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

**PROYECTO DE UNA AUDITORÍA
ENERGÉTICA DE UNA EMPRESA
DEDICADA A LA PRODUCCIÓN DE PIENSO
ANIMAL UBICADA EN LA REGIÓN DE
MURCIA**

AUTOR: ALBERTO ROS MARTÍN

TUTOR: RAFAEL ROYO PASTOR

Curso Académico: 2020-21

Resumen:

Este proyecto se centra en el análisis energético de una empresa de producción de pienso animal situada en la región de Murcia, centrándonos en las oportunidades de ahorro energético. Podemos destacar 3 puntos principales:

1. Análisis energético de tanto la maquinaria que interviene en el proceso de producción como equipos de iluminación y refrigeración de la instalación.
2. Análisis propuesto de oportunidades de ahorro energético sin costo adicional para la empresa.
3. Análisis de oportunidades de ahorro energético con coste adicional para la empresa mediante la sustitución de equipos.

Summary:

This project focuses on the energy analysis of an animal feed production company located in the Murcia region, focusing on energy saving opportunities. We can highlight 3 main points:

1. Energy analysis of both the machinery involved in the production process and the lighting and refrigeration equipment of the facility.
2. Proposed analysis of energy saving opportunities at no additional cost to the company.
3. Analysis of energy saving opportunities with additional cost for the company by replacing equipment.

Resum:

Aquest projecte se centra en l'anàlisi energètica d'una empresa de producció de pinso animal situada a la regió de Múrcia, centrant-nos en les oportunitats d'estalvi energètic. Podem destacar 3 punts principals:

1. Anàlisi energètica de punt la maquinaria que intervé en el procés de producció com a equips d'il·luminació i refrigeració de la instal·lació.
2. Anàlisi proposada d'oportunitats d'estalvi energètic sense cost adicional per a l'empresa.
3. Anàlisi d'oportunitats d'estalvi energètic amb cost adicional per a l'empresa mitjançant la substitució d'equips.

Índice

<u>1. Introducción.....</u>	<u>4</u>
<u>1.1. Descripción de la empresa.....</u>	<u>4</u>
<u>1.2. Localización y distribución de la planta.....</u>	<u>4</u>
<u>2. Proceso de producción.....</u>	<u>6</u>
<u>2.1. Descripción del proceso productivo.....</u>	<u>6</u>
<u>2.1.1. Recepción y almacenamiento de materias primas.....</u>	<u>6</u>
<u>2.1.2. Utilización de materias primas a granel.....</u>	<u>6</u>
<u>2.1.3. Mezclado del producto.....</u>	<u>7</u>
<u>2.1.4. Granulación del producto.....</u>	<u>7</u>
<u>2.1.5. Enfriamiento del producto granulado.....</u>	<u>8</u>
<u>2.1.6. Almacenamiento final.....</u>	<u>8</u>
<u>2.2. Datos de producción.....</u>	<u>8</u>
<u>3. Consumos.....</u>	<u>9</u>
<u>3.1. Consumidores de energía eléctrica.....</u>	<u>9</u>
<u>3.1.1. Instalaciones de aire comprimido.....</u>	<u>9</u>
<u>3.1.2. Instalaciones de molienda.....</u>	<u>10</u>
<u>3.1.3. Instalaciones de mezclado.....</u>	<u>11</u>
<u>3.1.4. Instalaciones de granulado.....</u>	<u>11</u>
<u>3.1.5. Instalación de refrigeración del producto granulado.....</u>	<u>12</u>
<u>3.1.6. Instalaciones de climatización.....</u>	<u>13</u>
<u>3.1.7. Iluminación.....</u>	<u>15</u>
<u>3.1.8. Resto de consumos eléctricos.....</u>	<u>17</u>
<u>3.2. Consumidores de gasóleo.....</u>	<u>17</u>
<u>3.2.1. Carretillas.....</u>	<u>17</u>
<u>3.2.2. Vehículos.....</u>	<u>18</u>
<u>3.3. Consumidores de biomasa.....</u>	<u>18</u>
<u>3.4. Consumidores de fuel-oil.....</u>	<u>19</u>
<u>4. Balances energéticos.....</u>	<u>20</u>
<u>4.1. Balances de los consumidores eléctricos.....</u>	<u>20</u>

4.1.1. Balance del proceso de molienda.....	20
4.1.2. Balance del proceso de granulado.....	23
4.1.3. Balance del proceso de mezclado.....	26
4.1.4. Balance del proceso de enfriado.....	28
4.1.5. Balance de los equipos de climatización.....	29
4.1.6. Balance de la instalación de iluminación.....	32
4.1.7. Balance de la instalación de aire comprimido.....	34
4.1.8. Balance del resto de consumos eléctricos.....	34
4.1.9. Resumen de los balances de los consumidores de electricidad.....	35
4.2. Balance de los consumidores de gasoil.....	37
4.3. Balance de los consumidores de biomasa.....	37
4.4. Balance de los consumidores de fuel-oil.....	37
5. Oportunidad de ahorro energético sin coste adicional.....	38
5.1. Ahorro en el proceso de granulado y de mezclado.....	38
5.2. Ahorro eléctrico mediante concienciación de los trabajadores.....	38
5.3. Ahorro energético en el compresor.....	39
5.4. Ahorro de quema de material en la caldera de biomasa.....	39
6. Oportunidad de ahorro energético con coste adicional.....	41
6.1. Sustitución de la instalación de aire comprimido.....	41
6.1.1. Análisis de la instalación actual.....	41
6.1.2. Análisis de la instalación propuesta.....	42
6.1.3. Análisis económico.....	43
6.2. Aislamiento de las tuberías de vapor.....	44
6.2.1. Análisis de la instalación actual sin aislante.....	44
6.2.2. Aislante propuesto.....	46
6.2.3. Análisis de la instalación con aislante.....	47
6.2.4. Análisis económico.....	48
6.3. Instalación de variador de frecuencia en los molinos.....	49
6.3.1. Descripción de la instalación actual.....	49
6.3.2. Descripción de la mejora a implementar.....	50



6.3.3. Análisis de la instalación.....	50
6.3.4. Análisis económico.....	50
6.4. Instalación de variadores de frecuencia en las granuladoras.....	50
6.4.1. Descripción de la instalación actual.....	50
6.4.2. Descripción de la mejora a implementar.....	51
6.4.3. Análisis de la instalación.....	51
6.4.4. Análisis económico.....	51
6.5. Sustitución de las carretillas de gasoil por carretillas eléctricas.....	52
6.5.1. Descripción de la instalación actual.....	52
6.5.2. Descripción de la mejora a implementar.....	52
6.5.3. Análisis económico.....	53
7. Conclusión.....	54
8. Presupuesto.....	59
9. Bibliografía.....	61

1. INTRODUCCIÓN.

1.1. Descripción de la empresa.

S.A.T. N.º 2439 ALIA es una empresa que se dedica a la producción de diversos piensos para una gran variedad de especies animales tales como el porcino, bovino, ovino, caprino, avicultura, cunicultura, etc.

S.A.T. N.º 2439 ALIA se considera como mediana empresa.

Se estiman aproximadamente alrededor de 6.000 horas de funcionamiento anuales. Para cada maquinaria usada, se han tenido en cuenta distintas horas de funcionamiento, en función de la información aportada por la empresa.

1.2. Localización y distribución de la planta.

La instalación auditada está localizada en el Polígono Industrial Oeste en San Ginés, C/ Venezuela P.17/10, 30169, Murcia.



Figura 1.1



Figura 1.2

Las instalaciones ocupan una superficie total construida de 12.112 m² que se distribuyen en todas las secciones que muestra la empresa. Estas secciones son las que se muestran en el siguiente plano:

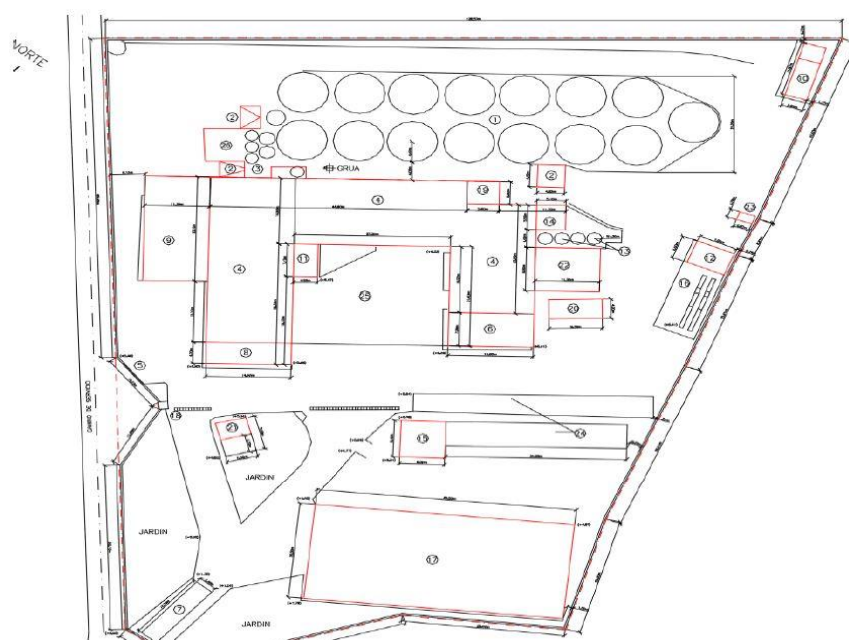


Figura 1.3

Tal y como se aprecia en la figura 1.3 la planta queda dividida en 26 zonas diferentes, las cuales quedan identificadas a continuación:

- 1-Silos de stock de materias primas.
- 2-Tolva de descarga.
- 3-Silos de soja.
- 4-Edificio principal de proceso (1306,1m²).
- 5-Salida auxiliar de vehículos.
- 6-Oficinas (121.9m² x 3 plantas = 365.7m²).
- 7-Vado de desinfección de vehículos (51m²).
- 8-Laboratorio de ensayos (70m²).
- 9-Silos de carga a granel.
- 10-Centro de transformación (47m²).
- 11-Sala de compresiones (30.9m²).
- 12-Caseta de servicio a lavadero y desinfección de vehículos (32.2m²).
- 13-Depósito de grasas.
- 14-Recinto calefactor de grasas (28m²).

- 15-Comedores y vestuario del personal (62.4m²).
- 16-Lavadero de desinfección de camiones (35m²).
- 17-Nave almacén de materias primas (932.7m²).
- 18-Surtidor de gasoil.
- 19-Compresores de emergencia (28.8m²).
- 20-Depósito de fuel-oil.
- 21-Caseta de protección contra incendios/depósito de agua (20.3m²/170.9m²).
- 22-Sala de calderas (101m²).
- 23-Incinerador (5.2m²).
- 24-Aparcamientos (347m²).
- 25-Zona de recepción a instalaciones (558.8m²).
- 26-Silos auxiliares de materias primas.

2. PROCESO DE PRODUCCIÓN.

2.1. Descripción del proceso productivo.

2.1.1. Recepción y almacenamiento de materias primas.

El proceso de fabricación de los piensos compuestos comienza con la recepción de las materias primas.

En esta primera fase, las materias primas recibidas pueden ser sólidas o líquidas y a su vez estas pueden llegar a granel (camiones “bañera” o cisternas) o envasadas (IBCs, o sacos de distintos pesos o incluso en sacos de pienso industriales (también conocidos como Big Bags)), son recibidas y almacenadas para su uso.

Antes de ser almacenadas, las materias primas deben pasar un control de calidad y tener el visto bueno del responsable de este departamento. Las materias primas sólidas son bombeadas por aire desde el camión hasta los distintos silos de almacenamiento, y desde la misma manera las líquidas desde los camiones cisterna hasta los depósitos de acopio.

Por último, quedan las materias primas que ya vienen previamente envasadas. Estas se reciben en pallets, de manera que el almacenamiento corre a cuenta de las distintas carretillas motorizadas con las que cuenta la empresa.

2.1.2. Utilización de materias.

En esta fábrica se trabaja en sistema de “premolienda”. Así las materias primas deben sufrir un proceso físico de reducción de tamaño de la partícula hasta obtener un tamaño de aproximadamente 600µm o 1500µm, según especie animal y tipo de pienso a fabricar.

Las materias se vierten, a través de transportes internos (tornillos de Arquímedes, cintas transportadoras, etc.) a los molinos, donde una fuerza centrífuga hace girar 8 ejes, provistos cada uno de 21 o 22 martillos en ejes alternos (molino mayor) y de 10 o 11 (molino menor). Todos ellos golpean la materia prima, fraccionándola y saliendo despedida por la acción centrífuga contra una criba perforada de 1.2mm de \varnothing de orificio.

Desde aquí se transporta a celdas (silos) de espera hasta continuar el proceso.

2.1.3. Mezclado de producto.

Una vez el producto ha sido molido este se redirecciona hacia la mezcladora. Podemos encontrar dos mezcladoras, una de ellas de mayor potencia y capacidad que otra. El uso de una u otra depende del tipo de pienso a fabricar y de las necesidades de la producción.

-Mezcladora de 56kW:

Esta es la de mayor capacidad y potencia, la cual se utiliza para producir piensos de porcino (tanto en harina como granulado), piensos de pequeños granulados rumiantes, conejos y aves.

-Mezcladora de 11kW:

Esta se utiliza para producir piensos para animales que necesitan un tamaño de partícula mayor, como por ejemplo el de harina para aves.

2.1.4. Granulación de producto.

Al terminar de mezclar el producto se pasa al proceso de granulación en el que se presentan dos grandes maquinarias. En ellas se produce una importante inyección de vapor que actúa realizando una función de cocido del producto. Este último proceso favorecerá la granulación y el prensado final en forma de pellets.

Al terminar de mezclar el producto, si el pienso es alimento en harina, este sale a través de los distintos sistemas de transporte a los silos de espera. Si va a ser expedido a granel, pasa a las granuladoras o si no, es directamente enviado a la línea de envasado.

Pero si es alimento en granulo el producto pasa directamente al proceso de granulación. Hay una mezcla previa de los ingredientes antes de introducirlos en las granuladoras. Allí se produce una inyección de vapor de agua y un aumento de presión que cuecen e higienizan la mezcla, facilitando el proceso en sí de granulación y aumentando la digestibilidad de la mezcla.

2.1.5. Enfriamiento del producto granulado.

Una vez el producto ha sido granulado, este ha de ser enfriado, ya que cuenta con una temperatura muy elevada ocasionada por la inyección de vapor. Al inyectar el vapor de agua durante la granulación el producto queda demasiado endeble. Este enfriado se aplica para que el grano adquiera cierta consistencia. Para ello se cuentan con dos enfriadoras que se analizarán posteriormente en el punto 3.1.5.

2.1.6. Almacenamiento final.

Cuando el producto ha sido granulado y enfriado este es enviado a los silos de almacenamiento para su transporte a granja en vehículos a granel o para su envasado y posterior envío.

2.2. Datos de producción.

En S.A.T. ALIA se producen muchos tipos de piensos variados en función de las necesidades de los clientes, utilizándose un total de 156 materias primas distintas y que, combinadas en distintas proporciones, listan 173 referencias de tipos de piensos según especie animal, grupo de edad y especificaciones productivas.

PRODUCCIÓN ANUAL	
Fecha	Total de toneladas producidas
Enero	10.312,33
Febrero	11.010,78
Marzo	11.881,78
Abril	11.268,19
Mayo	11.613,02
Junio	10.984,15
Julio	10.610,56
Agosto	10.970,42
Septiembre	10.944,54
Octubre	11.760,74
Noviembre	12.163,54
Diciembre	12.356,60
TOTAL	135.876,65

Tabla 2.2.1

3. CONSUMOS.

3.1. Consumo de energía eléctrica.

El consumo de energía eléctrica en S.A.T. ALIA es de 4.094,43 MWh anuales.

S.A.T. ALIA realiza la compra de energía de alta tensión, disponiendo de un transformador de que da suministro de baja tensión a la totalidad de la red eléctrica de sus instalaciones. A la salida del transformador de potencia. Hay instalada una batería de condensadores para compensar el exceso de energía reactiva.



Hay instalados un gran número de motores y compresores en las instalaciones, por lo que es indispensable mantener en condiciones la batería de condensadores.

Se ha podido comprobar que en ciertos meses del año el consumo de la energía reactiva por encima del 33 %, por lo que habrá que realizar una especial vigilancia del correcto funcionamiento de la batería de condensadores y si está correctamente dimensionada.

Figura 3.1.1

3.1.1. Instalaciones de aire comprimido.

Existe una instalación de aire comprimido, que da servicio a la nave de producción y a los distintos pistones neumáticos repartidos por toda la fábrica, así como la línea de ensaque.

Actualmente la instalación cuenta con 2 compresores, uno de los cuales se encuentra en Backup para dar servicio a la planta cuando el compresor principal deja de dar servicio por fallo o por estar en mantenimiento.

COMPRESORES				
Equipo	Caudal (L/s)	Potencia máxima (kW)	Potencia de descarga (kW)	Presión de trabajo (bar)
Kaeser, BSD 72	116,30	37,00	14,00	7
Maco Meudon	116,10	30,00	-	7

Tabla 3.1.1



Ambos compresores son de tipo todo/nada. Este tipo de compresores poseen una eficiencia energética muy baja ya que no son capaces de regular la velocidad de trabajo de compresión.

De esta manera, cuando no se requiere más presión de aire, estos pasan a trabajar en vacío, donde el compresor de aire sigue funcionando, una gran cantidad de horas ya que se dispone de un depósito, sin producir trabajo efectivo. Esto ocasiona un gasto energía que se podría evitar.

Figura 3.1.2

CONJUNTO DE LOS 2 COMPRESORES				
Consumo	Maquinaria empleada	Unidades	Potencia media en carga (kW)	Potencia media en descarga (kW)
Aire comprimido	Compresores	2	41,90	14,00

Tabla 3.1.2

3.1.2 Instalaciones de molienda.

La instalación de molienda está destinada a moler el grano para conseguir la granulometría deseada del producto final. Pueden encontrarse tres molinos de distinta potencia, dos molinos de 164kW de potencia de cada uno de ellos y otro de menor potencia cifrado en 111 kW. En las siguientes imágenes puede verse la maquinaria previamente descrita.



Figura 3.1.3



Figura 3.1.4

Como puede observarse, hay un ramal de tuberías, que llegan conjuntamente a la instalación de molienda y se subdivide en tres, pudiendo así redirigirse al molino que se encuentre activo.

PROCESO DE MOIENDA			
Maquinaria	Potencia según fabricante (kW)	Potencia media (kW)	Potencia máxima registrada (kW)
Molino 1	164,00	65,40	163,10
Molino 2	164,00	59,50	156,40
Molino 3	111,00	35,00	110,73

Tabla 3.1.3

3.1.3. Instalaciones de mezclado.



En esta parte se realiza el mezclado de distintos tipos de ingredientes. De esta manera se cuenta con dos mezcladoras, una principal de mayor tamaño y otra más pequeña que se encuentra situada en la línea de ensacado.

PROCESO DE MEZCLADO	
Equipo	Potencia (kW)
Mezcladora 1	56,00
Mezcladora 2	11,18
TOTAL	67,18

Tabla 3.1.4

Figura 3.1.5

3.1.4. Instalaciones de granulado.

La instalación de granulación es uno de los focos de mayor potencia y consumo en la nave. Cuenta con un total de tres granuladoras. Dos de ellas son de 200 kW y de 164 kW y trabajan alrededor de 20 horas al día. Estas son las encargadas de recibir el producto una vez ha sido molido y mezclado. En ellas se efectúa prensado forma final deseada.



Estas máquinas presentan un consumo importante de vapor de agua, debido a que el material necesita ser cocido para facilitar así la granulación y el prensado del material. La siguiente tabla muestra las características de las tres granuladoras que intervienen en el proceso:

Figura 3.1.6

PROCESO DE GRANULADO			
Equipo	Potencia según fabricante (kW)	Potencia media (kW)	Potencia máxima registrada (kW)
Granuladora 1	201,40	135,64	163,38
Granuladora 2	164,00	98,96	144,13
Granuladora 3	74,57	50,61	57,62
TOTAL	439,97	285,21	365,13

Tabla 3.1.5

3.1.5. Instalación de refrigeración del producto granulado.

Una vez el producto ha sido granulado, este debe ser enfriado en unas refrigeradoras especiales que se encargan de bajar la temperatura del producto tras haber recibido la inyección del vapor de agua. De este modo se consigue que el producto adquiera cierta dureza y no sea tan endebles tal y como sale del proceso de granulación.

Para ello se cuenta con dos refrigeradoras de distinta tecnología que presentan un consumo importante.

REFRIGERACION DEL PRODUCTO GRANULADO			
Equipo	Potencia máxima (kW)	Potencia media (kW)	Potencia máxima registrada (kW)
Enfriadora 1	44,70	37,40	44,80
Enfriadora 2	15,00	12,45	15,00
TOTAL	59,70	46,53	59,80

Tabla 3.1.6

3.1.6. Instalación de climatización.

Dependiendo de los espacios el tipo de climatización varía. Por lo tanto, encontramos distintos equipos de aire acondicionado para climatizar pequeñas salas, como son la sala de control donde se encuentra el sinóptico y los cuadros eléctricos y espacios mayores como las oficinas. En total hay instaladas 66.800 frigorías que suponen 74 kW térmicos.

En la siguiente tabla quedan reflejadas las características de los aparatos climatizadores instalados tanto en las oficinas como en el resto de las instalaciones:

INSTALACIONES DE CLIMATIZACIÓN								
Lugar	Marca	Modelo	Tipo	Gas	Capacidad frigorífica (kW)	Capacidad Calorífica (kW)	P. eléctrica frío (kW)	P. Eléctrica calor (kW)
Planta alta oficina	Mitsubishi	MCFH-24	Split	R22	6,00	7,00	2,55	3,21
	Mitsubishi	MSH-07	Split	R22	2,20	2,50	0,71	0,68
	Mitsubishi	MSH-09	Split	R22	2,50	3,10	0,88	0,92
Planta Baja Oficina	Ciatesa	IPB-64	Roof-top	-	15,80	16,80	4,90	4,00
	Mitsubishi	MSZ-DM35VA	Split	R-410a	3,15	3,60	1,02	0,98
Sala de recepción	Mitsubishi	MS-09-RV	Split	R22	2,50	3,10	0,88	0,92
Oficinas fábrica	Mitsubishi	MSH-07RV	Split	R22	2,20	2,50	0,71	0,68
	Mitsubishi	MSH-07RV	Split	R22	2,20	2,50	0,71	0,68
Laboratorio	Ciatesa	IL-65	Conductos	R22	15,30	15,40	6,50	5,40
Planta de granulación	Inferoisa	-	Split	R22	2,00	2,30	0,83	0,85
Sala de Control	LG	CV24NJ2	Roof-top	R-410a	7,00	7,60	2,20	2,40
Cuadros eléctricos	Mitsubishi	MSH-18RV	Split	R22	5,10	5,40	2,12	2,00
	LG	CV18NJ2	Split	R410A	5,00	5,30	2,07	1,96
	kaysun	Kay-s 26 DN4	Split	---	2,63	2,93	0,82	0,81
Total	----	----	----	----	73,58	80,03	26,91	25,49

Tabla 3.1.7

En la siguiente tabla se muestran tanto como el coeficiente de eficiencia energética en modo calefacción (**COP**) como el factor de eficiencia energética en modo refrigeración (**EER**).

INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN				
Lugar	Marca	Modelo	EER	COP
Planta alta oficina	Mitsubishi	MCFH-24	2,35	2,18
	Mitsubishi	MSH-07	3,10	3,68
	Mitsubishi	MSH-09	2,84	3,37
Planta Baja Oficina	Ciatesa	IPB-64	3,22	4,20
	Mitsubishi	MSZ-DM35VA	3,09	3,69
Sala de recepción	Mitsubishi	MS-09-RV	2,84	3,37
Oficinas fábrica	Mitsubishi	MSH-07RV	3,10	3,68
	Mitsubishi	MSH-07RV	3,10	3,68
Laboratorio	Ciatesa	IL-65	2,35	2,85
Planta de granulación	Inferoisa	-	2,40	2,70
Sala de Control	LG	CV24NJ2	3,18	3,17
Cuadros eléctricos	Mitsubishi	MSH-18RV	2,41	2,70
	LG	CV18NJ2	2,41	2,70
	kaysun	Kay-s 26 DN4	3,21	3,62

Tabla 3.1.8

Tanto en la figura 3.1.7 como en la 3.1.8 se aprecia los tipos de aparatos de climatización instalados.



Figura 3.1.7



Figura 3.1.8

3.1.7. Iluminación.

La instalación de iluminación en SAT ALIA está compuesta principalmente por campanas industriales en la zona de producción y por proyectores tanto en los exteriores como en zonas de no producción.

También existe una gran cantidad de pantallas fluorescentes en el interior de fábrica, en la zona de recepción del material y en la zona de maquinaria y transporte de producto. La mayoría de estas pantallas de tubos todavía no han sido cambiadas a LED. A continuación, se muestran las tablas correspondientes a la clasificación del tipo de luminarias instaladas en la fábrica.

LUMINARIAS CON TECNOLOGIA LED							
Zona	Nombre luminaria	N.º Luminarias	N.º Lámparas	Tecnología/Tipo	Potencia Lámpara (KW)	Potencia total (KW)	Consumo anual (KWh)
Fábrica	Campana industrial	10	1	LED	100	1000	6600
Básculas	Campana industrial	6	1	LED	100	600	2628
Almacén	Campana industrial	11	1	LED	100	1100	1210
Aparcamiento, CT, TR	Proyector	6	1	LED	100	600	2628
Silos	Proyector	6	1	LED	50	300	1314
Logo ALIA	Proyector	1	1	LED	200	200	876
Mantenimiento, patio, laboratorio	Proyector	5	1	LED	100	500	1100
Fábrica	Pantallas estancas	19	2	LED	18	684	4514,4
TOTAL		64	---	----	----	4,98	20.870,4

Tabla 3.1.9



Figura 3.1.9



Figura 3.1.10



LUMINARIAS SIN TECNOLOGIA LED								
Zona	Nombre luminaria	N.º Luminarias	N.º Lámparas	Tecnología / Tipo	Potencia Lámpara (W)	Potencia total (W)	N.º Horas	Consumo anual (KWh)
Cuadros eléctricos	Pantallas estancas	1	2	Fluorescente	36	72	1925	138,6
	Pantallas estancas	11	1	Fluorescente	36	396	6600	2613,6
Sala de control	Pantallas estancas	4	1	Fluorescente	18	72	6600	475,2
Entrada fábrica	Pantallas estancas	2	1	Fluorescente	36	72	6600	475,2
	Pantallas estancas	2	1	Fluorescente	36	72	6600	475,2
Resto fábrica	Pantallas estancas	7	2	Fluorescente	36	504	6600	3326,4
Sala compresores	Pantallas estancas	1	2	Fluorescente	36	72	1925	138,6
Grupo presión	Pantallas estancas	1	2	Fluorescente	36	72	1925	138,6
Granuladora	Pantallas estancas	12	2	Fluorescente	36	864	6600	5702,4
Aparcamiento	Pantallas estancas	3	2	Fluorescente	36	216	2750	594
Aseos y vestuarios	Lámpara incandescente	1	1	Incandescente	60	60	1375	82,5
	Pantallas estancas	1	1	Fluorescente	18	18	1375	24,75
	Pantallas estancas	4	4	Fluorescente	36	576	1375	792
Taller	Pantallas estancas	2	2	Fluorescente	36	144	6600	950,4
Sala calderas	Pantallas estancas	3	2	Fluorescente	36	216	6600	1425,6
Oficinas	Pantallas estancas	35	1	Fluorescente	36	1260	2750	3465
	Pantallas estancas	1	1	Fluorescente	18	18	2750	49,5
	Pantallas estancas	18	2	Downlight	14	504	2750	1386
Laboratorio	Pantallas estancas	8	4	Fluorescente	18	576	6600	3801,6
TOTAL		117	---	----	----	5.784	----	26.055,15

Tabla 3.1.10

Analizando las tablas de datos anteriores puede concluirse que la potencia total de iluminación de la instalación asciende a 10.77 kW y que el consumo total energético se cifra en 46.925,55 kWh.

3.1.8. Resto de consumos eléctricos.

En los puntos anteriores se ha analizado aproximadamente el 90-92 % de la potencia instalada en la fábrica, quedando por analizar el resto de la potencia y consumo. Este 8-10% restante queda relegado al consumo energético de motores menores dispersados por toda la instalación, como son los motores de movimiento de producto a través de todas las piqueras de la fábrica. Hablamos de motores que mueven el producto desde los silos hasta los molinos, de los molinos al proceso de mezclado, del proceso de mezclado al de granulación y del de granulación al almacenamiento final. También se incluye aquí el consumo energético de otros equipos como es la máquina de ensacado y los distintos equipos ofimáticos de las oficinas.

3.2. Consumidores de gasóleo.

El consumo de gasóleo en la empresa es de aproximadamente 896.000 litros anuales, el equivalente a 8.819,64 MWh anuales. Este consumo tan elevado de gasóleo se debe principalmente al uso de vehículos, los cuales se encargan de distribuir por un lado el producto hasta las zonas de trabajo y por otro el pienso final hasta las granjas donde se consume. Una pequeña parte del gasoil es debido al empleo de carretillas en la nave.

3.2.1. Carretillas.

Se dispone de dos carretillas del mismo modelo. Una es del año 2000 y la otra del 2017. El repostaje de las carretillas se realiza mediante el surtidor ubicado dentro del recinto de la fábrica.

También se dispone de tres carretillas de características similares a las otras 2 que se usan principalmente para el transporte de cierta mercancía al almacén. Las características de las carretillas son las siguientes:

CARRETILLAS		
Modelo	Capacidad nominal (kg)	Peso en vacío (kg)
Carretilla YALE GDP20RF	2.000,00	3.790,00
Carretilla YALE GDP20RF	2.000,00	3.790,00
Carretilla YALE GDP20MX	2.000,00	3.800,00

Tabla 3.2.1



Figura 3.2

3.2.2. Vehículos.

SAT ALIA cuenta con vehículos de uso variado. Estos vehículos son utilizados casi en su totalidad para el envío del producto final a los compradores y a las granjas. Este motivo es el principal foco de consumo de gasóleo de la empresa, ya que estos camiones han de ser de gran potencia para poder transportar toneladas de grano.

VEHÍCULOS	
Tipo	Cantidad (Uds)
Camiones para reparto a granel	10
Camiones para transporte de sacos	2
Vehículos comerciales	5

Tabla 3.2.2



Figura 3.2.2

3.3. Consumidores de biomasa.

La biomasa consumida acciona una caldera que produce vapor, el cual es inyectado durante la fase de granulación del grano, dotando así al producto de cierta consistencia.



Figura 3.3.1

CALDERA DE BIOMASA	
Marca	CALCOGESA
Año	2013
Producción	3.000 kg vapor/h
Potencia	2.160 kW

Tabla 3.3.1

El consumo de biomasa se cifra en 786 toneladas anuales.

3.4. Consumidores de fuel-oil.

De igual modo que la biomasa, el fuel también acciona una caldera que produce vapor para el granulado del pienso. Las características de esta caldera se detallan la siguiente tabla:



Figura 3.4.1

CALDERA DE FUEL-OIL	
Marca	RCB
Año	2008
Producción	4.000 kg vapor/h
Potencia	3.158kW

Tabla 3.4.1

4. BALANCES ENERGETICOS.

4.1. Balances de los consumidores eléctricos.

En este se procede a la descripción del balance energético de los equipos consumidores de electricidad presentes en toda la planta.

Teniendo en cuenta que se trabaja desde las 22:00 del Domingo hasta las 14:00 del Sábado el total de horas semanales asciende a 136. Multiplicando el dato anterior por 50 semanas al anuales trabajadas, descontando festivos y vacaciones tomadas, supondremos un total de 6.800 horas anuales de trabajo y aproximadamente 275-280 días de trabajo. Se tendrán en consideración estos datos para estimar el consumo energético anual de toda la maquinaria presente en la fábrica.

4.1.1. Proceso de molienda.

Como ya se ha mencionado el proceso de molienda se encuentra formado por tres molinos distintos, dos de 164 kW, teniendo uno de estos un variador de frecuencia instalado, y otro de menor potencia de 111 kW.

Es por ello que a continuación se presentan las distintas medidas que han sido registradas con los analizadores.

1. Molino de 164 kW (sin variador de frecuencia) – MOLINO 1

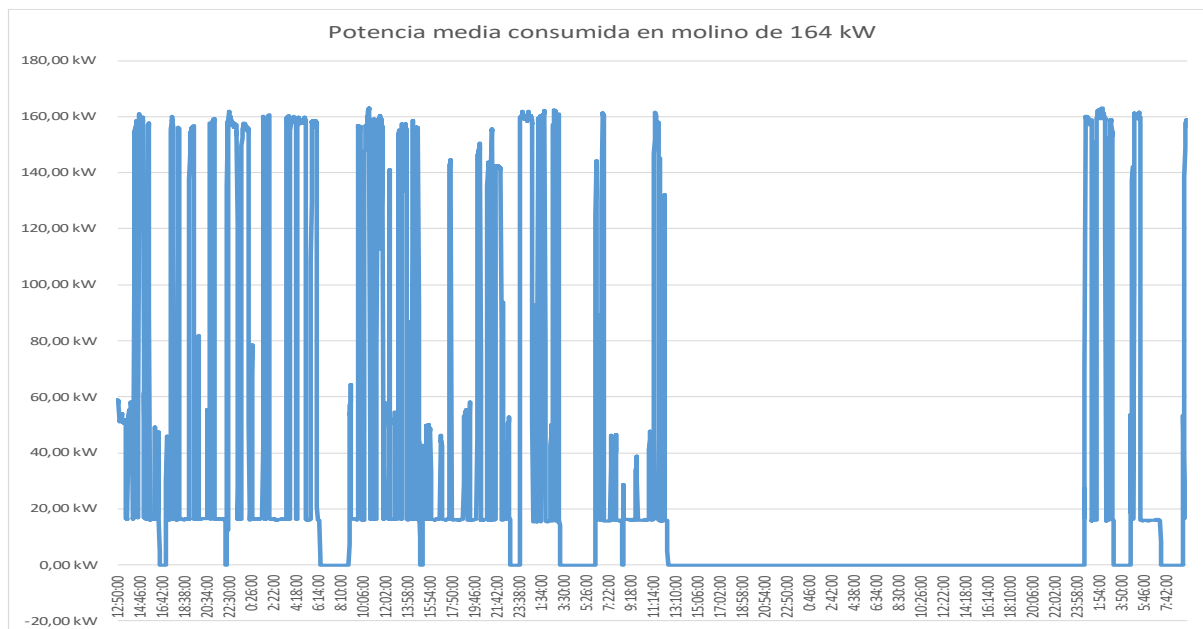


Figura 4.1.1

Como se puede ver en la gráfica, vemos que hay un parón desde las 13 horas hasta las 24 horas, esto se debe a que dicho periodo corresponde a un Domingo.

Analizando dicha grafica referente al consumo del molino 1 obtenemos los siguientes datos:

MOLINO 1		
Potencia media	Potencia máxima	Potencia mínima
65,49 kW	163,10 kW	0,00 kW
Consumo energético	N.º días de trabajo	N.º de horas
432.224,70 kWh	275	24

Tabla 4.1.1

2. Molino de 164 kW (variador de frecuencia) – MOLINO 3

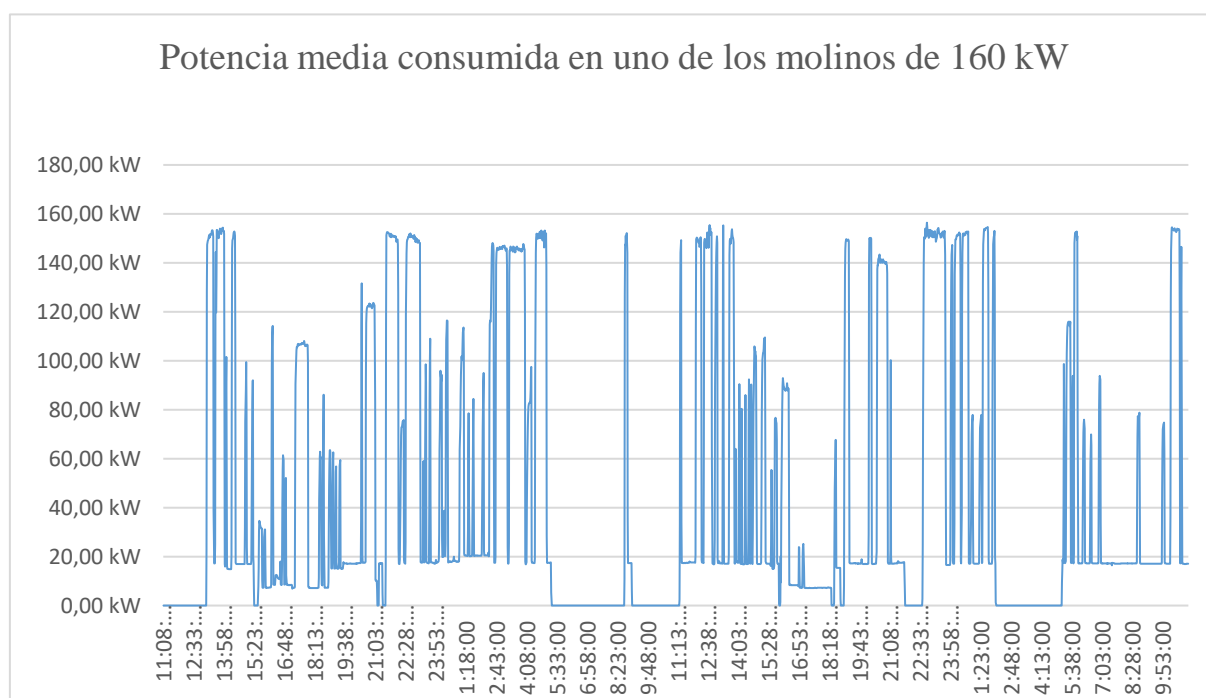


Figura 4.1.2

Como puede apreciarse, el régimen de trabajo es similar al del molino anterior. De igual manera que en el caso anterior, analizando la gráfica se obtienen los siguientes datos:

MOLINO 3		
Potencia media	Potencia máxima	Potencia mínima
56,50 kW	156,40 kW	0,00 kW
Consumo energético	N.º días de trabajo	N.º de horas
372.900,00 kWh	275	24

Tabla 4.1.2

3. Molino de 111 kW – MOLINO 2

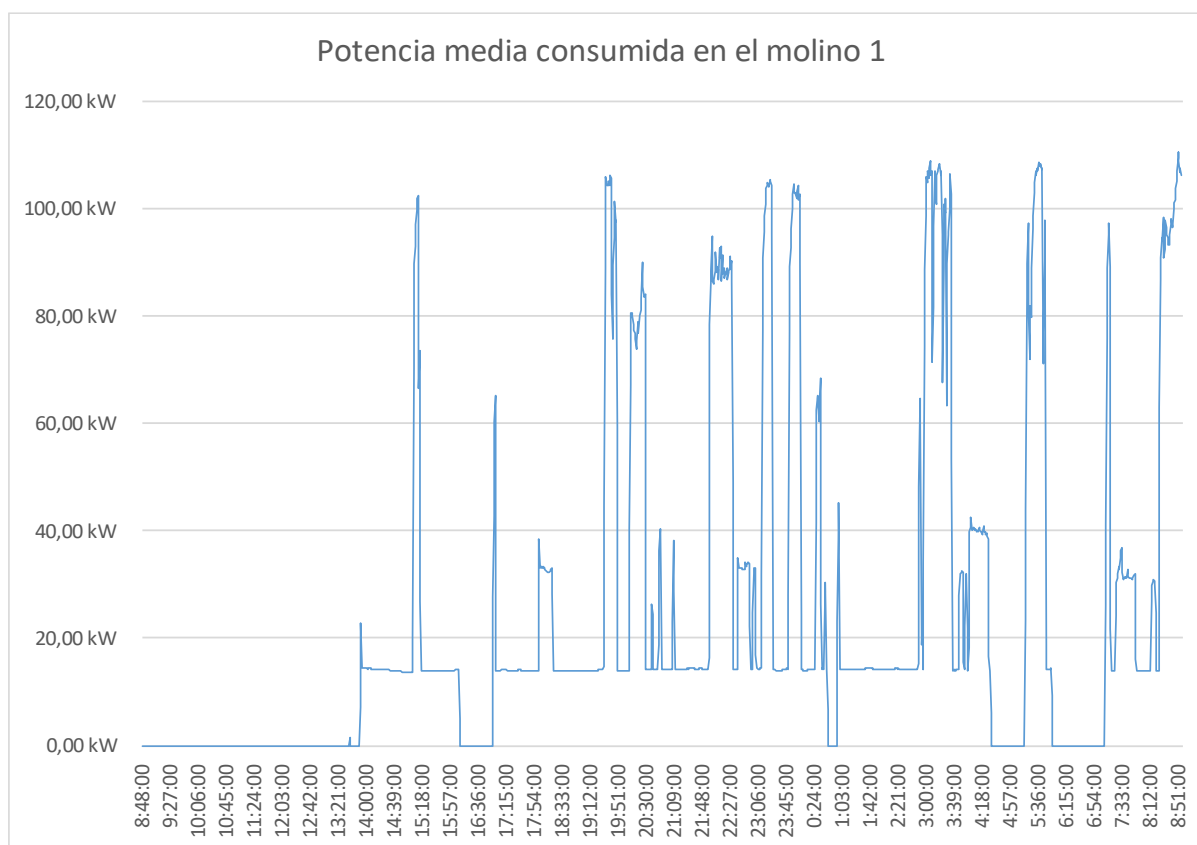


Figura 4.1.3

Se observa que el primer tramo corresponde con un tramo de parada.

Datos del molino 2:

MOLINO 2		
Potencia media	Potencia máxima	Potencia mínima
29,72 kW	110,73 kW	0,00 kW
Consumo energético	N.º días de trabajo	N.º de horas
196.164,39 kWh	275	24

Tabla 4.1.3

Conclusión

Distribucion de consumo de los molinos

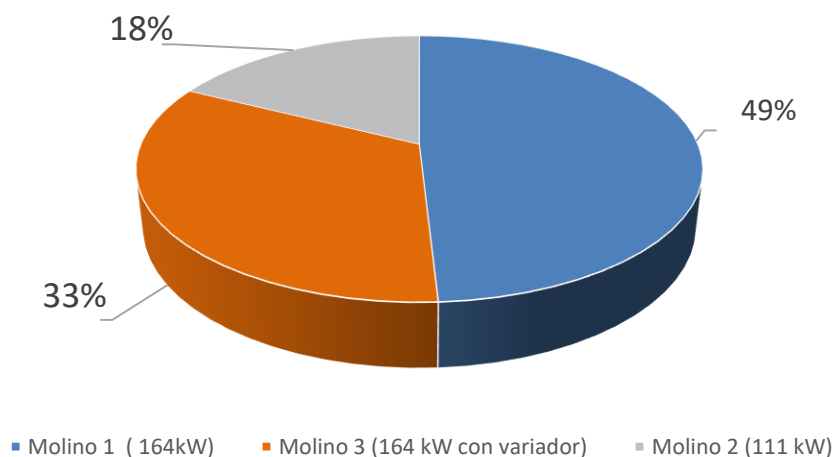


Figura 4.1.4

En el anterior gráfico, se observa que el molino de 164 kW el cual no presenta variador de frecuencia es el de mayor consumo energético, con un 49 % cifrado en 432.224,70kWh. Por otro lado, el molino 3, que cuenta con el variador de frecuencia, representa un 33 % del consumo energético, gastando 292.852,12 kWh, frente al consumo del molino de 111 kW que cuenta con un consumo energético cifrado en 154.970,64 kWh y un porcentaje del 18 %.

PROCESO DE MOLIENDA		
Maquinaria	Consumo eléctrico (kWh)	Coste (€/año)
Molino 1 (164kW)	432.224,70	27.752,28
Molino 3 (164 kW con variador)	372.900,00	23.943,16
Molino 2 (111 kW)	196.164,39	12.595,32
TOTAL	1.001.289,09	64.290,76

Tabla 4.1.4

4.1.2. Proceso de granulación.

La granulación del producto se hace mediante tres granuladoras de distinta potencia, siendo estas de 200kW, de 164kW y una última de 75kW que se usa de modo auxiliar.

1. Granuladora de 200kW

Esta granuladora es la de mayor potencia y muestra una distribución de consumo acorde con la siguiente gráfica:

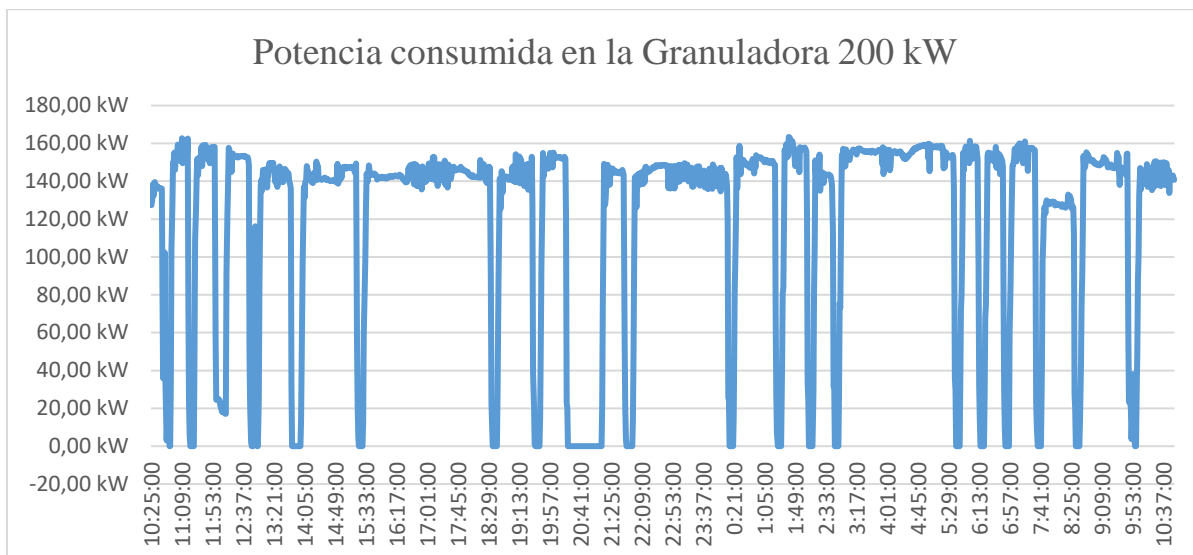


Figura 4.1.5

GRANULADORA DE 200 kW		
Potencia media	Potencia máxima	Potencia mínima
120,87 kW	163,38 kW	0,75 kW
Consumo energético	N.º días de trabajo	N.º horas
797.735,18 kWh	275	24

Tabla 4.1.5

2. Granuladora de 164kW

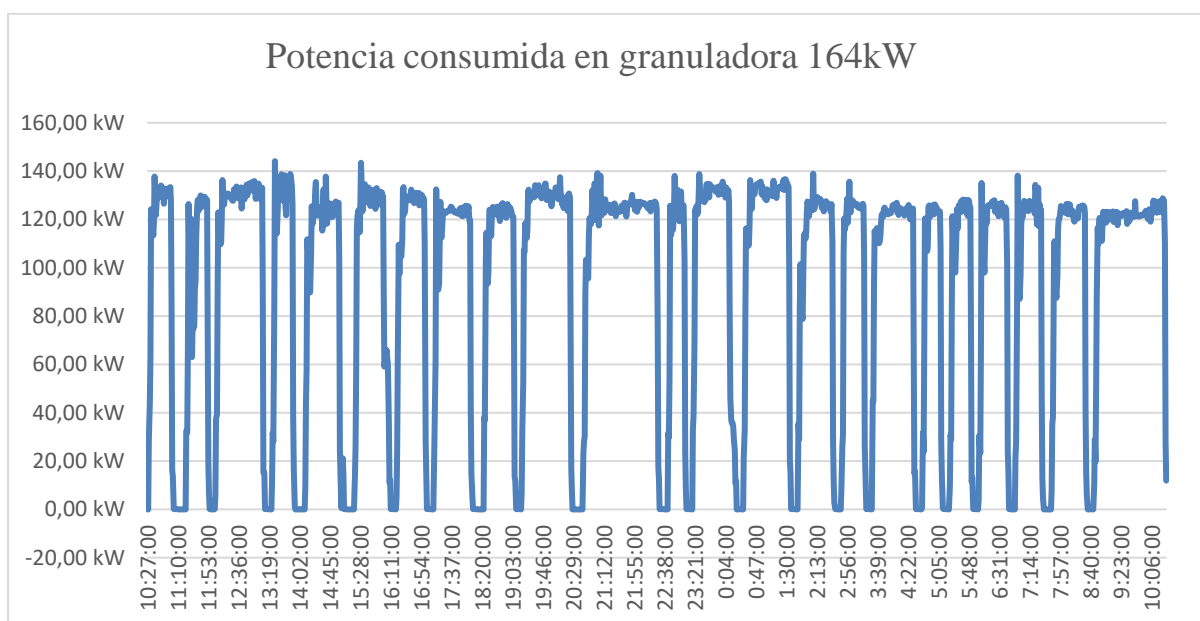


Figura 4.1.6

GRANULADORA DE 164kW		
Potencia media	Potencia máxima	Potencia mínima
93,95 KW	144,13 KW	0,00 KW
Consumo energético	N.º días de trabajo	N.º de horas
620.070,24 kWh	275	24

Tabla 4.1.6

3. Granuladora de 75kW

Esta es la más pequeña de las granuladoras y la que menos funcionamiento presenta. En el siguiente gráfico se aprecia un total de 9 ciclos diarios de granulación, con una potencia aproximada por ciclo de 55 kW, y una potencia media teniendo en cuenta los momentos en los que no se produce consumo, de 26,20 kW diarios.

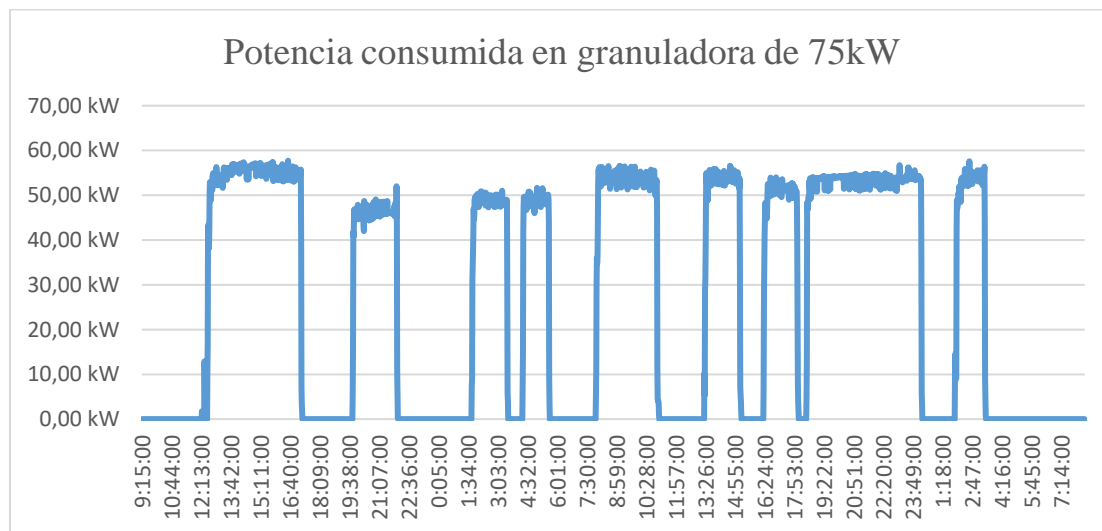


Figura 4.1.7

GRANULADORA DE 75kW		
Potencia media diaria	Potencia máxima	Potencia mínima
26,20 kW	57,72 kW	0,00 kW
Consumo energético	N.º horas anuales	N.º de horas
178.170,07 kWh	6800	24

Tabla 4.1.7

Conclusión

Analizando tanto las gráficas como los datos obtenidos de las tres granuladoras podemos concluir que la mitad del consumo ocasionado por las granuladoras se debe a la de 200kW, la cual es la responsable del 50%. Por otra parte, se puede ver que la granuladora de 75kW solo representa el 11% del total, ya que esta solo funciona intermitentemente y de modo auxiliar. Por último, la granuladora de 164kW consume aproximadamente un 39%.

Distribución del consumo de las granuladoras

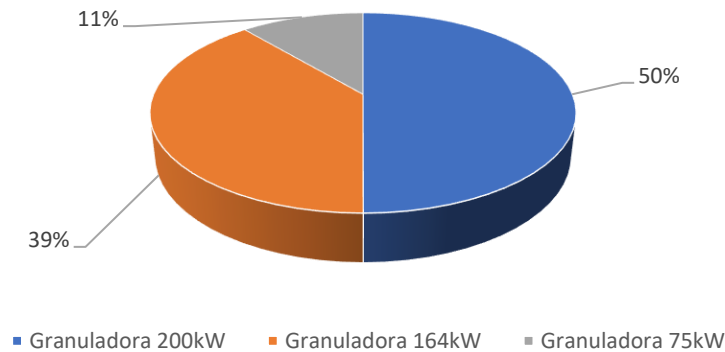


Figura 4.1.8

PROCESO DE GRANULADO		
Maquinaria	Consumo eléctrico (kWh)	Coste (€/año)
Granuladora 200kW	797.735,18	51.220,99
Granuladora 164kW	620.070,24	39.813,47
Granuladora 75kW	178.170,07	11.439,94
TOTAL	1.595.975,49	102.474,40

Tabla 4.1.8

4.1.3. Proceso de mezclado.

Tenemos dos mezcladoras, una de 56kW y otra más pequeña de 11kW. A continuación, se muestra la distribución de consumos de dichas mezcladoras.

1. Mezcladora de 56kW

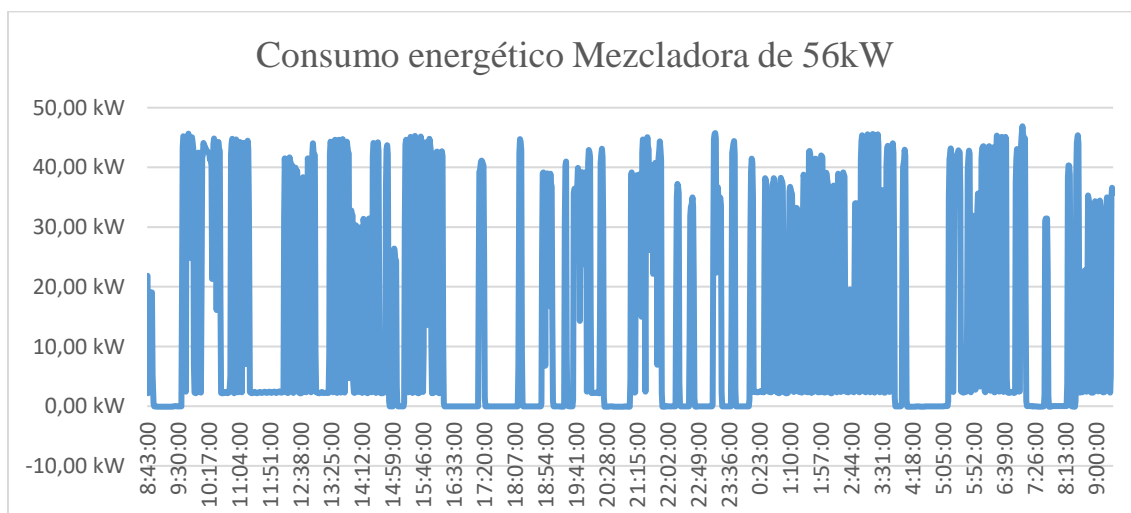


Figura 4.1.9

MEZCLADORA DE 56kW		
Potencia media	Potencia máxima	Potencia mínima
22,96 kW	46,89 kW	0,00 kW
Consumo energético	N.º días de trabajo	N.º de horas
151.568,77 kWh	275	24

Tabla 4.1.9

2. Mezcladora de 11kW

MEZCLADORA DE 11kW		
Potencia media	Potencia máxima	Potencia mínima
7,50 kW	46,89 kW	0,00 kW
Consumo energético	N.º días de trabajo	N.º de horas
49.500,00 kWh	275	24

Tabla 4.1.10

Conclusión

Distribución del consumo de las mezcladoras

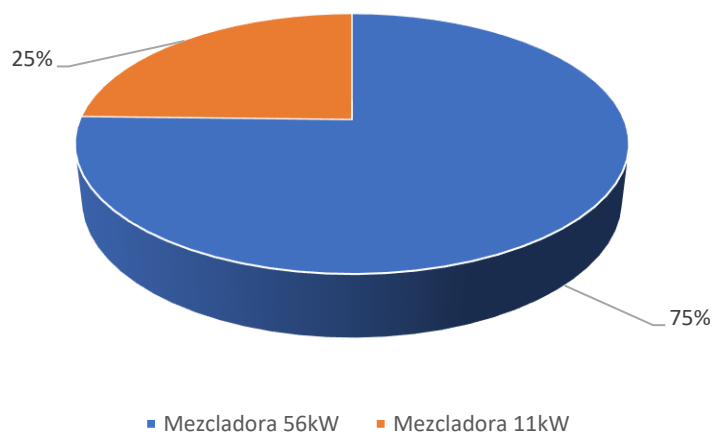


Figura 4.1.10

PROCESO DE MEZCLADO		
Maquinaria	Consumo eléctrico kWh	Coste (€/año)
Mezcladora 56kW	151.568,77	9.700,40
Mezcladora 11kW	49.500,00	3.168,00
TOTAL	201.068,77	12.868,40

Tabla 4.1.11

A la vista de los datos que se muestran tanto en el gráfico como en la tabla superior, podemos determinar que la mezcladora de 75CV es la responsable del 75% del consumo, con un gasto de 151.568,77 kWh. Por otra parte, se tiene que la otra mezcladora que hay en la fábrica (mezcladora de 15CV) representa el otro 25% de consumo con un gasto de 49.500 kWh.

4.1.4. Proceso de enfriamiento del grano sometido a vapor.

Como ha sido comentado en puntos anteriores, las granuladoras trabajan con vapor a alta temperatura, concretamente a 170 °C y una presión de 7 bar. Este vapor se introduce en el seno de la granuladora para favorecer la formación del pienso requerida. Estas formas de pienso tras haber salido de la granuladora tienen que ser enfriadas para endurecerlas, y para ello se utilizan dos enfriadoras distintas. Una de ellas es de 45 kW y el otro de 15 kW.

A continuación, se muestran los perfiles de consumo de cada una de las enfriadoras.

1. Enfriadora de 45 kW.

ENFRIADORA DE 45 kW		
Potencia media	Potencia máxima	Potencia mínima
37,4 kW	44,84 kW	0,00 kW
Consumo energético	N.º días de trabajo	N.º de horas
246.824,15 kWh	275	24

Tabla 4.1.12

2. Enfriadora de 15 kW

ENFRIADORA DE 15 kW		
Potencia media	Potencia máxima	Potencia mínima
12,45 kW	44,84 kW	0,00 kW
Consumo energético	N.º días de trabajo	N.º de horas
821.270,00 kWh	275	24

Tabla 4.1.13

Conclusión

Distribución del consumo del proceso de enfriado

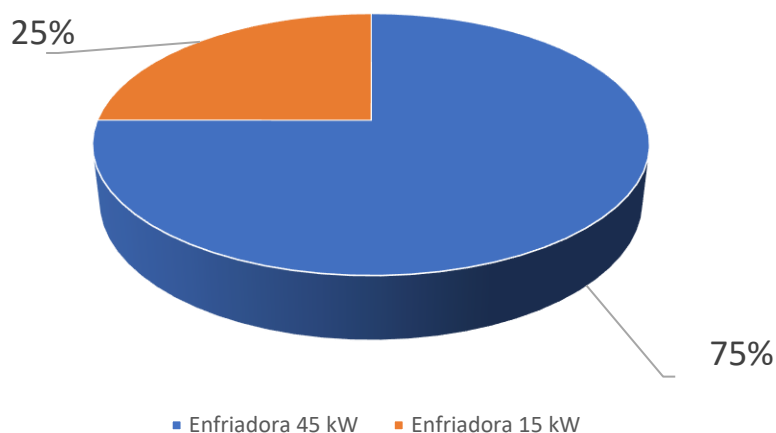


Figura 4.1.11

PROCESO DE ENFRIADO		
Maquinaria	Consumo eléctrico (kWh)	Coste (€/año)
Enfriadora 45 kW	246.824,15	15.796,75
Enfriadora 15 kW	82.170,00	5.258,88
TOTAL	328.994,15	21.055,63

Tabla 4.1.14

Del gráfico anterior se infiere que el 75 % del consumo energético en enfriadoras se deriva de la enfriadora de 45 kW con un consumo energético que se cifra en 246.824,15 kWh y el 25 % restante se debe al consumo de la enfriadora de 15 kW con un consumo energético de 82.170 kWh.

4.1.5. Equipos de climatización.

En la siguiente tabla se muestran las características de los distintos dispositivos de climatización con los que cuenta la empresa. Estas características ya se habían mostrado anteriormente en el punto 3.1.6. del documento.

CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN						
Lugar	Marca	Modelo	Tipo	Gas	Potencia eléctrica Frío (kW)	Potencia eléctrica calor (kW)
Planta alta oficina	Mitsubishi	MCFH-24	Split	R22	2,55	2,80
	Mitsubishi	MSH-07	Split	R22	0,71	0,68
	Mitsubishi	MSH-09	Split	R22	0,88	0,89
Planta Baja Oficina	Ciatesa	IPB-64	Roof-top	-	4,90	4,00
	Mitsubishi	MSZ-DM35VA	Split	R-410a	1,02	0,98
Sala de recepción	Mitsubishi	MS-09-RV	Split	R22	0,88	0,92
Oficinas fábrica	Mitsubishi	MSH-07RV	Split	R22	0,71	0,68
	Mitsubishi	MSH-07RV	Split	R22	0,71	0,68
Laboratorio	Ciatesa	IL-65	Conductos	R22	6,50	5,40
Planta de granulación	Inferoisa	-	Split	R22	0,83	0,85
Sala de Control	LG	CV24NJ2	Roof-top	R-410a	2,20	2,40
Cuadros eléctricos	Mitsubishi	MSH-18RV	Split	R22	2,12	2,00
	LG	CV18NJ2	Split	R410A	2,07	1,96
	kaysun	Kay-s 26 DN4	Split	---	0,82	0,81
TOTAL	----	----	----	----	26,91	25,06

Tabla 4.1.14

Calculamos la energía consumida por los distintos dispositivos en base a 18 horas diarias de uso, tanto en invierno como en verano, en las distintas zonas de la oficina, así como en la sala de recepción y 20 horas de uso diario en la zona de los cuadros eléctricos.

También valoramos que la instalación se utilizará a modo de calefacción entre los meses de Noviembre y Marzo (ambos incluidos), de modo que contaríamos con aproximadamente 153 días de uso. Igualmente asumimos que la instalación se usa a modo de aire acondicionado durante los meses de Junio, Julio, Agosto y Septiembre, contando de esta manera con aproximadamente 115 días de uso.

El resto de consumo no es tan fijo como el de estas 2 zonas, de manera que se ha hecho una aproximación de las horas de uso.

Teniendo en cuenta estas consideraciones la tabla que muestra el consumo de los equipos de climatización sería la siguiente:

CONSUMOS DE LOS EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN							
Marca	Modelo	N.º Horas verano	N.º Horas Invierno	Días al año calor	Días al año frío	Consumo Energético Verano (kWh)	Consumo energético Invierno (kWh)
Mitsubishi	MCFH-24	18	18	115	153	7.031,50	5.796,00
Mitsubishi	MSH-07	18	18	115	153	1.955,30	1.407,60
Mitsubishi	MSH-09	18	18	115	153	2.424,30	1.849,30
Ciatesa	IPB-64	18	18	115	153	13.494,60	8.280,00
Mitsubishi	MSZ-DM35VA	18	18	115	153	2.809,10	2.018,30
Mitsubishi	MS-09-RV	18	18	115	153	2.424,30	1.904,20
Mitsubishi	MSH-07RV	12	1	115	153	1.303,60	78,2
Mitsubishi	MSH-07RV	12	1	115	153	1.303,60	78,2
Ciatesa	IL-65	18	9	115	153	17.901,00	5.592,60
Inferoisa	-	20	20	115	153	2.550,00	1.959,30
LG	CV24NJ2	5	5	115	153	1.683,00	1.380,00
Mitsubishi	MSH-18RV	20	20	115	153	6.475,50	4.600,00
LG	CV18NJ2	20	20	115	153	6.348,50	4.514,80
kaysun	Kay-s 26 DN4	20	20	115	153	2.509,20	1.863,00
TOTAL	----	----	----	115	153	70.213,5	41.321,4

Tabla 4.1.15

Como puede observarse el 63% del consumo de la climatización corresponde al periodo de verano. Esto se debe a que al estar situada la fábrica en la Región de Murcia y por ende en el sureste de España las temperaturas son demasiado elevadas en los meses de verano, necesitando de esta manera gran gasto de climatización.

Distribución de consumo de los equipos de climatización

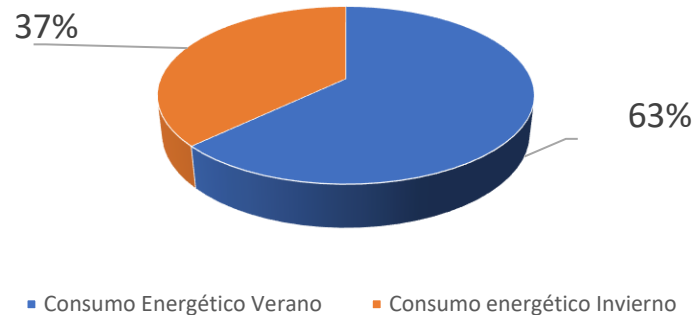


Figura 4.1.12

4.1.6. Instalación de iluminación.

Podemos distinguir 2 grupos distintos dentro de las instalaciones de iluminación, uno son las lámparas LED y el otro son el resto de lámparas, donde se incluyen las alógenas, incandescentes y fluorescentes.

1. Iluminación LED

CONSUMO DE LA INSTALACIÓN LED					
Zona	N.º Luminarias	N.º Lámparas	N.º de horas	Potencia total (W)	Consumo anual (kWh)
Fábrica	10	1	6.600	1.000	6.600
Básculas	6	1	4.380	600	2.628
Almacén	11	1	1.100	1.100	1.210
Aparcamiento, CT, TR	6	1	4.380	600	2.628
Silos	6	1	4.380	300	1.314
Logo ALIA	1	1	4.380	200	876
Mantenimiento, patio, laboratorio	5	1	2.200	500	1.100
Fábrica	19	2	6.600	684	4514,4
TOTAL	64	---		4.980	20.870,4

Tabla 4.1.16

2. Resto de la iluminación

CONSUMO DEL RESTO DE LA INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN						
Zona	N.º Luminarias	N.º Lámparas	Potencia Lámpara (W)	Potencia total (W)	N.º Horas	Consumo anual (kWh)
Cuadros eléctricos	1	2	36	72	1925	138,6
	11	1	36	396	6600	2.613,6
Sala de control	4	1	18	72	6600	475,2
Entrada fábrica	2	1	36	72	6600	475,2
	2	1	36	72	6600	475,2
Resto fábrica	7	2	36	504	6600	3.326,4
Sala compresores	1	2	36	72	1925	138,6
Grupo presión	1	2	36	72	1925	138,6
Granuladora	12	2	36	864	6600	5.702,4
Aparcamiento	3	2	36	216	2750	594
Aseos y vestuarios	1	1	60	60	1375	82,5
	1	1	18	18	1375	24,75
	4	4	36	576	1375	792
Taller	2	2	36	144	6600	950,4
Sala calderas	3	2	36	216	6600	1.425,6
Oficinas	35	1	36	1.260	2750	3465
	1	1	18	18	2750	49,5
	18	2	14	504	2750	13.86
Laboratorio	8	4	18	576	6600	3.801,6
TOTAL	117	---	----	5.784	----	26.055,15

Tabla 4.1.17

A la vista de los resultados, podemos determinar que el 56% de la iluminación de la instalación corresponde a focos halógenos o fluorescentes.

Distribución de consumo de la instalación de iluminación

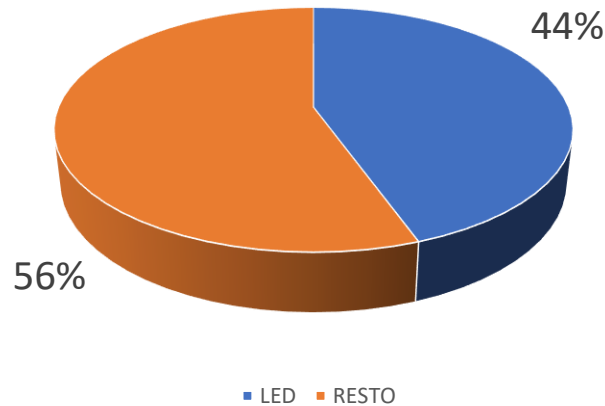


Figura 4.1.13

4.1.7. Instalación de aire comprimido.

La instalación principal de aire comprimido se encuentra formada por un solo compresor. Es el Kaeser BSD72, que tiene un consumo en carga de aproximadamente 157.018 kWh en carga y 57.671 kWh en descarga, ocasionando un consumo total de 214.689 kWh equivalente a un gasto económico de 17.175,22 €/año.

CONSUMO DE LA INSTALACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO				
Equipo	Energía en carga (kWh)	Energía en descarga (kWh)	Energía total consumida (kWh)	Coste energético (€/año)
Kaeser BSD72	157.018	57.671	214.689	13.784,75

Tabla 4.1.18

4.1.8. Resto de consumos eléctricos.

El resto de consumos eléctricos es ocasionado por las maquinas restantes de la instalación, tales como los distintos equipos ofimáticos, motores que accionan las distintas roscas de desplazamiento del pienso a través de la fábrica o de la línea de ensacado que se presenta en un lateral de la fábrica.

El consumo estimado de este punto se cifra en aproximadamente 715.194,68 kWh, lo que equivale a un gasto económico de 35.584,39 €/año.

4.1.9. Resumen del balance energético en planta.

BALANCE ENERGÉTICO DE LA PLANTA				
Zona	Línea	Consumo eléctrico (kWh)	%	Coste económico (€/año)
Proceso de molienda	Molino 1 (164kW)	432.224,70	10,6%	27.752,28
	Molino 3 (164 kW con variador)	372.900,00	9,1%	23.943,16
	Molino 2 (111 kW)	196.164,39	4,8%	12.595,32
Proceso de granulación	Granuladora 200kW	797.735,18	19,5%	51.220,99
	Granuladora 164kW	620.070,24	15,1%	39.813,47
	Granuladora 75kW	178.170,07	4,4%	11.439,94
Enfriamiento de granulación	Enfriadora 45 kW	246.824,15	6,0%	15.796,75
	Enfriadora 15 kW	82.170,00	2,0%	5.258,88
Proceso de mezclado	Mezcladora 56kW	151.568,77	3,7%	9.700,40
	Mezcladora 11kW	49.500,00	1,2%	3.168,00
Climatización		111.534,90	2,7%	7.161,43
Iluminación		46.925,55	1,1%	3.013,00
Aire comprimido		214.689,00	5,2%	13.784,75
Resto		593.953,05	14,5%	38.246,79
TOTAL		4.094.430,00	100,0%	262.895,16

Tabla 4.1.19

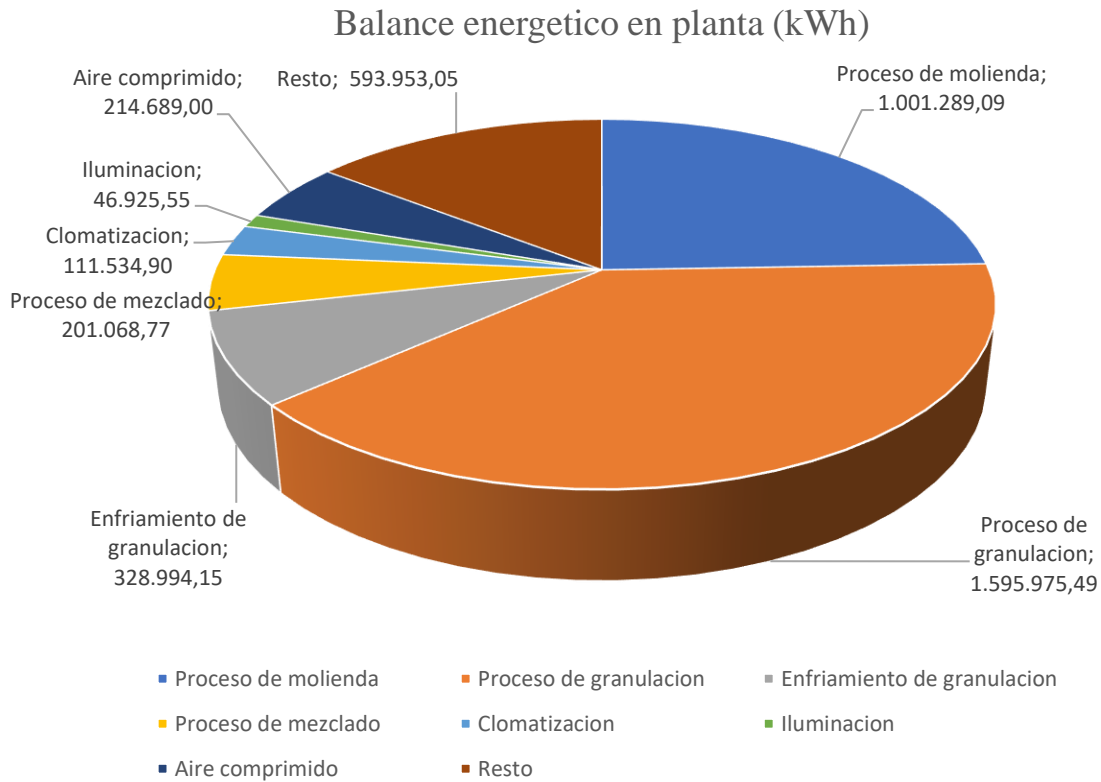


Figura 4.1.14

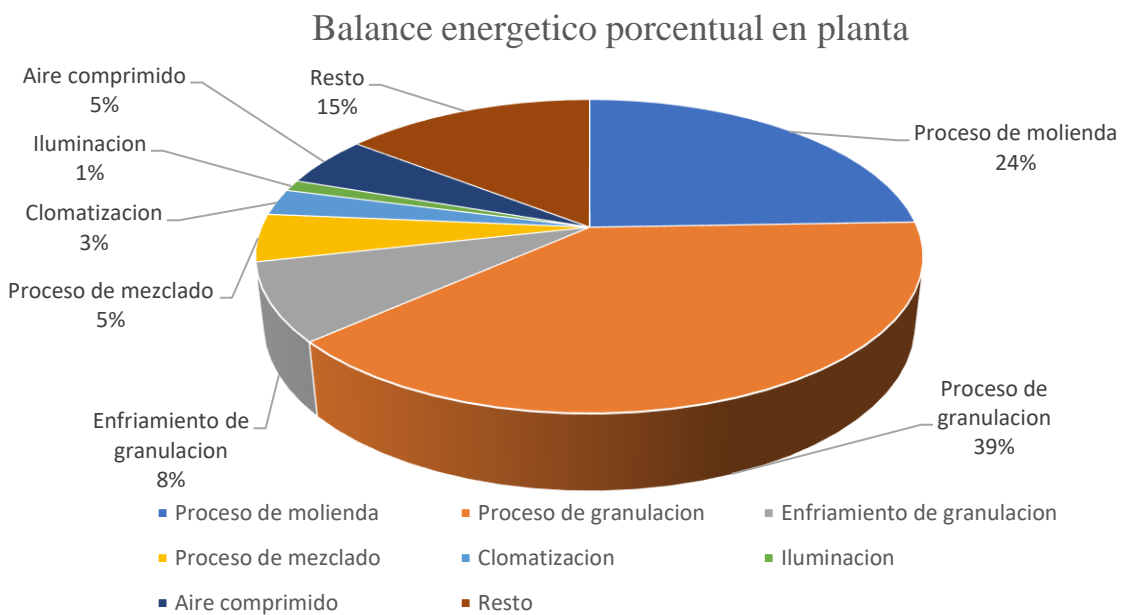


Figura 4.1.15

4.2. Balance energético de los consumidores de gasoil

El consumo de gasoil se encuentra destinado al uso de tanto las carretillas presentes en la fábrica, utilizadas para transporte de material dentro de la instalación, como del resto de vehículos de la flota de la empresa tales como los camiones de transporte. El cálculo es sencillo, ya que la propia fábrica cuenta con un surtidor de gasoil dentro del recinto, de manera que las mediciones de gasoil se realizan de manera automática. Para el cálculo del coste económico anual hemos tomado 1,049€/L como precio del gasoil.

BALANCE DEL GASOIL	
Consumo anual de gasoil	896.000 litros
Coste económico anual	940.000 €/año

Tabla 4.2.1

4.3. Balance energético de los consumidores de biomasa.

El consumo de biomasa únicamente se debe a la caldera principal que utiliza este material como combustible para la producción de vapor de agua. Hay dos calderas en la instalación, una de ellas de fuel y otra de biomasa. Sin embargo, esta última trabaja muchísimas más horas al año que la de fuel que se encuentra en “backup” para la realización del mantenimiento de la de biomasa.

El consumo energético de biomasa se cifra en:

BALANCE DEL CONSUMO DE BIOMASA	
Consumo anual biomasa	786 toneladas
Consumo energético anual	2.735,47 MWh
Coste económico	51.090,00 €/año

Tabla 4.2.2

4.4. Balance energético de los consumidores fuel-oil.

En el punto anterior se ha comentado la existencia de una caldera de fuel aparte de la de biomasa. Esta, al funcionar de manera auxiliar y solo cuando la de biomasa se encuentra en mantenimiento, tiene un consumo mucho menor que la caldera principal. Estimaremos la producción energética del fuel como 11,15kWh/kg y utilizaremos su precio medio por kg durante el año 2020 que fue de 0,63€/kg.

BALANCE DEL CONSUMO DE FUEL-OIL	
Consumo anual biomasa	51,17 toneladas
Consumo energético anual	570.560 kWh
Coste económico	32.237,73 €/año

Tabla 4.2.3

5. Oportunidad de ahorro energético sin suponer un gasto adicional.

5.1. Oportunidad de ahorro energético en las granuladoras.

Ahora mismo la fábrica cuenta con 3 granuladoras que en conjunto consumen 1.595,975MWh. Como medida de ahorro energético se había pensado en derivar la carga de las granuladoras de menor eficiencia a las más eficientes, para que las máquinas de mayor eficiencia estén en torno al 100% de carga y los menos lo más bajo posibles, reduciendo así el consumo energético. Esto haría que en la mayoría de situaciones tan solo se utilizaran una o dos granuladoras en lugar de las tres.

Esto no es posible ya que habrá veces que el grado de carga de las granuladoras de mayor rendimiento no sea del 100% sino que sea inferior, existiendo la imposibilidad de añadir otro tipo de pienso a la misma granuladora para aumentar el grado de carga. Esto quiere decir que solo hay un tipo de pienso en cada granuladora y que este cambia cuando ha terminado el proceso ya que la mezcla de ingredientes que conforma los distintos tipos de pienso ha de hacerse de manera previa al proceso de granulación.

5.2. Oportunidad de ahorro energético mediante la concienciación de los empleados.

Actualmente en la empresa tenemos una serie de consumos energéticos que no están directamente relacionados con la maquinaria del proceso productivo, pero que aun así son necesarios. Estos consumos se concentran sobre todo en la zona de la oficina y del laboratorio, siendo estos:

CONSUMOS DE LA OFICINA Y EL LABORATORIO		
Equipo	Gasto energético (kWh)	Coste económico (€/año)
Climatización	111.534,9	7.138,23
Iluminación	46.925,55	3.003,24
Resto	130.000	8.320
Total	288.460,45	18.461,47

Tabla 5.2.1

Los consumos referentes a la parte de “resto” corresponden a los distintos equipos ofimáticos, impresoras, proyectores, etc. que encontramos en la oficina.

Aplicando una serie de medidas de concienciación del personal sobre el consumo eléctrico podríamos disminuir el gasto energético en torno a un 6% del total.

Como medidas se proponen:

- Mantener las estancias cerradas tanto en verano como en invierno para evitar pérdidas, siempre que se estén utilizando los sistemas de climatización.
- Apagar los distintos equipos ofimáticos cuando no se vayan a utilizar durante un periodo prolongado de tiempo.
- Intentar aprovechar la máxima luz natural para reducir el gasto energético correspondiente a la iluminación, y de igual modo que en el punto anterior, apagar las luminarias cuando no se utilicen.

Aparentemente son medidas muy simples, pero de cumplirse todas podríamos ahorrar alrededor de un 6% del consumo energético total. Esto se traduce en un ahorro de 17.307,63kWh al año, lo que equivale a un ahorro económico de 1.107,68€/año.

5.3. Oportunidad de ahorro energético en el compresor.

El compresor utilizado es del tipo “todo o nada”. Esto quiere decir que el tiempo que no se está utilizando sigue consumiendo energía mientras esté encendido. Una de las medidas que se podría utilizar para ahorrar energía sería apagar el compresor durante los periodos de no trabajo, para que no consuma electricidad y ponerlo en marcha solamente cuando la instalación requiera aire comprimido.

El problema de este tipo de compresores es que tardan entre 4 y 7 minutos después del arranque para alcanzar la presión óptima de trabajo. También hay que esperar un tiempo tras apagar el compresor para que este se enfríe y se pueda volver a poner en marcha (este tiempo está entre los 3 y 5 minutos). Todo esto hace que cuando apaguemos el compresor no podamos volver a utilizarlo hasta pasado unos 10 minutos. Además, sumado al hecho de que los periodos de no trabajo son lapsos de tiempo intermitentes hace que el apagar el compresor sea contraproducente, ya que se consume más energía durante el arranque que durante su funcionamiento. Todo esto hace que el apagar el compresor no sea rentable energéticamente, dado el tiempo necesario de espera para el arranque y el consumo extra que este ocasiona.

Esta medida sería viable si los periodos de no trabajo no fueran intermitentes a lo largo del día y estuvieran juntos en una franja temporal. Normalmente los periodos de no trabajo se distribuyen en franjas de media hora o 45 minutos a lo largo de las 24 horas. Si todos estos intervalos estuviesen juntos durante al menos un par de horas el apagar la batería de compresores sí que sería rentable, ya que solo se deberían de arrancar una vez al día y no varias, reduciendo mucho el gasto energético.

5.4. Oportunidad de ahorro en la caldera de biomasa.

Actualmente, el combustible utilizado en la caldera de biomasa es hueso de aceituna, el cual posee un poder de producción energética de 3,48 kWh/kg. Teniendo en cuenta que esta caldera produce una energía anual de 2.735,47MWh y el poder calorífico del combustible utilizado, ciframos el consumo en un total de 786 toneladas de hueso de aceituna. Además, considerando que el precio ronda los 65€/tonelada tendríamos un gasto de 51.090€ anuales. Por lo tanto, tendríamos un precio aproximado de 0,0187€/kWh.

Como medida se propone el cambio de combustible. Sería más rentable pasar de utilizar hueso de aceituna a cascara de almendra, que tiene una mayor producción energética, aproximadamente 4,4kWh/kg. La energía a producir sería la misma que antes, es decir, 2.735,47MWh, sin embargo, estaríamos quemando una menor cantidad de material. En este caso estaríamos quemando 621,7 toneladas de cáscara de almendra frente a las 786 toneladas de hueso de almendras para producir la misma cantidad de energía. En estos términos el ahorro sería del 21% en cuanto a la quema de material.

El precio por tonelada de cáscara de almendra es de 70€, lo que multiplicado por las 621,7 toneladas haría un total de 43.519€/año. Como puede verse, aun siendo más cara la cascara de almendra que el hueso de aceituna, el ahorro en cuanto a la cantidad de material empleado es lo suficientemente grande para que también haya un ahorro económico.

ANÁLISIS DEL CAMBIO DE COMBUSTIBLE EN LA CALDERA DE BIOMASA				
Material	Energía por kg (kWh/kg)	Precio por tonelada (€/ton)	Consumo total (ton)	Coste total (€/año)
Hueso de aceituna	3,48	65	786	51.090
Cáscara de almendra	4,4	70	621,7	43.519
Ahorro	-	-	164,3	7.571

Tabla 5.4.1

Conclusión

La energía producida en ambos casos es la misma, 2.735,47MWh, ya que la demanda no varía, pero en lo que sí que hay un ahorro importante es en la cantidad de material utilizado para la producción de esta, podemos apreciar un 21% de ahorro en la quema de material, lo que equivale a 164,3 toneladas. Este ahorro supone una menor cantidad de gases y de partículas nocivas expulsadas a la atmosfera, suponiendo así una reducción del impacto medioambiental del uso de las calderas de biomasa.

De esta manera el cambio de combustible no supone un ahorro energético, pero si una mejora medioambiental. También podemos notar un ahorro económico de 7.571€/año debido al cambio de combustible.

6. Oportunidades de ahorro energético con coste adicional.

6.1. Sustitución de la instalación de aire comprimido.

La medida de ahorro que contemplamos en este punto es cambiar la batería de compresores actual, que son del tipo “todo/nada” y que suman una potencia de 42kW por un único compresor de velocidad variable con mayor rendimiento.

Estos compresores con accionamiento de velocidad variable ajustan automáticamente la velocidad del motor a la demanda de aire. Por el contrario, los compresores de velocidad fija, “con funcionamiento en vacío” o “todo/nada”, o funcionan a plena potencia, en modo descarga o se encuentran apagados.

La mejora de la eficiencia energética radica en:

- El nuevo compresor posee un sistema de regulación del caudal del aire, por tanto, podrá optimizar el caudal de todo el sistema adecuándolo a las necesidades reales de aire comprimido.
- La potencia en vacío del nuevo compresor es nula.
- El compresor nuevo posee un sistema de regulación de su carga en función de la cantidad de aire comprimido que debe suministrar. Por lo tanto, no tiene una potencia de trabajo fija, sino que ajusta automáticamente la velocidad del motor a la demanda de aire.

Pese al aumento de la potencia instalada del nuevo compresor, al ser de velocidad variable, se consigue una reducción importante del consumo energético respecto a la instalación actual. Por consiguiente, esta medida supondrá un importante ahorro energético y como consecuencia se reducirán las emisiones de CO₂. En la figura 6.1 se puede apreciar el nuevo compresor a instalar:



Figura 6.1.1

6.1.1. Análisis de la instalación actual.

Mediciones de la instalación actual.

Las mediciones han sido realizadas durante una semana. Este es el periodo de referencia en el que nos hemos basado para calcular el ahorro anual, ya que se considera un ciclo operativo representativo de la empresa. Las mediciones han sido tomadas durante las 24 horas del día.

INSTALACIÓN ACTUAL (2 compresores Kaeser, BSD 72) (42kW)					
Tiempo carga	Tiempo descarga	Tiempo parado	Energía carga	Energía descarga	Energía total
71,9 h	26,4 h	27,7 h	3.020 kWh	1.109 kWh	4.129 kWh

Tabla 6.1.1

Tal y como se aprecia en la tabla 6.1.1 el consumo energético total en la semana de medición fue de 4.129 kWh, siendo el 27 % de ese consumo por el trabajo en vacío del compresor. Este es fácilmente evitable con la instalación de un compresor de velocidad variable como ya se ha mencionado anteriormente.

Cálculo del consumo anual de la instalación actual.

Una vez tomados los datos durante una semana, y aplicando las medidas para las 52 semanas de trabajo anuales, véase el consumo energético del compresor actual.

INSTALACIÓN ACTUAL (2 compresores Kaeser, BSD 72) (42kW)			
Energía carga	Energía descarga	Energía total	Coste energético
157.040 kWh	57.668 kWh	214.708 kWh	17.176,64 €/año

Tabla 6.1.2

El consumo total energético, el 27% corresponde al trabajo del compresor en vacío ya que este funciona de forma normal, con la admisión de aire cerrada, no generando caudal, ni aumento de presión en la instalación de aire comprimido, pero si ocasionando un consumo energético.

Este modo de funcionamiento es debido a que este tipo de compresores además de tener un alto consumo en el arranque, necesitan de un tiempo de funcionamiento para alcanzar su rango óptimo, por lo que es preferible mantenerlos trabajando en descarga a pararlos y volverlos a arrancar cuando sea necesario.

6.1.2. Análisis de la instalación propuesta.

Mediciones de la instalación propuesta.

Como compresor de velocidad variable hemos escogido el Worthington RLR75V, cuya potencia en carga se cifra en 55 kW y con un caudal máximo de 165 l/s. En la siguiente tabla se muestran los datos obtenidos a partir de una serie de mediciones realizadas durante una semana como en la instalación anterior.

INSTALACIÓN PROPUESTA (1 compresor Worthington RLR75V) (55kW)					
Tiempo carga	Tiempo descarga	Tiempo parado	Energía carga	Energía descarga	Energía total
102,10 h	0 h	23,60 h	3.264 kWh	0 kWh	3.264 kWh

Tabla 6.1.3

Cálculo del consumo anual de la instalación propuesta.

INSTALACIÓN PROPUESTA (1 compresor Worthington RLR75V) (55kW)			
Energía carga	Energía descarga	Energía total	Coste energético
169.728 kWh	0 kWh	169.728 kWh	13.578,24 €/año

Tabla 6.1.4

Pese a tener una mayor potencia instalada, capaz de dar un mayor caudal de aire, el cual se ha previsto necesario en un futuro inmediato, este tipo de compresores regulan su funcionamiento trabajando en la zona óptima, reduciendo notablemente su consumo.

6.1.3. Análisis económico.

En la siguiente tabla se disponen los datos comentados anteriormente para visualizar de una forma más clara las mejoras de la instalación propuesta frente a la actual.

ANÁLISIS ECONÓMICO					
Instalación	Caudal suministrado (l/s)	Potencia instalada (kW)	Consumo energético (kWh)	Emisiones de CO2 (tCO2)	Coste económico (€/año)
Actual	116,3	42,00	214.708	75,14	17.176,64
Propuesta	165	55,00	169.728	59,4	13.578,24
Ahorro estimado	+48,7	+18 ,00	44.980	15,7	3.598,40

Tabla 6.1.5

Analizando la tabla vemos que el hecho de usar un compresor de velocidad variable supone un ahorro de alrededor del 21% del consumo energético.

La inversión de este nuevo equipo de compresión sería aproximadamente de unos 31.500€. De esta manera, sabiendo el ahorro anual, podemos determinar el periodo aproximado de amortización el cual sería de 8,75 años.

Conclusión.

A la vista de lo comentado anteriormente concluimos que el cambio de compresor haría que la empresa ahorrara 3.598,4€ anuales y que a pesar de la inversión de 31.500€ para la compra y la instalación del nuevo equipo, este se amortiza en aproximadamente unos 8.75 años, es decir, en 8 años y 9 meses.

6.2. Aislamiento de ciertas tuberías de vapor.

La línea de producción cuenta con dos calderas, las cuales producen el vapor necesario para la producción del pienso. Este vapor ha de ser transportado desde las calderas hasta las granuladoras mediante una red de tuberías. Estas están aisladas térmicamente del exterior, sin embargo, hay varias zonas de válvulas que no lo están. De esta manera se produce así una importante pérdida de calor, ocasionando así un gasto extra de fuel para mantener la temperatura del vapor de agua a 170°C.

La medida de ahorro propuesta en este caso sería implementar aislante térmico en todas aquellas zonas de la red de tuberías donde se produce una pérdida de calor considerable, concretamente en las zonas donde se hallan las válvulas como se ha comentado anteriormente.

En total contamos con 17 zonas, las cuales tienen una superficie aproximada de 5,5m² y que cuentan con una temperatura media de unos 170°C aproximadamente. La figura 6.2.1 muestra la fotografía realizada con una cámara térmica a una de las zonas que se pretende aislar.



Figura 6.2.1



Figura 6.2.2

6.2.1. Análisis de la instalación actual sin aislante.

En este punto se haremos el cálculo de las pérdidas en forma de calor al exterior de las 17 zonas.

Para el análisis de las pérdidas en las distintas zonas de la instalación tendremos en cuenta la transferencia de calor por radiación, por convección externa natural y por conducción. Las expresiones utilizadas para el cálculo de las pérdidas son las siguientes:

Convección

$$Q_{conv} = h_{ext} \cdot \text{Área} \cdot \Delta T$$

Expresión 6.2.1

Siendo:

h_{ext} : el coeficiente de convección exterior.

Área: el área de la tubería por donde hay pérdidas de calor.

ΔT : diferencia de temperatura entre la superficie exterior de la tubería y el ambiente.

Para estos cálculos hemos cogido una temperatura de la tubería aproximada de 170°C y una temperatura ambiente de unos 25°C. También hemos cifrado del coeficiente de convección exterior en 12 W/m²K.

Radiación

$$Q_{rad} = \sigma \cdot \text{Área} \cdot \varepsilon \cdot (T_{sup}^4 - T_{amb}^4)$$

Expresión 6.2.2

Siendo:

σ : La constante de Stefan Boltzman, con valor 5,67E-08

Área: El área de la tubería por donde hay pérdidas de calor.

ε : La emisividad de la tubería.

T_{sup} : La temperatura superficial exterior de la tubería.

T_{amb} : La temperatura ambiental.

La emisividad del acero laminado en frío, que es el material del que están hechas las tuberías, está entre 0.7-0.9, de manera que usaremos 0.9 para calcular el calor cedido.

Conducción

$$Q_{cond} = \frac{\Delta T}{\frac{\ln\left(\frac{r_{ext}}{r_{int}}\right)}{2\pi \cdot L \cdot k_{acero}}}$$

Expresión 6.2.3

Siendo:

ΔT : La diferencia de temperatura entre el interior de la tubería (170°C) y la superficie exterior de la tubería (169,5°C).

r_{int} : El radio interior de la tubería (50mm).

r_{ext} : El radio exterior de la tubería (54mm).

L: La longitud del tramo de tubería.

k_{acero} : El coeficiente de conductividad térmica del acero inoxidable (16,3 W/(mK)).

Al ser un material con una K relativamente elevada, supondremos una caída de temperatura de 0,5°C a través de la tubería, siendo de esta manera la temperatura interior de 170°C y una temperatura exterior de 169,5°C.

En la siguiente tabla se muestra las pérdidas de calor de las 17 zonas anteriormente comentadas:

PÉRDIDAS DE CALOR SIN AISLAMIENTO					
Zona a aislar	Área (m ²)	Longitud (m)	Q _{cond} sin aislamiento (W)	Q _{conv} sin aislamiento (W)	Q _{rad} sin aislamiento (W)
zona 1	0,23	0,73	487,13	398,82	357,43
zona 2	0,36	1,15	762,46	624,24	559,46
zona 3	0,16	0,51	338,87	277,44	248,65
zona 4	0,43	1,37	910,72	745,62	668,25
zona 5	0,64	2,04	1.355,49	1.109,76	994,60
zona 6	0,85	2,71	1.800,26	1473,90	1.320,95
zona 7	0,43	1,37	910,72	745,62	668,25
zona 8	0,85	2,71	1.800,26	1.473,90	1.320,95
zona 9	0,16	0,51	338,87	277,44	248,65
zona 10	0,18	0,57	381,23	312,12	279,73
zona 11	0,18	0,57	381,23	312,12	279,73
zona 12	0,18	0,57	381,23	312,12	279,73
zona 13	0,23	0,73	487,13	398,82	357,43
zona 14	0,09	0,29	190,62	156,06	139,87
zona 15	0,09	0,29	190,62	156,06	139,87
zona 16	0,09	0,29	190,62	156,06	139,87
zona 17	0,35	1,11	741,28	606,90	543,92
TOTAL	5,5	17,51	11.648,75	9.537,00	8.547,35

Tabla 6.2.1

En la tabla 6.2.1 apreciamos las pérdidas de calor por convección de 9,537kW, de 8,547kW por radiación, y de 11,648kW por conducción. Sumando las pérdidas de calor por las 3 partes, tenemos que la instalación está perdiendo 29,733kW por no tener aislamiento instalado.

6.2.2. Aislante propuesto.

El aislante propuesto serían unas camisas de lana de roca o “rockwool”, las cuales se colocarían alrededor de las distintas zonas donde se sitúan las válvulas y que tendrían un cierre por velcro. Estas camisas tienen un espesor de 4cm y posee un coeficiente de conductividad térmica de 0,04W/mK. Hace un par de años se instaló una camisa aislante de estas características a modo de prueba, y se determinó que la temperatura superficial del aislante era de aproximadamente de 36°C. Esta reducción de temperatura de la superficie conllevará a una importante disminución de perdidas caloríficas y como consecuencia un ahorro económico considerable.

Las camisas térmicas a instalar serían de este tipo:



Figura 6.2.3

6.2.3. Análisis de la instalación con aislante.

Convección y radiación

Para calcular las pérdidas por convección y radiación una vez puesto el aislante utilizaremos las mismas expresiones del apartado anterior, pero esta vez utilizaremos como 36°C de temperatura superficial del aislante en vez de los 169,5°C. Esta es la temperatura de la superficie exterior del tubo.

Conducción

Para los cálculos de las pérdidas por conducción también utilizaremos la misma fórmula del apartado anterior, pero añadiremos la capa de aislante. De esta manera la expresión quedaría como:

$$Q_{cond} = \frac{\Delta T}{\frac{\ln\left(\frac{r_{ext}}{r_{int}}\right)}{2\pi \cdot L \cdot k_{acero}} + \frac{\ln\left(\frac{r_{extaisl}}{r_{ext}}\right)}{2\pi \cdot L \cdot k_{aisl}}}$$

Expresión 6.2.3

Siendo:

ΔT : La diferencia de temperatura entre el interior de la tubería (170°C) y la superficie

r_{int} : El radio interior de la tubería (50mm).

r_{ext} : El radio exterior de la tubería (54mm).

$r_{extaisl}$: El radio interior de la tubería (94mm).

L : La longitud del tramo de tubería.

k_{acero} : El coeficiente de conductividad térmica del acero inoxidable (16,3W/mK).

k_{aisl} : El coeficiente de conductividad térmica de la camisa de lana de roca (0,04W/mK).

En la siguiente tabla se muestra las pérdidas de calor tras haber aplicado el aislante:

PÉRDIDAS DE CALOR CON AISLAMIENTO					
Zona a aislar	Área (m ²)	Longitud (m)	Q_{cond} con aislamiento(W)	Q_{conv} con aislamiento (W)	Q_{rad} con aislamiento (W)
zona 1	0,23	0,73	44,465	30,360	14,442
zona 2	0,36	1,15	69,598	47,520	22,605
zona 3	0,16	0,51	30,932	21,120	10,047
zona 4	0,43	1,37	83,131	56,760	27,000
zona 5	0,64	2,04	123,730	84,480	40,186
zona 6	0,85	2,71	164,328	112,200	53,372
zona 7	0,43	1,37	83,131	56,760	27,000
zona 8	0,85	2,71	164,328	112,200	53,372
zona 9	0,16	0,51	30,932	21,120	10,047
zona 10	0,18	0,57	34,799	23,760	11,302
zona 11	0,18	0,57	34,799	23,760	11,302
zona 12	0,18	0,57	34,799	23,760	11,302
zona 13	0,23	0,73	44,465	30,360	14,442
zona 14	0,09	0,29	17,399	11,880	5,651
zona 15	0,09	0,29	17,399	11,880	5,651
zona 16	0,09	0,29	17,399	11,880	5,651
zona 17	0,35	1,11	67,665	46,200	21,977
TOTAL	5,5	17,51	1.063,301	726,000	345,350

Tabla 6.2.2

Al aplicar el aislante, las pérdidas de calor se reducen de manera considerable. En este sentido tenemos que las pérdidas de por conducción se cifran en 1.063,3kW, las de convección en 726kW y las de radiación en 345,35kW. Todas ellas hacen un total de 2.134,65kW.

6.2.4. Análisis económico.

Para analizar el ahorro económico que supone la instalación de aislante estimaremos 20 horas diarias de trabajo de la caldera durante al menos 275 días al año. Todo esto hace un total de unas 5.500 horas anuales de trabajo. Tendremos en cuenta 0,0565€/kWh como precio como precio medio del fuel durante el año 2020.

Las zonas a aislar no son zonas lisas de tubería, sino que incluyen una o varias válvulas de regulación por zona. Esta distribución de válvulas no es válida para el uso de las camisas térmicas de la empresa Spirax Sarco, empresa que hemos escogido para la compra del aislamiento. Por este motivo habría que cambiar las tuberías de estas zonas por otras cuya distribución de válvulas sea válida para el uso de las camisas estandarizadas de esta empresa. Cambiar la tubería y aplicar el aislamiento tendría un coste aproximado de 817€/zona, que multiplicado por las 17 zonas hace un total de 13.889€ de inversión.

ANÁLISIS ECONÓMICO				
Instalación	Perdidas caloríficas (kW)	Perdidas caloríficas anuales (kWh)	Coste económico (€/año)	Inversión
Sin aislante	29,73	163.532,08	9.239,56	-
Con aislante	2,13	11.740,58	663,34	13.889,00 €
Ahorro	27,60	151.791,50	8.576,22	-

Tabla 6.2.3

Conclusión

Observando la tabla 6.2.3 tenemos que la inversión para la instalación del aislante ascendería a 13.889,00 € y que conllevaría a un ahorro anual de 8.576,22€/año. Todo esto supondría un ahorro de 13,61 toneladas de fuel anuales. El plazo de amortización aproximado sería de 1,62 años.

6.3. Instalación de variador de frecuencia en los molinos.

6.3.1. Descripción de la instalación actual.

Actualmente, hay presentes tres molinos distintos para realizar la molienda del producto. Uno de estos molinos ya cuenta con un variador de frecuencia y se ha comparado su consumo energético con el que no lo tiene y que es de la misma potencia instalada viéndose un ahorro importante en relación al consumo energético.

El molino actual con variador de frecuencia tiene una potencia instalada de 164 kW mientras que los que no disponen del mismo cuentan con una potencia instalada de 164 kW y 111 kW. Estos dos últimos molinos trabajan a máxima potencia cuando su potencia es demandada sin regular.

6.3.2. Descripción de la mejora a implementar.

Por consiguiente, se propone la instalación de variadores de frecuencia. Con ellos se conseguirá reducir aproximadamente el consumo energético entre un 13-15 %. Al modificar la frecuencia de entrada al equipo haciendo variar la velocidad de giro del molino, este se adecuará a las necesidades energéticas en función del tipo de producto y tipo de grano a conseguir, haciendo así que la potencia pueda ir adaptándose para no encontrarse siempre a plena potencia. Se plantea pues la instalación de un variador de frecuencia tal y como el actual que se hay instalado en el molino 3, el Power Electronics SD700.



Figura 6.3.1

6.3.3. Análisis de la instalación.

En la tabla siguiente se pueden ver los consumos actuales de los molinos y los que se obtendrán tras aplicar los variadores de frecuencia en los dos molinos que no contaban con ellos. Gracias a la comparación del molino de 164kW que contaba con variador con el que no tenía podemos determinar que el ahorro que este proporciona ronda el 15% del consumo.

COMPARATIVA DE CONSUMO AL INSTALAR LOS VARIADORES DE FRECUENCIA EN LOS MOLINOS			
Equipo	Consumo sin variador (kWh)	Consumo con variador (kWh)	Ahorro (kWh)
Molino de 164kW	432.224,70	367.390,995	64.833,71
Molino de 111Kw	196.164,39	166.739,7315	29.424,66
Total	628.389,09	534.130,73	94.258,36

Tabla 6.3.1

Como se observa en la tabla, vemos que el hecho de instalar variadores de frecuencia ocasiona un ahorro de 64.833,71 kWh en el caso del molino de 164kW y de 29.424,66 kWh en el caso del molino de 111kW. De esta manera el ahorro total en conjunto de los dos molinos ascendería a 94.258,36kWh.

6.3.4. Análisis económico.

ANÁLISIS ECONÓMICO			
Instalación	Consumo anual (kWh)	Emisiones de CO2 (tCO2)	Coste económico (€/año)
Actual	628.389,09	219,94	40.216,90
Propuesta	534.130,73	186,95	34.184,37
Ahorro	94.258,36	32,99	6.032,54

Tabla 6.3.2

Conclusión

De acuerdo al análisis económico podemos determinar que la instalación de variadores de frecuencia en el resto de molinos conllevaría un ahorro anual de 94.258,36kWh, que al año ascendería a un ahorro de 6.032,54€.

La compra e instalación de ambos variadores de frecuencia tendría un valor aproximado de inversión de 19.250,00€. De esta manera podríamos determinar también el plazo de amortización, que sería de 3,19 años.

6.4. Instalación de variadores de frecuencia en las granuladoras.

6.4.1. Descripción de la instalación actual.

Como se ha visto en apartados anteriores, durante el proceso de granulación se aplica un flujo constante de vapor de agua a una presión de 7 bares, de manera que actúa como una olla a presión

cociendo el producto. Este proceso de granulación depende más del tiempo que de la potencia de la maquinaria, es decir, que no por tener maquinaria de mayor potencia el proceso será más rápido, sino que el factor limitante en este caso es el tiempo de cocción. Las granuladoras no tienen medida de control en lo referente a la potencia utilizada, de manera que o funcionan a plena potencia o están apagadas. Hay ocasiones en las que las granuladoras no se encuentran a plena carga sino a carga parcial pero aun así se sigue aplicando el 100% de la potencia sin ser necesaria, produciéndose un malgasto energético.

6.4.2. Descripción de la mejora a implementar.

De igual modo que en el apartado anterior se propone instalar variadores de frecuencia en cada granuladora para poder controlar la potencia que esta utiliza en cada caso, con el fin de reducir la potencia usada en casos de carga parcial. El dispositivo a instalar en cada granuladora es el Power Electronics SD700, con el que, como se ha visto en el punto anterior, podremos ahorrar entre un 13%-15% del consumo eléctrico.

6.4.3. Análisis de la instalación.

COMPARATIVA DE CONSUMO AL INSTALAR VARIADORES DE FRECUENCIA EN LAS GRANULADORAS			
Equipo	Consumo sin variador (kWh)	Consumo con variador (kWh)	Ahorro (kWh)
Granuladora 200kW	797.735,18	678.074,903	119.660,28
Granuladora 164kW	620.070,24	527.059,704	93.010,54
Granuladora 75kW	178.170,07	151.444,5595	26.725,51
Total	1.595.975,49	1.356.579,17	239.396,32

Tabla 6.4.1

A la vista de la tabla podemos concluir que podremos ahorrar aproximadamente 240kWh anuales con la instalación de los variadores de frecuencia en las granuladoras.

6.4.4. Análisis económico.

ANÁLISIS ECONÓMICO			
Instalación	Consumo anual (kWh)	Emisiones de CO2 (tCO2)	Coste económico (€/año)
Actual	1.595.975,49	558,59	102.142,43
Propuesta	1.356.579,17	474,80	86.821,07
Ahorro	239.396,32	83,79	15.321,36

Tabla 6.4.2

Conclusión

De acuerdo con la gráfica concluimos que la instalación de variadores de frecuencia en las granuladoras conllevará un ahorro eléctrico de 239.396,32kWh, que equivalen a 15.321,36€/año de ahorro económico.

El precio de cada variador es de aproximadamente 9.600€, de manera que el total de los tres variadores a instalar haría que el total de la inversión ascendiera a 28.800€. Teniendo en cuenta tanto la inversión como el ahorro económico anual también podemos determinar el tiempo de retorno de la inversión, que en este caso rondaría los 1,88 años.

6.5. Sustitución de las carretillas de gasoil por carretillas eléctricas.

6.5.1. Descripción de la instalación actual.

Actualmente la fábrica cuenta con tres carretillas de gasoil del modelo GPD/GLP20-35VX de la marca YALE de 3.500kg de capacidad de carga. Dos de estas carretillas son del año 2000 y otra es del 2017 de manera que haciendo la media de consumos entre las tres podemos determinar que hay un consumo medio de 3,3 l/h por carretilla.

Las carretillas trabajan aproximadamente 3h al día durante 332 días al año, lo que hace un total de 996 horas de trabajo al año. De esta manera determinamos que el gasto de gasoil anual por carretilla es de 3.286,8 l/año. Entre las tres asciende a 9.860,4 litros al año.

En la siguiente tabla se muestra todo lo mencionado de una manera más clara:

EQUIPO ACTUAL DE CARRETILLAS			
Horas de trabajo anuales	Consumo por carretilla (l/h)	Consumo anual por carretilla (l/año)	Consumo total anual (l/año)
996	3,3	3.286,8	9.860,4

Tabla 6.5.1

Teniendo en cuenta que cada litro de gasoil produce 8.800kcal y que cada kcal es igual a 0,0012kWh, podemos concluir que las carretillas tienen un consumo energético anual total de 100.915,28kWh.

6.5.2. Descripción de la mejora a implementar.

Como mejora se propone cambiar las tres carretillas de gasoil por otras eléctricas, ya que estas tienen un consumo menor y necesitan menos mantenimiento, reduciendo así el gasto anual para la empresa.



Figura 6.5.1

El modelo de nuevas carretillas que se propone es el Traigo 80V de Toyota, concretamente el modelo de 3.000kg-3.500kg de capacidad de carga. Este modelo tiene un consumo de 20kW, que multiplicado por las 996 horas de trabajo al año hacen un total de 19.920kWh por carretilla al año y un total de 59.760kWh/año.

EQUIPO PROPUESTO DE CARRETILLAS			
Horas de trabajo anuales	Consumo por carretilla (kW)	Consumo anual por carretilla (kWh/año)	Consumo total anual (kWh/año)
996	20	19.920	59.760

Tabla 6.5.2

6.5.3. Análisis económico.

Para hacer los cálculos del coste del gasoil hemos utilizado el precio medio del mismo durante el año 2020, que fue de 1,186€/l. De igual modo, hemos utilizado un coste de 0,06€/kWh.

La información referente al análisis económico del cambio de las carretillas se muestra en la siguiente tabla:

ANÁLISIS ECONÓMICO					
Equipo	Consumo energético (kWh/año)	Consumo de gasoil (l/año)	Coste económico (€/año)	Emisiones de CO2 (tCO2/año)	Coste de la inversión
Carretillas actuales	100.915,28	9.860,4	11.694,43	27,470	-
Carretillas propuestas	59.760	-	3.585,60	20,916	94.500 €
Ahorro	41.155,28	-	8.108,83	6,554	-

Tabla 6.5.3

Como puede verse, el cambiar las carretillas proporciona alrededor de un 40,8% de ahorro energético, ya que se pasa de consumir 100.915,28kWh a 59.760kWh y en torno a un 70% de ahorro económico. Con respecto al tema de emisiones de CO2, pasaríamos de estar emitiendo 27.468,1kgCO2 con las carretillas actuales a 20.916 kgCO2, lo que supone emitir 6,554tCO2 menos.

El precio de cada carretilla es de 31.500€ por lo que la sustitución de las mismas conllevaría una inversión total de 94.500€. En este presupuesto de inversión no se han contemplado gastos extra de mantenimiento de las carretillas ya que el fabricante asegura que no es necesario. Este proyecto tendría un plazo de amortización aproximado de 11,65 años.

7. Conclusión.

Tras implementar las medidas oportunas comentadas en puntos anteriores presuponemos un ahorro energético, tanto en lo referente al consumo eléctrico, como al de gasoil, de fuel y de biomasa. En las siguientes tablas se detallan todos los ahorros implementados:

AHORRO CONSUMO ELÉCTRICO				
Operación	Ahorro energético (kWh)	Ahorro emisiones CO2 (tCO2)	Ahorro económico (€/año)	Coste de inversión (€)
Sustitución de los compresores	44.980	15,7	3.598,40	31.500
Instalación de variadores de frecuencia en los molinos	94.258,36	32,99	6.032,54	19.250
Instalación de variadores de frecuencia en las granuladoras	239.396,32	83,79	15.321,36	28.800
Medidas de concienciación	17.307,63	6,027	1.107,68	-
Total	395.942,31	138,51	26.059,98	79.550,00

Tabla 7.1.1

AHORRO CONSUMO GASOIL				
Operación	Ahorro energético (kWh)	Ahorro emisiones CO2 (tCO2)	Ahorro económico (€/año)	Coste de inversión (€)
Sustitución de las carretillas por carretillas eléctricas	41.155,28	6,554	8108,83	94.500
Total	41.155,28	6,554	8.108,83	94.500

Tabla 7.1.2

AHORRO CONSUMO FUEL-OIL				
Operación	Ahorro energético (kWh)	Ahorro emisiones CO2 (tCO2)	Ahorro económico (€/año)	Coste de inversión (€)
Aplicación de aislamiento a las tuberías de vapor	151.791,50	37,92	8.576,22	13.889
Total	151.791,50	37,92	8.576,22	13.889

Tabla 7.1.3

AHORRO CONSUMO BIOMASA				
Operación	Ahorro energético (kWh)	Ahorro emisiones CO2 (tCO2)	Ahorro económico (€/año)	Coste de inversión (€)
Sustitución del combustible utilizado	-	31,20	7.571,00	-
Total	-	31,20	7.571,00	-

Tabla 7.1.4

AHORRO TOTAL				
Operación	Ahorro energético (kWh)	Ahorro emisiones CO2 (tCO2)	Ahorro económico (€/año)	Coste de inversión (€)
Ahorro consumo eléctrico	395.942,31	138,51	26.059,98	79.550
Ahorro consumo fuel-oil	151.791,50	37,92	8.576,22	13.889
Ahorro consumo gasoil	41.155,28	6,554	8.108,83	94.500
Ahorro consumo biomasa	0	31,20	7.571,00	0
TOTAL	588.889,09	214,18	50.316,00	187.939

Tabla 7.1.5

Existe un ahorro energético de 395.942,31kWh en lo referente al consumo eléctrico, 151.791,50kWh de fuel y de 41.155,28kWh asociado al consumo de gasoil por parte de las carretillas.

En la tabla 7.1.5 se observa un ahorro energético total de 588.889,09kWh que conlleva una reducción de 214,18 toneladas de CO2 emitidas y a un ahorro económico de 50.316,00€/año. Sin embargo, todas estas medidas conllevarían una inversión aproximada de 187.939€.

Ahorro energético total de la instalación (kWh)

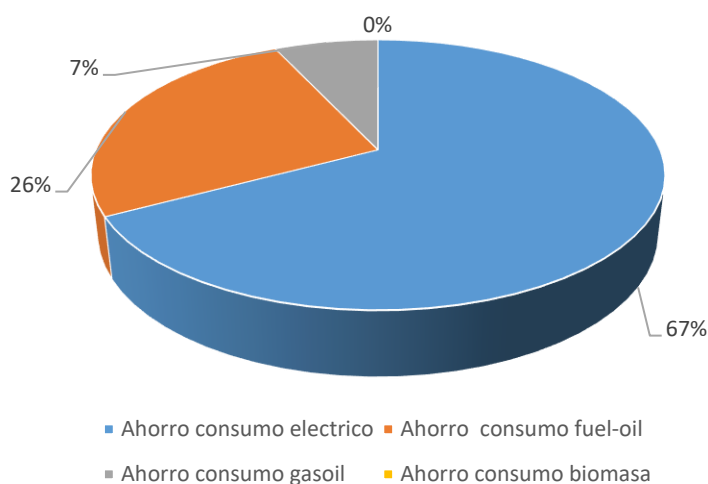


Figura 7.1.1

Tal y como se observa en el gráfico de la figura 7.1.1, casi la mayoría del ahorro energético de la fábrica, el 67% del total concretamente, corresponde al ahorro eléctrico. Esto se debe principalmente a la instalación de variadores de frecuencia tanto en los dos molinos carentes de ellos como en las tres granuladoras, ya que esta maquinaria es la principal consumidora de electricidad de la instalación.

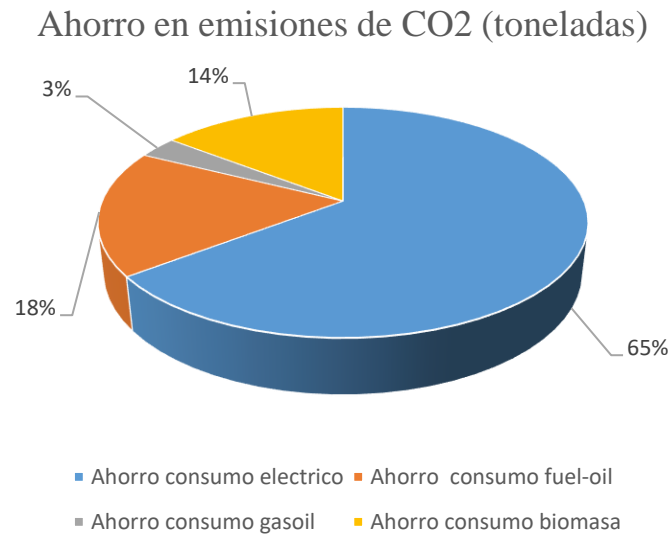


Figura 7.1.1

En cuanto al ahorro en emisiones de CO2 observamos que, al igual que en el ahorro energético, la mayor parte corresponde a la parte de los consumidores eléctricos. Otro punto a destacar es la sustitución del combustible de la caldera de biomasa, que, pese a no suponer un ahorro energético, supone un ahorro importante de emisiones de CO2 (31,2 toneladas).

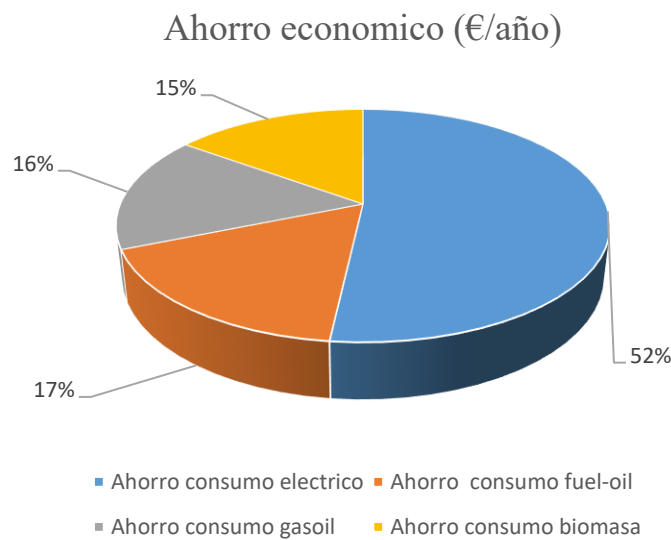


Figura 7.1.1

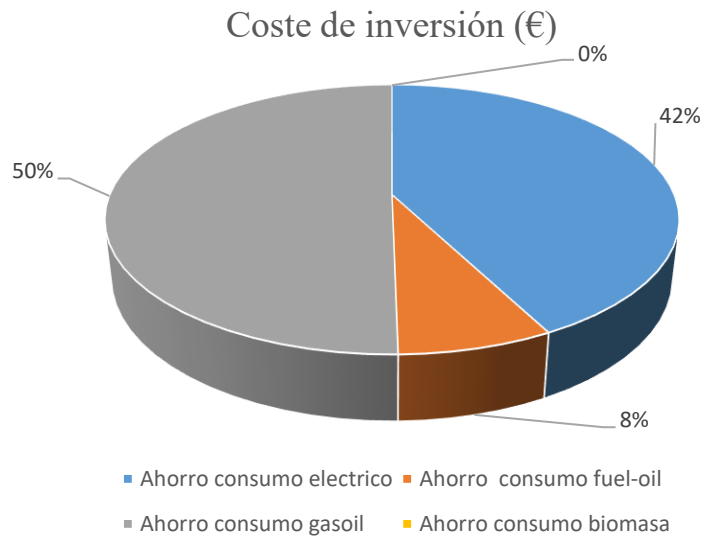


Figura 7.1.1

Tras el análisis de los datos se observa que las medidas propuestas para el ahorro de gasoil ocupan un 50% del presupuesto total de inversión para acabar consiguiendo un ahorro energético del 7% del total. En el caso de las medidas propuestas para el ahorro del consumo eléctrico, encontramos un presupuesto del 42% del total para un ahorro del 67% de la energía total. Esto quiere decir que es mucho más eficiente invertir en medidas de ahorro energético en consumidores eléctricos que en consumidores de gasoil.

8. Presupuesto

Este presupuesto está formado por las horas dedicadas al proyecto y por la maquinaria y materiales que conforman las medidas de ahorro.

Tiempo empleado:

Fases	Objetivos	Tiempo empleado (h)
Recogida y análisis de datos	Recogida de los datos de las distintas maquina que intervienen en el proceso	20
	Interpretación de los datos obtenidos	17
	Representación de los datos obtenidos	4
Propuesta de medidas de mejora	Proposición de medidas de ahorro	12
	Estudio de la viabilidad de las medidas de ahorro	30
	Cálculo de la rentabilidad energética de las medidas de ahorro	25
Informe del proyecto	Redacción del proyecto, así como de la presentación de este	13
Total	-	121

Tabla 8.1 tabla del tiempo empleado en el proyecto.

El total de horas trabajadas asciende a 104. Teniendo en cuenta que el salario de los “Diplomados y Titulares de 1º ciclo universitario” es de 20.424,25€ al año (durante el año 2020) y que la jornada de trabajo anual es de 1792 horas, tenemos que el salario por el desarrollo del proyecto es de aproximadamente 1.379,10€.

En cuanto al software utilizado, este es Microsoft 365, el cual tiene un coste anual de suscripción de 10,50€ al mes. Habiendo empleado 121 horas en total tenemos 1 mes de suscripción de trabajo a esta plataforma, de manera que el coste del software es de 10,50€.

Por último, en lo que se refiere a la maquinaria, se ha elaborado una tabla tanto los costes unitarios de cada una como con los costes totales:

Maquinaria	Cantidad (Unidades)	Coste Unitario	Coste total
Compresor Worthington RLR75V	1	31.500,00 €	31.500,00 €
Aislante Camisas de lana de roca	17	817,00 €	13.889,00 €
Variadores de frecuencia Power Electronics SD700.	5	9.600,00 €	48.000,00 €
Carretillas Toyota Traigo 80V	3	31.500,00 €	94.500,00 €
Total	-	-	187.889,00 €

Tabla 8.2 tabla de los costes originados por la compra de la nueva maquinaria.

Contando todo esto estimamos que la suma de los costes directos asciende a 189.278,6€.

Costes directos	
Tipo	Coste
Salario	1.379,10 €
Software	10,50 €
Maquinaria	187.889,00 €
Total	189.278,60 €

Tabla 8.3 tabla de costes directos.

Asumiendo unos costes indirectos de un 6% tendríamos un coste adicional de 11.356,71€. De igual manera asumimos un 6% como beneficio industrial, lo cual hace 12.038,12€.

De esta manera y teniendo en cuenta un IVA de un 21% tendríamos el presupuesto final en la siguiente tabla:

Presupuesto final	
Costes directos	189.278,60 €
Costes indirectos	11.356,71 €
Beneficio industrial	12.038,12 €
IVA	44.661,42 €
TOTAL	257.334,85 €

Tabla 8.4 tabla del presupuesto final del proyecto.

A la vista de la gráfica se puede ver que el presupuesto total del proyecto ascendería a los 257.334,85€

9. Bibliografía.

1. Calculadora de emisiones de CO₂, gobierno de España:
<https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/pag-web/gestion-ambiental/calculadora-emisiones.aspx>
2. Precio de la cáscara de almendra: <https://biomassenergetic.com/es/producto/525-kg-de-cascara-de-almendra-35-sacos-de-15-kg-u/>
3. Compresor Worthington RLR75V <https://www.worthington-creyssensac.com/es/products/screw-compressors/screw-compressors-variable-speed/rollair-40v-150ev>
4. Apuntes de la asignatura “Transmisión del calor” del Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales curso 2018-19, Apuntes Políformat, Universitat Politècnica de València.
5. Camisas aislantes de Spirax Sarco: <https://www.spiraxsarco.com/global/es-ES/products/steam-traps/manifolds-and-insulation-jackets>
6. Variador de frecuencia Power Electronics SD700:
<https://powerelectronics.com/es/productos/productos-industrial/sd700/>
7. Localización de la empresa a través de Google Maps:
<https://www.google.es/maps/place/Piensos+Alia/@37.70561,-1.6205087,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0xd64e93624e88d55:0xc484f922930165c6!8m2!3d37.70561!4d-1.61832?hl=es>
8. Carretillas Toyota Taigo 80V: <https://toyota-forklifts.es/carretillas-elevadoras-toyota/contrapesadas-electricas/80v-alto-tonelaje/toyota-traigo-80-4-wheel-6t-118a947d/>
9. Precio fuel oil durante el año 2020: <https://datosmacro.expansion.com/energia/precios-gasolina-diesel-calefaccion/espana>
10. Ministerio de trabajo, migraciones y seguridad social 2019, XIX Convenio colectivo del sector de empresas de ingeniería y oficinas de estudios de estudios técnicos, Gobierno de España:
https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2019-14977
11. Precio del software de office 365: https://www.microsoft.com/es-es/microsoft-365/business/compare-all-microsoft-365-business-products-b?&ef_id=CjwKCAjw7fuJBhBdEiwA2ILMYXPBFvmrUml2pgZhv_5QeqBgbcFzahQTWg8K_5m__HajpMgdFEM5HBoC6PYQAvD_BwE:G:s&OCID=AID2200006_SEM_CjwKCAjw7fuJBhBdEiwA2ILMYXPBFvmrUml2pgZhv_5QeqBgbcFzahQTWg8K_5m__HajpMgdFEM5HBoC6PYQAvD_BwE:G:s&lnkd=Google_O365SMB_Brand&gclid=CjwKCAjw7fuJBhBdEiwA2ILMYXPBFvmrUml2pgZhv_5QeqBgbcFzahQTWg8K_5m__HajpMgdFEM5HBoC6PYQAvD_BwE