

**Universidad Pública de Navarra**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIEROS AGRONOMOS**

*Nafarroako Unibertsitate Publikoa*

*NEKAZARITZAKO INGENIARIEN  
GOI MAILAKO ESKOLA  
TEKNIKOA*

**“EVALUACIÓN DE LOS CONSUMOS ENERGÉTICOS Y DE AGUA  
EN UNA LÍNEA DE PROCESADO DE TOMATE”**

.....

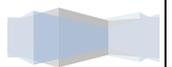
presentado por

Fernando Zulategui Beñarán *(e)k*

*aurkeztua*

GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL  
Mención en Industrias Agroalimentarias

*GRADUA NEKAZARITZAKO ELIKAGAIEN ETA LANDA INGURUNEAREN  
INGENIARITZAN*



## ABSTRACT

---

Due to Navarre's Food Industries Sector's dimensions and importance and to the origin of their processing operations, this sector is responsible for a remarkable proportion of annual energetic and water consumptions within the community.

In an efficient energy use context within Food Industries sector, the following project has been developed. It consists of the evaluation of energetic and water consumptions from tomatoes processing operations of Riberega's cooperative factory in Castejón. Besides, it has been included the proposal of some measures in order to save inputs at the most critical points of the transformation process.

Through this project it will be obtained a proper awareness of the consumptions' profile of the facility, identifying and assessing the possibilities of energetic and water savings from a technical and economic point of view.

**Key words:** Food Industries, Energy, Water, Consumption, Efficient energy use, Savings, Food processing.

## RESUMEN

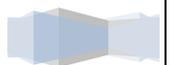
---

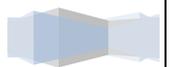
Debido al volumen e importancia socioeconómica del sector agroalimentario presente en Navarra y a la naturaleza de las operaciones de procesado desarrolladas en las industrias del sector, éste es responsable de un gran porcentaje de los consumos energéticos y de agua anuales de la comunidad.

En un contexto de eficiencia energética y necesidad de ahorro en el sector agroindustrial, se ha desarrollado el siguiente proyecto. Éste consiste en la evaluación de los consumos energéticos y de agua originarios del proceso de conserva de tomate de la planta de Castejón de la Sociedad Cooperativa Riberega. Además, a partir de esta evaluación de consumos se ha incluido la propuesta de ciertas medidas que fomentan el ahorro de consumos en los puntos más críticos de estas operaciones de procesado.

Gracias a este proyecto se obtendrá un conocimiento adecuado del perfil de los consumos de la instalación, identificando y valorando las posibilidades de ahorro de energía desde el punto de vista técnico y económico.

**Palabras clave:** Sector Agroalimentario, Consumo energético, Agua, Eficiencia energética, Ahorro, Operaciones de procesado.





## ÍNDICE GENERAL

---

<b>Abstract / Resumen</b> .....	<b>3</b>
<b>Índice General</b> .....	<b>5</b>
<b>Índice de Tablas</b> .....	<b>6</b>
<b>Índice de Figuras</b> .....	<b>7</b>
<b>1. CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS</b>	
1.1 Descripción del problema.....	10
1.2 Situación inicial.....	10
1.3 Justificación del trabajo.....	13
1.4 Objetivos del estudio.....	16
<b>2. CAPÍTULO 2: MATERIALES Y MÉTODOS</b>	
2.1 Instalaciones y Tecnología de proceso.....	17
2.1.1 Línea de tomate entero pelado.....	17
2.1.1.1 Descripción de fases de tomate entero y troceado.....	17
2.1.1.2 Equipos e Instalaciones de Línea Entero.....	21
2.1.2 Línea de tomate triturado y salsas.....	25
2.1.2.1 Descripción de fases de tomate triturado y salsas.....	25
2.1.2.2 Equipos e Instalaciones de Línea Triturado.....	28
2.2 Métodos de Análisis.....	40
2.2.1 Métodos de análisis eléctrico.....	41
2.2.2 Métodos de análisis térmico.....	42
2.2.3 Métodos de análisis hídrico.....	42
<b>3. CAPÍTULO 3: RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	
3.1 Evolución anual de consumos.....	43
3.2 Consumos por tipo de fuente.....	45
3.2.1 Evaluaciones energéticas.....	45
3.2.1.A) Evaluación de energía eléctrica.....	45
3.2.1. B) Evaluación de energía térmica.....	61
3.2.2 Evaluación Hídrica.....	74
3.3 Importe por tipo de fuente.....	80
3.4 Propuesta de posibles medidas de ahorro.....	81
<b>4. CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES</b> .....	<b>87</b>
<b>5. CAPÍTULO 5: BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>90</b>
<b>6. CAPÍTULO 6: ANEXOS</b> .....	<b>94</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla 1: Resumen de la actividad durante la campaña de tomate 2015.....	12
Tabla 2: Proporciones de formatos fabricados durante la campaña de tomate 2015.....	12
Tabla 3: Cantidades de materia prima bruta procesada como entero, triturado y fracción de desecho durante la campaña 2015.....	36
Tabla 4: Cantidades de materia prima neta fabricada como entero y triturado durante la campaña 2015.....	37
Tabla 5: Naturaleza de los consumos de las etapas comunes a ambas líneas.....	40
Tabla 6: Naturaleza de los consumos de la línea de tomate entero.....	40
Tabla 7: Naturaleza de los consumos de la línea de tomate triturado y salsas.....	41
Tabla 8: Recopilación de potencias de las etapas comunes a ambas líneas.....	47
Tabla 9: Recopilación de potencias por etapa del proceso de tomate entero y troceado.....	51
Tabla 10: Recopilación de potencias por etapa del proceso de tomate triturado y salsas.....	52
Tabla 11: Recopilación de potencias por etapa de los sistemas auxiliares.....	53
Tabla 12: Resumen de la potencia y consumo eléctrico estimado de la instalación.....	60
Tabla 13: Consumos de vapor de los intercambiadores de calor.....	70
Tabla 14: Consumos de vapor de los distintos equipos.....	71
Tabla 15: Consumo de agua por etapa durante la campaña 2015 .....	79
Tabla 16: Consumo total por tipo de fuente.....	80
Tabla 17: Precio unitario por tipo de fuente durante la campaña 2015.....	80
Tabla 18: Valores de consumos registrados y estimados y diferencia porcentual.....	87
Tabla 19: Tabla resumen de la evaluación de consumos horarios de energía y de agua por etapa.....	90
Tabla 20: Tabla resumen de las posibles medidas de mejora.....	90



## ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 1: Ortofoto de la parcela 43 del polígono 1 de Castejón.....	11
Figura 2: Ortofoto de la parcela 10 del polígono 11 de Alfaro.....	11
Figura 3: Distribución del empleo industrial según agrupación sectorial 2013.....	13
Figura 4: Tasa de cobertura por comunidad autónoma en 2013.....	14
Figura 5: Mapa con tasas de cobertura por comunidad autónoma en 2013.....	14
Figura 6: Gráfico de consumos finales de energía por sectores en Navarra.....	15
Figura 7: Gráfico de consumos relativos de energía por subsectores agroalimentarios en Navarra.....	16
Figura 8: Diagrama de flujo de elaboración de tomate entero pelado y troceado.....	18
Figura 9: Peladora termofísica.....	22
Figura 10: Esterilizador GB-X270 para latas de 1 kg.....	23
Figura 11: Esterilizador GB-X175 para latas de 3 y 5 kg.....	23
Figura 12: Esterilizador ST-RA 15-30 para latas de ½ kg.....	24
Figura 13: Zona de enfriamiento del Esterilizador ST-RA 15-30 .....	24
Figura 14: Diagrama de flujo del proceso de elaboración de tomate triturado y salsas.....	25
Figura 15: Intercambiadores de calor números 1 y 2.....	29
Figura 16: Intercambiador de calor de carcasa y tubos número 3.....	30
Figura 17: Intercambiador de calor número 4.....	31
Figura 18: Intercambiadores de calor de la zona de composición.....	32
Figura 19: Intercambiadores de calor de la zona de llenado en caliente.....	34
Figura 20: Sistema Evaporador de doble efecto.....	35

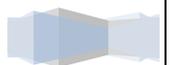


Figura 21: Cubos de composición del zumo de tomate.....	36
Figura 22: Depósito pulmón del zumo de tomate.....	36
Figura 23: Cubos de composición de tomate triturado.....	37
Figura 24: Balsas de composición de tomate frito.....	38
Figura 25: Cubos de composición de tomaca.....	38
Figura 26: Evolución anual del consumo energético durante el año 2015.....	39
Figura 27: Evolución anual del consumo de agua durante los trimestres del año 2015.....	39
Figura 28: Distribución de la potencia total en cada línea de procesado.....	43
Figura 29: Distribución de la potencia por etapas en línea de tomate entero.....	44
Figura 30: Distribución de la potencia por etapas en línea de tomate triturado.....	54
Figura 31: Distribución de la potencia por etapas en los Sistemas Auxiliares.....	55
Figura 32: Distribución de la potencia por equipos de líneas comunes.....	55
Figura 33: Distribución de la potencia por etapas en línea de tomate pelado y troceado.....	56
Figura 34: Distribución de la potencia por equipos de la línea de tomate pelado y troceado.....	57
Figura 35: Distribución de la potencia por etapas de la línea de triturado y salsas.....	58
Figura 36: Distribución de la potencia por equipos de la línea de triturado y salsas.....	58
Figura 37: Distribución de la potencia de los sistemas auxiliares.....	59
Figura 38: Consumos de vapor por campaña de los distintos equipos.....	71
Figura 39: Distribución del porcentaje de consumos de agua por etapa durante la campaña 2015.....	79
Figura 40: Distribución del porcentaje de consumos de agua por etapa durante la campaña 2015.....	81
Figura 41: Distribución consumo energético durante la campaña del año 2015 .....	81
Figura 42: Distribución del importe energético durante la campaña del año 2015.....	81



Figura 43: Esquema de un enfriador de tecnología evaporativa para el aire de entrada.....84

Figura 44: Sistema de reutilización del calor generado en los compresores.....86



# 1. CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

---

## 1.1. Descripción del problema

---

En un contexto de necesidad de ahorro en el sector agroindustrial, se ha desarrollado el siguiente proyecto en la planta de Castejón de la empresa “Riberega Sociedad Cooperativa”.

Esta empresa de tipo conservera, también conocidas como de 2ª gama, se dedica al procesado de tomate y alcachofa, siendo el primero el producto líder de la empresa. Este procesado abarca todas las operaciones realizadas desde la recepción del alimento fresco hasta la expedición del producto envasado listo para su comercialización. Estas operaciones incluyen el lavado, el pelado y/o cortado, el envasado y alguna clase de tratamiento térmico entre otras, además de la identificación y paletizado del producto final.

A lo largo de todas estas operaciones, cuya finalidad es obtener un alimento con una vida útil prolongada, el consumo de energía, tanto eléctrica como térmica es considerablemente elevado, así como el consumo de agua aunque en menor medida. Sin embargo, a pesar de que los consumos son elevados, la empresa en cuestión no dispone de ninguna evaluación de éstos a nivel de etapa del proceso. Esto tiene como consecuencia el desconocimiento de los puntos del proceso donde más energía y agua son consumidas y lo que es más importante, las fases del procesado donde más posibilidades de ahorro existen. Es por ello por lo que se ha visto necesaria la realización de una evaluación de consumos eléctricos, térmicos y de agua para las distintas etapas que tienen lugar a lo largo de la línea de procesado de tomate.

## 1.2. Situación Inicial

---

El proyecto ha sido realizado en “Riberega Sociedad Cooperativa” una empresa cooperativa perteneciente al Grupo AN, dedicada a la elaboración de conservas de verduras. La fábrica de la empresa está situada en dos parcelas colindantes de la muga entre Navarra y La Rioja. Una de ellas pertenece al municipio navarro de Castejón mientras que la segunda forma parte del municipio riojano de Alfaro. La parcela de Navarra se trata de la número 43 del polígono 1 del municipio de Castejón, situada en el km 77 de la carretera nacional 113.

Posee una superficie catastral de 1,91 Ha de las cuales 1,50 Ha pertenecen a edificaciones mientras que el resto lo componen pastos arbustivos. Las edificaciones se componen de naves donde se sitúan parte de las instalaciones de procesado, oficinas de trabajo, párquines y el patio de recepción de la materia prima. La siguiente imagen muestra la parcela de Navarra. El área B es la destinada a edificación.

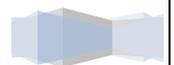




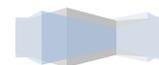
Figura 1 – Ortofoto de la parcela 43 del polígono 1 de Castejón. (Fuente: SITNA)

Por otro lado, la parcela de La Rioja corresponde a la número 10 del polígono 11 del municipio de Alfaro. Posee una superficie de 5,19 Ha de las cuales 2,69 están edificadas. El área edificada posee el resto de zonas de instalación de procesado, formada por diferentes naves. La siguiente imagen muestra esta segunda parcela. El contorno azul delimita la parcela mientras que el amarillo la zona edificada:



Figura 2 – Ortofoto de la parcela 10 del polígono 11 de Alfaro. (Fuente: IdeRioja)

Como se ha mencionado previamente, la industria se trata de una conservera, dedicada a la transformación de verduras siendo el tomate enlatado el producto líder de la empresa, tanto en formato entero pelado como triturado, frito o en salsa.



Además de éste, se produce alcachofa envasada. La empresa trabaja con producto fresco de temporada, por lo que a lo largo del año la producción no es constante. Durante los meses de Agosto, Septiembre y Octubre tras la recolecta del tomate, la producción de Riberega se centra en su producto principal, mientras que la alcachofa es elaborada en temporadas diferentes, dependiendo de la producción del año en cuestión. Debido a la mayor importancia y repercusión del tomate en la empresa, el proyecto se basará únicamente en el estudio del procesado de éste y no del producto secundario que es la alcachofa.

La campaña de tomate del pasado año 2015 comprendió los días entre el 4 de Agosto y el 29 de Octubre, con un total de 85 días de trabajo, de los cuales 14 no se fueron laborables por festividades. Cada jornada constó de 24 horas de trabajo divididas en 3 turnos de 8 horas, lo que hace un total de 1.704 horas de trabajo durante la campaña. A lo largo de este tiempo, el total de kilogramos de materia prima procesada ascendió a 32.169.307. Por lo tanto, se procesó alrededor de una media de 18.880 kg de tomate fresco por hora durante todos los días de campaña. La siguiente tabla recoge estos valores:

Días de campaña trabajados	Horas/jornada	Horas totales	kg de M.P procesada	kg M.P/hora
71	24	1.704	32.169.307	18.880

Tabla 1 – Tabla resumen de actividad durante la campaña de tomate 2015

A partir de este total de materia prima procesada, durante la campaña de tomate 2015 se fabricó las siguientes proporciones de distintos formatos de producto final:

Formato	kg neto	%
Pelado Entero	10.378.164,7	37,78
Troceado	8.821.565,6	32,11
Triturado	6.317.116,5	23
Frito	1.054.931,2	3,84
Tomaca	897.680	3,27
Total	27.469.458	100

Tabla 2 – Proporciones de formatos fabricados durante la campaña de tomate 2015

Como se puede apreciar existe una diferencia entre el total de kg fabricados y el total del procesado inicialmente. Esto es debido a distintas pérdidas de producto que se detallarán más adelante en las distintas etapas de procesado.



### 1.3. Justificación del trabajo

En Navarra, el conjunto de sectores agroganaderos y agroalimentarios repercuten muy notablemente en la economía de la comunidad. Estos sectores que abarcan la pesca, la ganadería, la agricultura y la industria agroalimentaria, engloban más de 1.200 negocios y emplean cerca de 25.500 personas, contribuyendo al PIB de la región en un 6,6% y en un 14% al PIB industrial regional. Además, el subsector de la Alimentación y Bebidas en 2013 abarcaba más del 23% de la distribución de empleo dentro del sector industrial de la comunidad, como se puede observar en la siguiente figura:

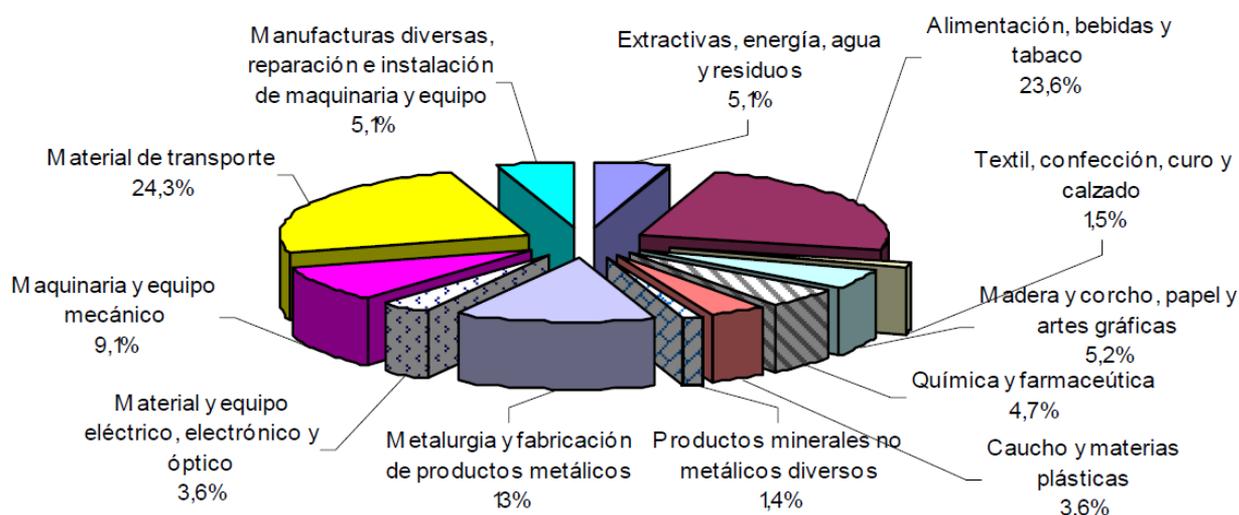


Figura 3 – Distribución del empleo industrial según agrupación sectorial 2013 (Fuente: Diagnóstico del Sector Industrial en Navarra y Propuestas de dinamización)

Además, la Comunidad Foral de Navarra se trata de una ubicación muy interesante estratégicamente para potenciar las inversiones en el sector agroalimentario, debido a su posición geográfica principalmente. Al estar situada en el norte de España, Navarra posee una buena accesibilidad a Francia, además de estar situada en el cruce de los mayores ejes de comunicación del país: El eje París-Madrid-Lisboa y el Bilbao-Barcelona. En una economía tan globalizada como la actual, es de vital importancia promover las exportaciones, tal y como ha realizado y sigue haciendo la Comunidad Foral.

Según el informe de la Dirección Territorial de Comercio en Navarra para el periodo Enero-Diciembre de 2013, la tasa de cobertura en la comunidad superaba el 192%, situándola en cabeza a nivel nacional y muy por encima de la media del país, que rondaba el 94%. Cabe destacar que la tasa de cobertura corresponde al coeficiente entre las exportaciones y las importaciones de un territorio.



En las figuras que se muestran a continuación se pueden apreciar estos valores en comparación con otras comunidades

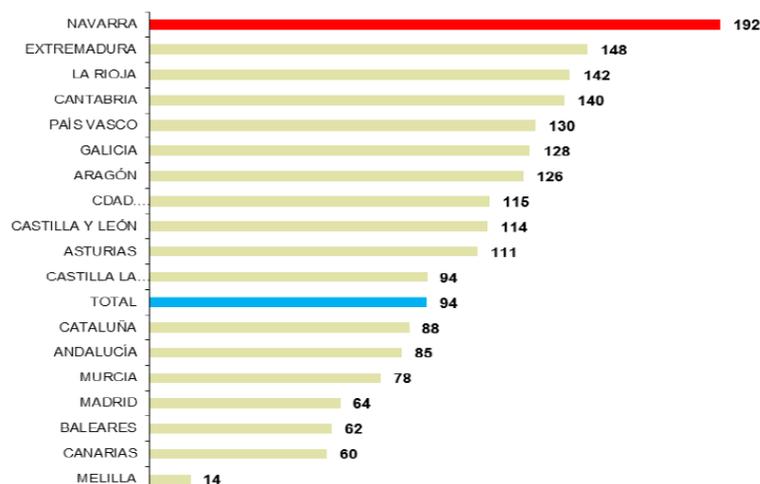


Figura 4 – Tasa de cobertura por comunidad autónoma en 2013 (Fuente: Anuario estadístico de la Comunidad de Madrid 2013)

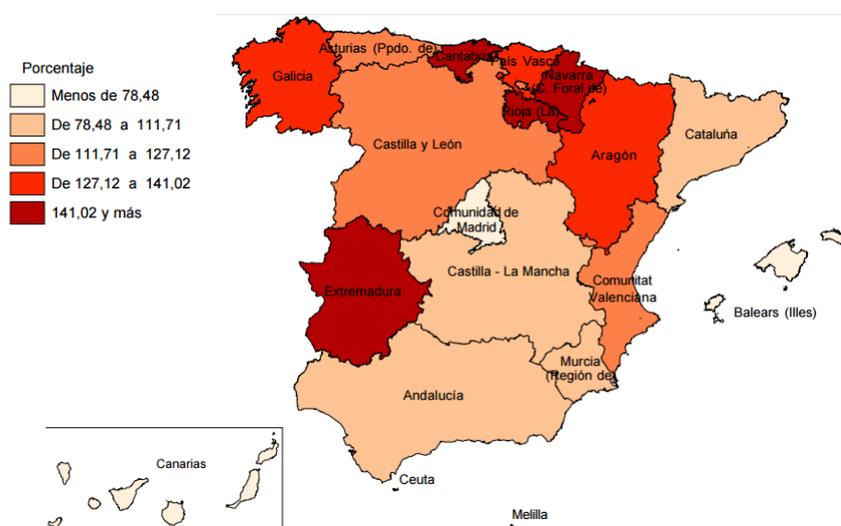
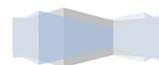


Figura 5 – Mapa con tasas de cobertura por comunidad autónoma en 2013 (Fuente: Anuario estadístico de la Comunidad de Madrid 2013)

Dentro de este marco de las exportaciones, el sector agroalimentario en Navarra juega un papel muy importante.



Este sector destaca particularmente por encima de los demás, con más de 490 millones de euros facturados en exportaciones durante el año 2013, elevando el superávit a valores próximos al 250%.

Vista su indudable importancia y envergadura y teniendo en cuenta la naturaleza de las operaciones de transformación realizadas en sus industrias, no cabe duda de que el sector agroalimentario es responsable de un gran porcentaje del consumo tanto energético como de agua del total anual de la comunidad y del país. En la figura siguiente aparecen reflejados los consumos finales de energía (abarcando eléctrica y térmica principalmente) de cada sector de Navarra para el año 2009:

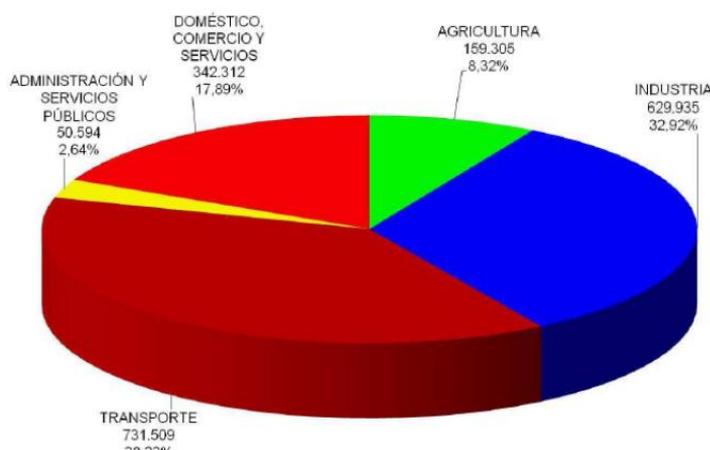


Figura 6 –Gráfico de consumos finales de energía por sectores en Navarra durante el 2009 (Fuente: Plan estratégico de Navarra 2020)

La industria agroalimentaria se encuentra situada en el sector industrial, sin embargo se abastece de la agricultura y al mismo tiempo es dependiente del sector de transporte. Estos tres sectores abarcan casi el 80% del consumo energético de la comunidad por lo que es de vital importancia tener conciencia del peso de estos consumos.

Dentro del sector agroalimentario, existen industrias con diferentes consumos de energía. Aquellas dedicadas a la fabricación de azúcar son las mayores consumidoras energéticas mientras que las industrias dedicadas a la fabricación de licores y vinos son las que menos energía demandan. Las industrias de conservas vegetales, las de interés para el desarrollo del proyecto, ocupan posiciones intermedias en la tabla, como se puede observar en el siguiente gráfico:



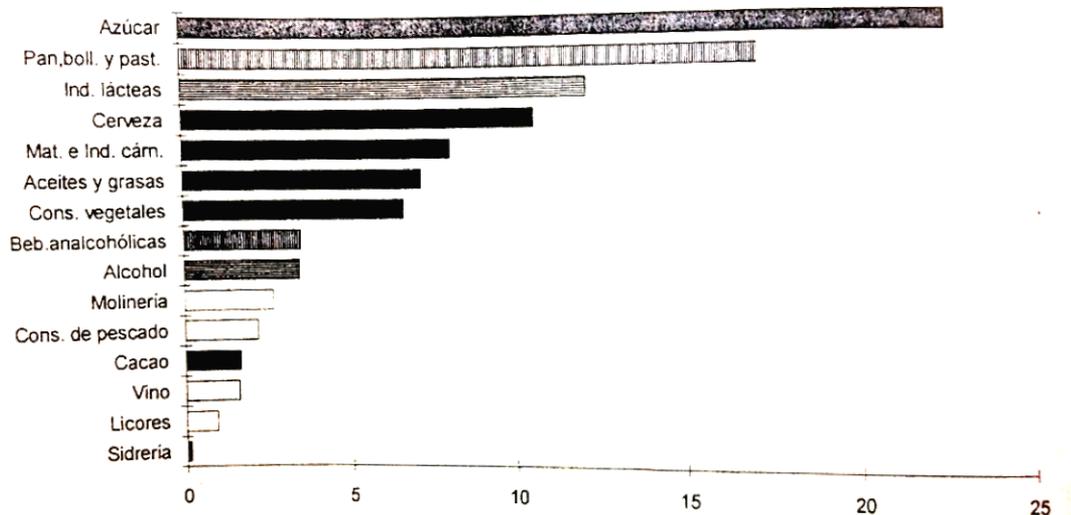


Figura 7 –Gráfico de consumos relativos de energía por subsectores agroalimentarios en Navarra (Fuente: La Gestión de la Energía y el Agua en la Industria Agroalimentaria)

Tras la inclusión de las energías renovables y la reciente concienciación a favor de la sostenibilidad, la eficiencia energética es un aspecto esencial de la estrategia europea para un crecimiento sostenible en el horizonte 2020. Además, constituye una de las formas más rentables para respaldar la seguridad del abastecimiento de energía al mismo tiempo que se consigue reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

La necesidad de ahorro y la mejora de eficiencia energética en el sector agroalimentario es el contexto en el que se basa el proyecto realizado. Éste se centra en la necesidad que existe de conocer a fondo los procesos que realiza la empresa en cuestión, para tener la posibilidad de mejorar la eficiencia energética y de esta manera crecer de forma sostenible.

## 1.4. Objetivos del estudio

El objetivo principal del estudio llevado a cabo es la obtención de una evaluación de consumos energéticos y de agua de la empresa, originarios de la línea de procesado de tomate. Ésta evaluación se presentará tanto de forma general como por etapas, ofreciendo de esta forma una visión tanto global como específica de las fases del proceso donde más consumos se generan.

Además, a partir de la evaluación de consumos se llevará a cabo una propuesta de posibles medidas de ahorro en los puntos más críticos de la línea de procesado. Los ahorros de energía que se puedan alcanzar repercutirán de manera significativa sobre los costes de la empresa, además de contribuir a la disminución de dependencia energética de la economía nacional.



Al mismo tiempo, se conseguirá que la empresa sea más respetuosa con el Medio Ambiente disminuyendo la liberación de gases de efecto invernadero derivados del consumo de energías no renovables.

## 2. CAPÍTULO 2: MATERIALES Y MÉTODOS

---

### 2.1. Instalaciones y Tecnología de proceso

---

En este apartado se describen las instalaciones que posee la empresa para la transformación de tomate, explicando cada una de las etapas que constituyen la tecnología de proceso y plasmándolas en diferentes planos.

3-+En primer lugar, se presentará la línea de tomate entero pelado y troceado y a continuación las etapas involucradas en la preparación de tomate triturado y los distintos tipos de salsas.

#### 2.1.1. Línea de Tomate entero pelado y troceado

---

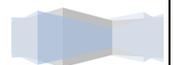
La línea de tomate entero pelado es la principal en la empresa y a la cual iría destinada teóricamente la totalidad de la materia prima recibida. La otra línea de triturado y salsas constituye una vía secundaria de utilización de descartes que no pueden ser incorporados a la línea de entero, aunque como se verá más adelante ésta toma mayor peso del deseado. La línea de tomate entero y troceado recoge todas las operaciones que se realizan desde la entrada del tomate fresco hasta el almacenamiento del tomate entero pelado o troceado envasado en latas.

La línea de tomate entero pelado o troceado aparece representada en los planos de Recepción, Pelado y Envasado y de Esterilización y Paletizado de los Anexos. En los planos están representadas las máquinas que intervienen en el proceso, las cuales poseen una representación de los motores que las ponen en funcionamiento así como de los equipos de consumo de vapor y de agua.

##### 2.1.1.1. Descripción de las fases de tomate entero y troceado

---

En primer lugar, se ha visto conveniente adjuntar un diagrama de flujo del proceso que refleje gráficamente las etapas que tienen lugar.



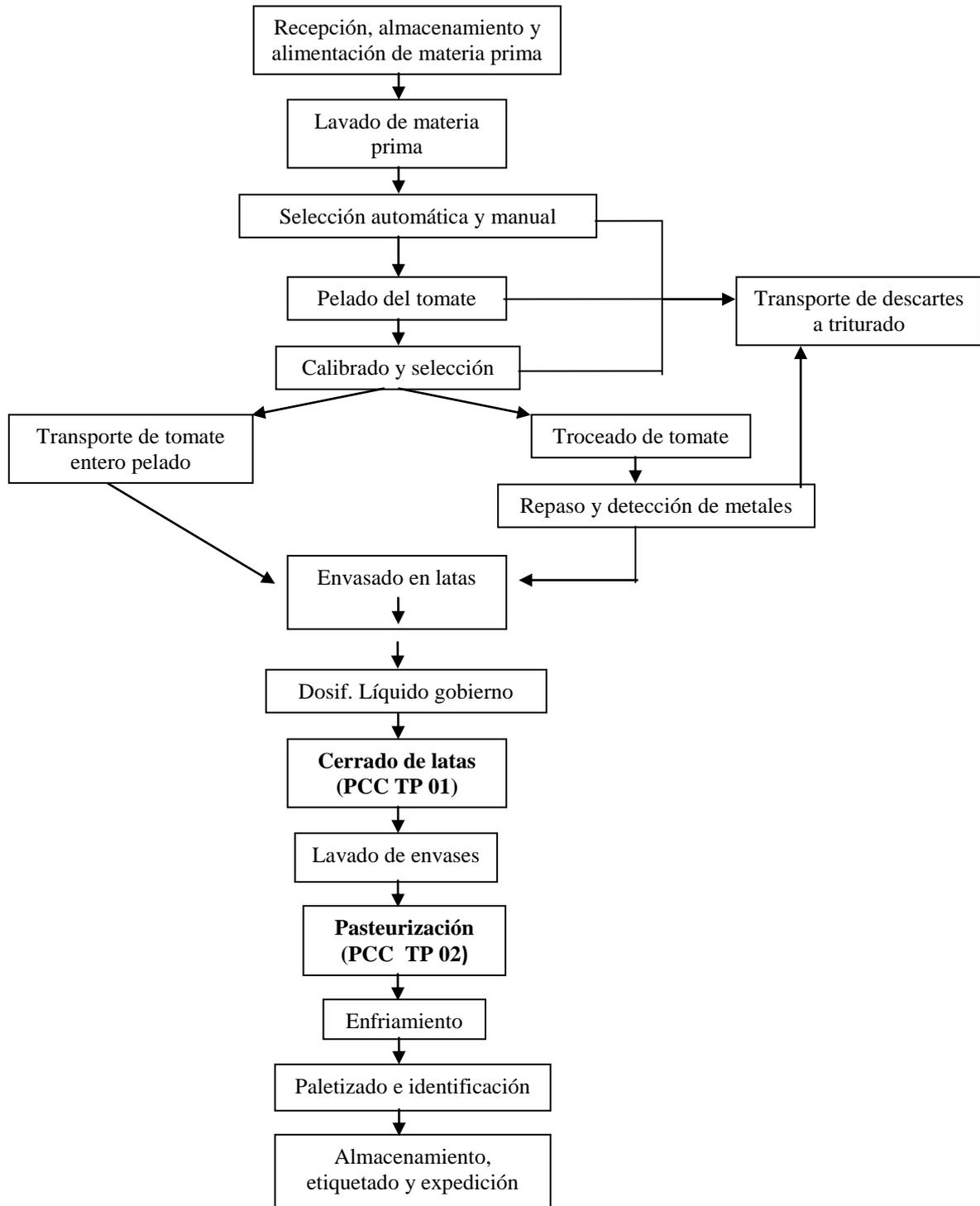
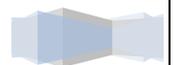


Figura 8: Diagrama de flujo del proceso de elaboración de tomate entero pelado



Una vez visto el diagrama, a continuación se describe más detalladamente en qué consisten cada una de las etapas.

#### - **Recepción, almacenamiento y alimentación de la materia prima**

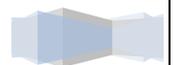
La recepción del tomate se realiza en el patio de la fábrica, procedente de las cooperativas agrarias. Este puede llegar en bañeras de acero inoxidable o en cajones de plástico. A continuación se realiza un control visual de las partidas y seguidamente se realiza la toma de muestras para la inspección de las mismas. Se realiza un muestreo del porcentaje de podridos, verdes, cuello verde, objetos extraños y otros defectos.

En esta etapa se identifica al producto indicando el lote, el número de albarán, la fecha y la cooperativa proveedora. Si el tomate no se elabora en el momento puede ser almacenado en el patio. En caso de que sí, éste se alimenta mediante la descarga de bañeras en una plataforma de recepción o mediante un volca-palets automático si estos vienen en cajones de plástico. El plano 1 de los anexos consiste en la representación del conjunto de recepción. En esta etapa ya comienza un prelavado de la materia prima ya que ésta es arrastrada con agua. De esta forma la tierra y el barro se eliminan.

#### - **Lavado y selección de materia prima**

En esta etapa el fruto asciende por un elevador de rodillos donde se somete a un lavado por duchas de agua. Es conducido hasta un depósito con un quita-ramas automático, representado con el motor número 14 en el plano 1 de los anexos. Posteriormente, es de nuevo lavado mediante una serie de duchas a su paso por un elevador de rodillos que comunica con la cinta de selección manual. Aquí los operarios realizan una inspección visual y posteriormente existe un selector automático de color en caso de que objetos extraños superen el manual. Durante la campaña de tomate de 2015, se procesó como se ha visto en el *capítulo 1 Introducción*, un total de 32.169.307 kg brutos de tomate. De este total, alrededor del 5,6 % correspondió a materia no útil (podridos, muy verdes, objetos extraños u otros defectos), los cuales se retiraron del procesado.

El agua en este proceso proviene del condensador de la peladora de tomate y de la refrigeración de las bombas de vacío de la peladora previamente clorada. En esta etapa existe una estación de tratamiento físico químico del agua para mejorar su calidad, que aparece representada en la parte inferior del plano 1 de los anexos con el número 27.



### - Pelado, calibrado y selección

Esta operación se realiza mediante una peladora termofísica, representada con los motores del número 29 al 33 en el plano 2 de los anexos.

El fruto que proviene del lavado, entra en contacto con vapor seco y se escalfa, para posteriormente entrar en una cámara de vacío donde la piel se rompe.

Seguidamente, el tomate pasa primero por un magreador que hace que las pieles desprendidas así como el tomate que se haya podido deshacer, caiga a un sinfín de recogida de descartes. En segundo lugar, el tomate pasa por unos quitapieles formados por una cinta de rodillos que agarran la piel suelta y la que haya podido quedar colgando. Todos los descartes de esta etapa caen a un sinfín cuyo destino es la segunda línea de producción (línea de tomate triturado y salsas).

Una vez pelado, el tomate pasa por un calibrador de rodillos divergentes. El objetivo de esta fase es retirar de forma automática todo el tomate pequeño que no será útil para envasado. El destino de esta fracción de materia prima es la sublínea de tomate troceado/cubitado. Éste pasa por una sección de control manual previa al troceado y otra posterior, donde se somete a una detección de metales. Esta sublínea aparece representada con los motores del número 71 al 81 del plano 2 de los anexos.

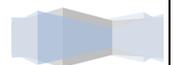
### - Envasado, dosificación de líquido de gobierno y cerrado

A continuación, tanto el tomate entero como el troceado son envasados a través de tres llenadoras volumétricas automáticas, que aparecen representadas en la parte central del plano 2 de los anexos. En esta etapa se distinguen tres líneas distintas: la de ½ kg, la de 1 kg y la de 5 kg. El recorrido está cubierto y protegido para evitar cualquier contaminación externa.

Acto seguido, se dosifica el líquido de gobierno previamente compuesto (por zumo de tomate, sal, ácido cítrico y cloruro cálcico) a través de una llenadora telescópica a vacío. Después, los envases pasan por una cerradora para lograr la hermeticidad del cierre entre la tapa y el ala de la lata. Estos equipos están representados en el plano 2 de los anexos con los motores número 106, 107, 108 y 109.

### - Lavado, pasteurización y enfriamiento y paletizado

Una vez cerrados, los botes pasan por unos equipos de duchas de agua para eliminar restos de tomate y son transportados hasta la zona de pasteurización, representada en el plano 3 de los anexos.



Cabe destacar que de ahora en adelante en el presente TFG se utilizarán indistintamente los términos pasteurización, esterilización o esterilizado a pesar de que técnicamente el proceso térmico se considere una pasteurización. Allí los botes de 1/2 kg se pasteurizan en un esterilizador continuo por inmersión de agua mientras que los de 1 kg, 5 kg y 3 kg se esterilizan en equipos de atomización de vapor seco. Los esterilizadores cuentan con zona de enfriamiento para detener la cocción del producto y no alterar las características organolépticas de éste.

Finalmente los botes son transportados hasta la zona de paletizado donde son dispuestos en palets ordenados según formatos de forma automática. Las paletizadoras aparecen representadas en el plano 3 de los anexos también. Previamente al almacenado, se identifican los palets con una etiqueta de identificación de mercancía.

#### - **Almacenamiento, etiquetado y expedición**

Los palets se almacenan en distintos locales y en función de la necesidad de mercancía, el departamento de logística determina el traslado de ésta a las líneas de etiquetado.

#### **2.1.1.2. Equipos e Instalaciones de Línea Entero**

---

En este apartado se procede a describir las características de los equipos que se han considerado más importantes dentro de esta línea de tomate entero o troceado. Principalmente debido a la naturaleza de sus consumos los equipos que más interés tienen son aquellos que hacen uso de vapor y de agua. Se adjuntarán imágenes para completar la descripción de estos equipos.

#### - **Peladora Termofísica**

Tras el lavado la materia prima es conducida hasta la peladora. Este aparato pertenece a la marca italiana “Navatta” y corresponde al modelo PT60 del año 2009. Para realizar el pelado ésta utiliza vapor seco para comenzar a despegar las pieles del fruto. Tras ello, el producto avanza hasta una zona de vacío creado por dos bombas, donde se rompen las pieles del tomate.

Según las especificaciones técnicas del equipo, éste está diseñado para el procesado nominal de 60 toneladas de tomate fresco por hora, con un consumo horario de 1.200 kg de vapor seco y 9 m<sup>3</sup> de agua a su paso. Aquí comienzan a aparecer descartes que son recogidos y conducidos hasta la zona de recepción de descartes.

A continuación se presenta una imagen de éste equipo:

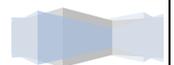




Figura 9: Peladora termofísica de tomate PT60

#### - Esterilizadores continuos por vapor seco

Estos equipos se encargan de realizar el esterilizado y enfriamiento de los botes de 1 kg, 3kg y 5kg de tomate entero. Ambos se encuentran representados en el plano 3 de los Anexos, siendo el Esterilizador 1 el encargado de los botes de 1 kg y el Esterilizador 2 el de los botes de 3 y 5 kg.

El esterilizador 1 corresponde al modelo GB-X270 de la marca “Gaetano Buscetto”. Se encarga de realizar la esterilización de los botes de 1 kg a través de la atomización de vapor por tubos perforados. El equipo consta de 6 pisos o niveles, utilizando los 4 superiores para la esterilización y los 2 inferiores para el proceso de posterior enfriamiento.

Tiene unas dimensiones de 25,4 m de largo por 2,5 de ancho y consume alrededor de 1.800 kg/h de vapor a 7 bar a pleno funcionamiento de esterilización. El consumo de agua entre 18-20°C en el enfriamiento es de unos 50 m<sup>3</sup>/h. Cabe destacar que este consumo no es directo ya que el esterilizador dispone de un depósito exterior de agua conectado en circuito cerrado para poder reutilizarla. Este depósito es en sí una torre de refrigeración, que enfría el agua caliente que proviene del enfriamiento de los botes. El depósito tiene una capacidad de 59 m<sup>3</sup> y es renovado semanalmente durante los meses de campaña, con la finalidad de refrescarla y eliminar impurezas acumuladas.

En un tiempo de esterilizado de 45 minutos, el equipo es capaz de procesar una media de 600 botes/minuto. A continuación se muestra una imagen de este equipo:

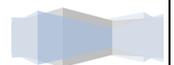




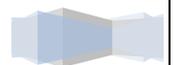
Figura 10: Esterilizador GB-X270 para latas de 1 kg

El segundo esterilizador de vapor seco corresponde al modelo GB-X175 de la marca “Gaetano Buscetto”. Se encarga de realizar la esterilización de los botes de 3 y 5 kg de tomate entero, a través de la atomización de vapor por tubos perforados, siguiendo el mismo funcionamiento que el esterilizador 1. En este caso el equipo consta de 4 pisos o niveles, utilizando los 3 superiores para la esterilización y el primero para el proceso de posterior enfriamiento.

Posee unas dimensiones de 24 m de largo por 2,5 de ancho y consume alrededor de 1.500 kg/h de vapor a 8 bar a pleno funcionamiento de esterilización. El consumo de agua entre 18-20°C en el enfriamiento es de unos 65 m<sup>3</sup>/h. Sin embargo, al igual que antes este consumo no es directo ya que este equipo dispone también de dos torres de enfriamiento que actúan como depósito de agua en circuito cerrado para poder reutilizarla. Estos depósitos tienen una capacidad total de 54 m<sup>3</sup> y es renovado cada semana de campaña. En este caso el equipo se encarga del procesado de dos formatos distintos, los cuales tienen diferentes parámetros de funcionamiento. Para el formato de 3 kg en un tiempo de esterilizado de 55 minutos, el equipo es capaz de procesar una media de 112 botes/minuto, mientras que para el formato de 5 kg en un tiempo de esterilizado de 55 minutos, el equipo es capaz de procesar una media de 66 botes/minuto. Aparece representado en la siguiente imagen:



Figura 11: Esterilizador GB-X275 para latas de 3 y 5 kg



### - Esterilizador continuo por inmersión

El esterilizador número 3, representado junto al 1 y al 2 en el plano 3 de los Anexos, también de la marca “G. Buscetto” con modelo STR-RA 30-15 posee características diferentes a los dos primeros. En este caso se trata de un equipo continuo de esterilización por inmersión, en lugar de por atomización de vapor. La longitud de éste es aproximadamente el doble que la de los otros dos. En este caso los botes de ½ kg son introducidos en el equipo y se realiza la inmersión de estos en agua calentada a través de unos serpentines con vapor. Una vez atraviesan la zona de esterilizado éstos llegan a la zona de enfriamiento. Este esterilizador es capaz de procesar una media de 850 botes por minuto para un tiempo total del proceso de 60 minutos.

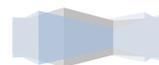
Este equipo dispone de un depósito de agua de 28 m<sup>3</sup> utilizado para el enfriamiento. Además, el equipo está permanentemente lleno de agua, añadiendo al depósito un extra de 45 m<sup>3</sup> aproximadamente. El depósito está en un circuito cerrado para la reutilización del agua y ésta se renueva semanalmente para refrescarla y eliminar impurezas acumuladas. Las siguientes imágenes representan este equipo:



Figura 12: Esterilizador STR-RA 30-15 para latas de ½ kg



Figura 13: Zona de enfriamiento del Esterilizador STR-RA 30-15



## 2.1.2. Línea de Tomate triturado y salsas

Esta otra línea comienza a partir de la recepción de descartes pre y post pelado, es decir, de la materia prima que no es utilizada para envasado de tomate entero, como pueden ser frutos de tamaño o coloración impropia o inmaduros, así como pieles y restos.

### 2.1.2.1. Descripción de las fases del proceso de triturado y salsas

A continuación se presenta el diagrama de flujo para visualizar fácilmente las fases del procesado de tomate triturado y salsas:

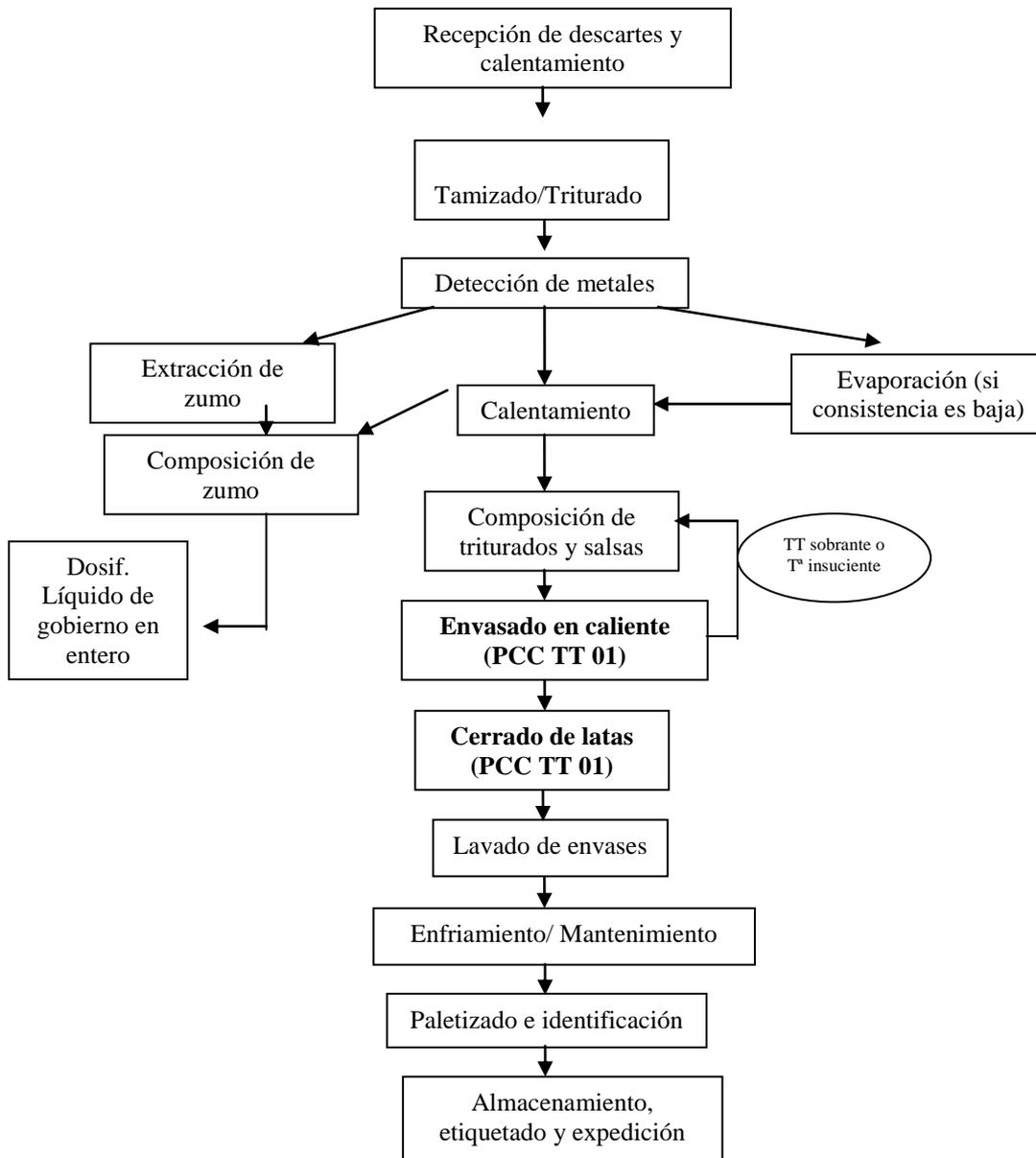
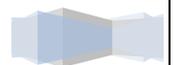


Figura 14: Diagrama de flujo del proceso de elaboración de tomate triturado y salsas



Tras presentar el diagrama, se procede a describir más a fondo cada una de las etapas:

#### - **Recepción de descartes y Calentamiento**

Los descartes pre y post pelado se bombean desde los distintos puntos de la línea de entero hasta un depósito pulmón Hot-Break.

Este depósito está conectado a un intercambiador de calor tubular doble (Intercambiadores 1 y 2), a través del cual se hacen pasar continuamente los descartes. Todos estos elementos aparecen representados en el plano 4 de los Anexos.

#### - **Trituración, tamizado y detección de metales**

En esta etapa se hace pasar el producto desde el depósito Hot-Break a las pasadoras, representadas en el plano 4 con los motores número 239 y 240. Tras pasar por unos tamices para eliminar pieles y semillas todos los jugos pasan a través de un sistema imantado para eliminar posibles contaminantes metálicos. El producto es almacenado en el depósito pulmón de las pasadoras.

#### - **Extracción de zumo**

Acto seguido, el tomate triturado se hace pasar por unas refinadoras para obtener la fracción de jugo necesaria para añadirla como líquido de gobierno en el proceso de envasado de tomate entero. Este jugo es almacenado en el depósito pulmón de las refinadoras.

A partir de aquí, el zumo puede seguir diferentes caminos. Por un lado, éste puede volver a las pasadoras a través de la tubería de salida número 2 del plano 4 en el caso de que no se haya realizado un triturado adecuado. Por otro lado, el jugo puede pasar directamente a composición de zumo que será utilizado para formar el líquido de gobierno del tomate entero. Si es así, éste pasará por la tubería de salida número 5. En el caso de que no exista demanda de zumo para líquido de gobierno, los jugos saldrán por la tubería de salida 1, con dirección al depósito pulmón de tomate triturado. En el caso de que este pulmón de triturado se llenara, los jugos serían transportados al depósito de reserva de la refinadora a través de la tubería de salida 4. El último camino que pueden tomar los jugos desde el pulmón de las refinadoras es la tubería de salida 3. Si salen por aquí es porque son conducidos al depósito pulmón del evaporador, el cual se explica más detalladamente en la etapa siguiente.



### - Evaporación

El zumo que no es necesario para su incorporación como líquido de gobierno pero que posee una consistencia más líquida que la especificada para la composición de salsas, es conducido a un sistema evaporador. En este evaporador de doble efecto el producto aumenta su concentración de °Brix y se obtiene un triturado con consistencia homogénea. Una vez concentrado, el zumo es conducido hasta el depósito pulmón de triturado.

### - Calentamiento

El tomate procedente del evaporador y de las refinadoras (con consistencia especificada) llega al depósito pulmón de triturado donde es calentado en recirculación mediante un intercambiador de calor (Intercambiador 3). El objeto de la operación es aumentar su temperatura hasta los 90°C aproximadamente, ya que del evaporador procede con una temperatura próxima a los 60°C debido a sus condiciones de trabajo. Una vez alcanzada la temperatura especificada, el producto es transportado por tuberías hasta la zona de composición de triturado y salsas. Esta etapa de composición está representada en el plano 5 de los Anexos.

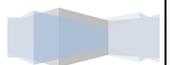
### - Composición

A esta etapa llega tanto el zumo destinado a componer el líquido de gobierno como la fracción de producto triturado no utilizada para ello, tras su posible paso previo por el evaporador. Existen 4 grupos distintos de composición: Composición de zumo (para líquido de gobierno), composición de tomate triturado, composición de tomate frito y composición de *tomaca*. Cada uno de ellos está representado en el plano 5 de los Anexos. En cada uno de ellos se añaden manualmente los ingredientes necesarios para la composición de cada una de las líneas. Durante esta etapa el producto está en continua recirculación a través de unos intercambiadores de calor, representados con los números del 5 al 8. Es muy importante mantener los 90°C para que se lleve a cabo correctamente la pasteurización del producto.

### - Envasado en caliente y cerrado de envases

El tomate triturado y las distintas salsas se envasan en latas metálicas a través de una llenadora volumétrica, mediante un envasado en caliente.

El producto es circulado desde los depósitos de composición de salsas hasta las llenadoras. Éste se transporta a través de un intercambiador de calor y tras su calentamiento se hace pasar por un PT-100, un sensor de temperatura que asegura que el tomate posee la temperatura correcta para su estabilidad microbiológica.



Los bombes que no superan esta temperatura mínima son desviados por una válvula de 3 vías de nuevo hacia el propio cubo de composición. El producto con la temperatura adecuada se introduce en las latas a través de la llenadora volumétrica correspondiente.

Seguidamente, se realiza el cerrado hermético de las latas a través de unas cerradoras. Se voltea el envase para autoesterilizar la tapa recién incorporada. Existen tres grupos de llenado y cerrado distintos, para las líneas de 1/2 kg, 1 kg y 5 kg. Estos tres grupos están representados en el plano 5 de los Anexos, con sus respectivas llenadoras y cerradoras.

#### - **Lavado de envases y Mantenimiento/Enfriamiento**

Mientras los envases son transportados, éstos son sometidos a un lavado mediante duchas atomizadas. En esta fase el agua debe ser caliente para evitar posibles problemas de esterilidad. Tras el lavado, el producto necesita un tiempo de mantenimiento para garantizar la estabilidad comercial y a continuación se somete a un proceso de enfriamiento. Existen dos equipos de enfriamiento continuos para el conjunto de envases, representados en línea uno seguido del otro en el plano 5 de los anexos. Cabe destacar que en este plano se han representado superpuestos para poder visualizarlo mejor, aunque en realidad en la fábrica estén dispuestos en línea. El número 1 se encarga del enfriamiento de los botes de ½ kg mientras que el enfriador 2 procesa los de 1 y 5 kg, como se puede observar en el plano.

#### - **Paletizado e identificación**

Los envases ya enfriados se paletizan a través de paletizadores automáticos y se ordenan según formatos. Aparecen representados con los motores 276 y 286 del plano 5 de los Anexos. Previamente al almacenado, se identifican los palets con una etiqueta de identificación de mercancía.

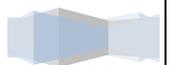
#### - **Almacenamiento, etiquetado y expedición**

Los palets se almacenan en distintos locales y en función de la necesidad de mercancía, el departamento de logística determina el traslado de ésta a las líneas de etiquetado.

### **2.1.2.2. Equipos e Instalaciones de Línea Triturado**

---

En el siguiente apartado se procede a describir las características de los equipos que se han considerado más importantes dentro de la línea de tomate triturado y salsas. Se adjuntarán imágenes para completar la descripción de estos equipos.



## - Intercambiadores de calor

Unos de los equipos más importantes en la línea de tomate triturado y salsas son los intercambiadores de calor. Las distintas salsas atraviesan estos aparatos para elevar su temperatura hasta la indicada para una correcta pasteurización y se encuentran situados en diferentes etapas de esta línea. En primer lugar, la etapa de recepción de descartes cuenta con un total de 4 intercambiadores de calor para realizar el calentamiento en los depósitos Hot-Break y pulmón. Todos ellos poseen tuberías calorifugadas de recepción de vapor, recubiertas de fibra de vidrio con terminación de chapa de aluminio. De esta forma las pérdidas de calor con el exterior son mínimas, a la vez que la seguridad de estos equipos aumenta evitando posibles quemaduras.

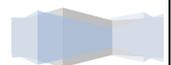
Los dos primeros intercambiadores son de tipo tubular y se encargan de elevar la temperatura de los descartes que llegan al depósito Hot-Break desde temperatura ambiente hasta los 90°C. Ambos poseen las mismas características:

- Presión de timbre: 2,5 kg/cm<sup>2</sup> (2,45 bar) relativos
- Temperatura máxima de servicio: 138,88 °C
- Volumen cámara interior: 0,680 m<sup>3</sup>
- Longitud: 5 m
- Diámetro interno: 0,4 m
- Tubos interiores: 21 de 5,1 cm de diámetro interno
- Volumen tubos: 0,521 m<sup>3</sup>
- Volumen libre: 0,159 m<sup>3</sup>

Estos intercambiadores son los representados con los números 1 y 2 en el plano 4 de los Anexos y a continuación se muestra una imagen de ambos:



Figura 15: (De izq. a dcha.) Intercambiadores de calor 1 y 2



El producto triturado sale del depósito Hot-Break y entra por el intercambiador número 2. Una vez atravesado sale de éste y entra por el final del intercambiador 1. Tras calentarse a su través, el producto es recirculado de nuevo al depósito HB.

En esta zona de recepción y calentamiento aparecen dos intercambiadores más. Uno de ellos, el representado con el número 3 en el plano 4, se trata de un intercambiador de calor de carcasa y tubos que se encarga de elevar la temperatura del producto del depósito pulmón de triturado.

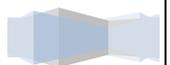
Este intercambiador presenta las siguientes características:

- Presión de timbre: 3 bar relativos
- Temperatura máxima de servicio: 138,88 °C
- Volumen cámara interior: 0.580 m<sup>3</sup>
- Longitud: 6 m
- Diámetro interno: 0,48 m
- Tubos interiores: 12 de 5,2 cm de diámetro interno
- Volumen tubos: 0,255 m<sup>3</sup>
- Volumen libre: 0,325 m<sup>3</sup>

En la imagen que se muestra a continuación aparece representado:



Figura 16: Intercambiador de calor de carcasa tubos número 3



El último intercambiador de esta etapa es el número 4 también representado en el plano 4. Este se encarga del calentamiento del producto que se encuentra en el depósito de reserva, es decir, aquel utilizado en el caso de que el depósito pulmón de triturado esté a plena capacidad.

Este aparato adquirido en el año 2014 posee las siguientes características:

- Presión de timbre:  $2,5 \text{ kg/cm}^2$  (2,45 bar) relativos
- Temperatura máxima de servicio:  $138,88 \text{ }^\circ\text{C}$
- Volumen camisa:  $0,181 \text{ m}^3$
- Volumen tubos:  $0,127 \text{ m}^3$
- Longitud: 5 m

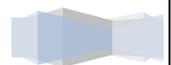
Este intercambiador es el que se muestra a continuación:



Figura 17: Intercambiador de calor número 4

La siguiente etapa que hace uso de intercambiadores de calor es la zona de composición. De nuevo aparecen 4 intercambiadores, representados en el plano 5 con los números del 5 al 8. Los dos primeros (5 y 6) son los encargados de mantener caliente la proporción de zumo utilizada para la composición de líquido de gobierno. Los intercambiadores son independientes entre sí ya que cada uno posee tanto entrada como salida conectadas con el depósito pulmón de zumo, como se puede apreciar en el plano.

- Presión de timbre:  $2,5 \text{ kg/cm}^2$  (2,45 bar) relativos
- Temperatura máxima de servicio:  $138,88^\circ\text{C}$



- Volumen cámara interior: 0,290 m<sup>3</sup>
- Longitud: 2 m
- Tubos interiores: 15 de 3,3 cm de diámetro interno
- Volumen tubos: 0,0385 m<sup>3</sup>
- Volumen libre: 0,2515 m<sup>3</sup>

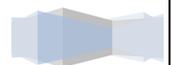
Por otro lado, los intercambiadores 7 y 8 se encargan de calentar el tomate de los cubos de composición de triturado. En este caso los intercambiadores también son independientes entre sí ya que cada uno está conectado a uno de los dos cubos de composición. Estos intercambiadores son tubulares y poseen las siguientes características.

- Presión de timbre: 2,5 kg/cm<sup>2</sup> (2,45 bar) relativos
- Temperatura máxima de servicio: 138,88 °C
- Volumen cámara interior: 0,210 m<sup>3</sup>
- Longitud: 3 m
- Diámetro interior: 0,325 m
- Tubos interiores: 15 de 3,3 cm de diámetro interno
- Volumen tubos: 0,0385 m<sup>3</sup>
- Volumen libre: 0,1715 m<sup>3</sup>

En la siguiente imagen se muestran los 4 intercambiadores de esta zona:



Figura 18: (De izq. A dcha.) Intercambiadores de calor 5, 6 7 y 8 de la zona de composición



Finalmente, la línea de triturado y salsas presenta 3 intercambiadores de calor en la zona de llenado en caliente de latas. Estos intercambiadores son los representados en el plano 5 con los números 9, 10 y 11. Estos equipos tienen como tarea calentar el producto previo al envasado. Este paso es de vital importancia, considerándose Punto Crítico de Control ya que es necesario que el producto alcance las temperaturas entre 94 y 98°C para una correcta pasteurización puesto que posteriormente no se realiza ningún otro tratamiento térmico.

El intercambiador número 9 recibe el tomate triturado desde la zona de composición y lo recircula hasta la llenadora de 1 kg de tomate triturado. El número 10 se encarga de calentar el triturado que es envasado en latas de ½ y 5 kg y finalmente el intercambiador 11 calienta el tomate frito. Éste último recircula el frito hasta las llenadoras de 1, ½ y 5 kg.

El intercambiador número 9 posee las siguientes características:

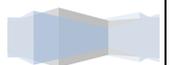
- Presión de timbre: 2.5 kg/cm<sup>2</sup> (2.45 bar) relativos
- Temperatura máxima de servicio: 138,88 °C
- Volumen cámara interior: 0,250 m<sup>3</sup>
- Longitud: 3 m
- Diámetro interior: 0,325 m
- Tubos interiores: 15 de 3,3 cm de diámetro interno
- Volumen tubos: 0,0385 m<sup>3</sup>
- Volumen libre: 0,2115 m<sup>3</sup>

El intercambiador número 10 posee las siguientes características:

- Presión de timbre: 2,5 kg/cm<sup>2</sup> (2,45 bar) relativos
- Temperatura máxima de servicio: 138 °C
- Volumen cámara interior: 0,320 m<sup>3</sup>
- Longitud: 3 m
- Tubos interiores: 15 de 3,3 cm de diámetro interno
- Volumen tubos: 0,0385 m<sup>3</sup>
- Volumen libre: 0,2815 m<sup>3</sup>

El intercambiador número 11 posee las siguientes características:

- Presión de timbre: 2,5 kg/cm<sup>2</sup> (2,45 bar) relativos
- Temperatura máxima de servicio: 138,88 °C
- Volumen cámara interior: 0,340 m<sup>3</sup>
- Longitud: 3 m



- Diámetro interno: 0,4 m
- Tubos interiores: 15 de 3,3cm de diámetro interno
- Volumen tubos: 0,0385 m<sup>3</sup>
- Volumen libre: 0,3015 m<sup>3</sup>

A continuación aparecen estos tres intercambiadores representados en la siguiente imagen:

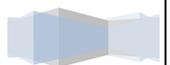


Figura 19: (De dcha. a izq.) Intercambiadores de calor 9, 10 y 11 de la zona de llenado en caliente

#### - **Equipo Evaporador de doble efecto**

El sistema evaporador consta de un equipo de evaporación de doble efecto de la marca italiana “Ingeniería A. ROSSI”, modelo 2D-7000/F construido en el año 2001. Se trata de un evaporador con flujo a contracorriente. Esto quiere decir que el producto diluido entra en primer lugar por el 2º efecto, es decir, aquel que recibe los vapores que hierven en el primer efecto. Una vez atravesados los intercambiadores de calor del 2º efecto pasan al primero, el cual posee una mayor presión y el que recibe el vapor proveniente de la caldera.

El zumo de tomate proveniente de las pasadoras y refinadoras llega al segundo efecto con una concentración de sólidos solubles de alrededor de un 5%, lo que es sinónimo de una concentración de 5º Brix. A este punto inicial el tomate llega con una temperatura considerablemente variable entre 65 y 90°C ya que en la recepción de los descartes los jugos sufren una etapa de calentamiento en el Hot-Break. La temperatura de trabajo en este efecto es de 44°C, ya que se encuentra a menor presión que la atmosférica, en torno a 0.8-1bar. Una vez el producto atraviesa el 2º efecto éste pasa al 1º.



En este otro efecto la temperatura de trabajo es de 65°C y el producto a su salida posee esta misma temperatura. En este punto el zumo procesado posee la composición deseada en torno a los 30° Brix. Cabe destacar que en esta etapa se produce una pérdida de producto ya que se evapora parte del agua presente en el zumo sin concentrar. Debido a esto aparece una diferencia entre la materia prima recepcionada y la fabricada finalmente. De acuerdo a partes e historiales de la empresa, en torno a un 14,6 % del producto inicial es evaporado en esta etapa del proceso. Esta pérdida de producto se refleja también en la explicación posterior a las tablas 3 y 4 que aparecen más adelante.

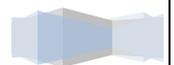
El vapor proviene de la caldera a unos 3 bares de presión, por lo que es necesario un previo paso por el atemperador para reducir esta presión a la de trabajo de los intercambiadores del evaporador, que ronda entre los 0.8 y 1 bar. Los vapores generados en el 2º efecto los cuales ya no van a ser utilizados son circulados hasta el condensador, el cual es alimentado por agua de las torres de refrigeración.

El conjunto de condensados del primer efecto pasa por una torre de recogida de condensados y son circulados en su totalidad a la caldera. Por otra parte, los condensados que aparecen en los intercambiadores de calor del 2º efecto se recogen en la base del condensador y son trasladados también hasta la zona de calderas.

En el plano 6 de los Anexos aparece representado un diagrama sencillo del proceso de evaporación que tiene lugar en la instalación. A continuación se presentan varias imágenes del equipo evaporador:



Figura 20: Sistema evaporador con los efectos 1 y 2 de izq. a dcha.



## - Equipos de composición

En la zona de composición se encuentran los equipos encargados de la producción de zumo de tomate, tomate triturado, tomate frito y *tomaca*. Esta zona está representada en la parte superior del plano 5 de los Anexos.

En primer lugar aparecen los dos cubos de composición de zumo de tomate. Ambos se encuentran bajo los motores representados con los números 248 y 249. Tras ellos se encuentra el depósito pulmón de zumo de tomate, desde el cual el producto es circulado hasta la adición de éste como líquido de gobierno del tomate entero pelado o cubitado. La siguiente imagen representa estos depósitos:



Figuras 21 y 22: Izq. Cubos de composición del zumo de tomate utilizado para líquido de gobierno. Dcha. Depósito pulmón del zumo de tomate

En esta etapa es importante recalcar que la totalidad de este producto es destinada a la línea de tomate entero. Por lo tanto, aparecen diferencias entre los kilogramos brutos procesados como entero y triturado y los kilogramos netos obtenidos como entero y triturado. A continuación se presentan unas tablas que recogen estos valores para la campaña 2015:

Línea	kg	%
Entero y troceado	10.537.312	32,8
Triturado y salsas	19.821.009	61,6
Desecho	1.807.226	5,6
<b>Total Bruto</b>	<b>32.165.547</b>	<b>100,0</b>

Tabla 3: Cantidades de materia prima bruta procesada como entero, triturado y fracción de desecho durante la campaña 2015.



Línea	kg	%
Entero	10.378.164,7	37,78
Troceado	8.821.565,6	32,11
<b>Total</b>	<b>19.199.730,3</b>	<b>69,9</b>
Triturado	6.317.116	23
Frito	1.054.931,2	3,84
Tomaca	897.680	3,27
<b>Total</b>	<b>8.269.727,7</b>	<b>30,11</b>
<b>Total neto</b>	<b>27.469.458</b>	<b>100,0</b>

Tabla 4: Cantidades de materia prima neta fabricada como entero y triturado durante la campaña 2015.

Las diferencias observadas en los porcentajes y cantidades de ambas tablas son debidas a dos razones. En primer lugar, durante el procesado, en torno al 32,8% del total de materia prima en la recepción sigue la línea de entero mientras que el 61,6% la de triturado, siendo lo restante lo propio de desechos. En cambio, en el producto final se observa cómo un 69,9% del total es tomate entero y solo un 30,1% es triturado. Esta diferencia es debida a que un 43,7% del producto procesado como tomate triturado es recirculado a la línea de entero, añadido como líquido de gobierno.

La segunda razón por la que no coinciden los valores es que durante el procesado de tomate triturado se evapora un 14,6% del total de triturado procesado, a su paso por el sistema evaporador. La suma de esta fracción evaporada más la cantidad de desecho no útil constituye la diferencia entre el total bruto procesado y el total neto obtenido.

En siguiente lugar se encuentran los cubos de composición de tomate triturado. Estos tienen una capacidad mayor que los de composición de zumo ya que no disponen de depósito pulmón. Estos cubos son los que se encuentran bajo los motores número 257 y 258 y en la siguiente imagen aparecen representados:



Figura 23: Cubos de composición de tomate triturado.



Por otro lado aparecen los cubos de composición del tomate frito, que poseen capacidad similar a la del triturado ya que actúan a la vez como pulmón. Se tratan de las balsas representadas sobre la bomba mono número 265 del plano 5 y a continuación se presenta una imagen de éstas:

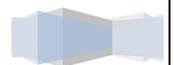


Figura 24: Balsas de composición de tomate frito. Las tuberías las alimentan de zumo e ingredientes necesarios para la composición.

Finalmente, los últimos cubos de composición de esta zona son los de *tomaca*. Su tamaño es reducido debido a que la producción de este tipo de salsa es también muy reducida en comparación con la de las demás. Son los cubos cilíndricos representados sobre la bomba mono número 266 del plano 5 y la siguiente foto los muestra:



Figura 25: Cubos de composición de tomaca. Los motores en la parte superior accionan los agitadores



### - Enfriadores de latas de tomate triturado y salsas

En el plano 5 aparecen representados los dos equipos de enfriamiento de las latas de triturado y salsas. El primero corresponde al enfriador de latas de ½ kg. Este equipo posee unas dimensiones de 11,5 metros de largo, 1,3 metros de alto y 3 metros de ancho.

Para realizar el enfriamiento éste dispone de un depósito agua, cuyas medidas y capacidad se detallan en el apartado 3.2.2: *Evaluación Hídrica del Capítulo 3*. Además, existe un aporte continuo de agua en el equipo para reponer las pérdidas y la fracción evaporada de ésta. El agua de estos depósitos debe renovarse cada cierto tiempo debido a que llega un momento en el que alcanza temperaturas altas y por tanto pierde eficacia de enfriamiento. Estos datos se detallan más en profundidad en el apartado citado previamente. A continuación se muestra una imagen de este equipo:

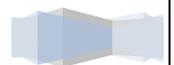


Figura 26: Enfriador de latas de 1 y 5 kg de tomate triturado

El enfriador número 2 se encarga de procesar los botes de 1 y 5 kg y al igual que el anterior dispone de un pequeño depósito de agua y posee un aporte continuo de pérdidas. Las dimensiones de éste son de 15 metros de largo por 1,6 de alto por 2,7 metros de ancho. Los datos de consumos se recogen con más detalle en el apartado 3.2.2: *Evaluación Hídrica del Capítulo 3*. A continuación se muestra una imagen de este equipo:



Figura 27: Enfriador de latas de 1 y 5 kg de tomate triturado



## 2.2. Métodos de análisis

Una vez detalladas las instalaciones de la empresa, se procede a describir los métodos que se han utilizado para realizar los análisis de consumos de ésta.

El punto de partida fue el diagrama de flujo de las fases del proceso a través del cual se realizaron las siguientes tablas indicando la naturaleza de los consumos en cada etapa de las líneas de procesado:

ETAPAS COMUNES	CONSUMO			
	AGUA	ELECTRICIDAD	GAS	GASÓLEO
RECEPCIÓN FRUTO/ALMACENAMIENTO				X
ALIMENTACIÓN Y LAVADO 1	X	X		
SELECCIÓN Y LAVADO 2	X	X		
PELADO	X	X	X	
CALIBRADO Y 2ª SELECCIÓN		X		
RECEP. DESCARTES / CALENTAMIENTO		X	X	
TRITURADO		X		

Tabla 5: Naturaleza de los consumos de las etapas comunes a ambas líneas

TOMATE ENTERO Y TROCEADO	CONSUMO			
	AGUA	ELECTRICIDAD	GAS	GASÓLEO
EXTRACCIÓN DE ZUMO Y COMPOSICIÓN DEL LÍQUIDO DE GOBIERNO		X	X	
TROCEADO/CUBITADO		X		
DESPALETIZADO Y SOPLADO		X		
ENVASADO		X		
DOSIFICACIÓN LÍQUIDO GOBIERNO		X		
<b>CERRADO DE ENVASES (PCC)</b>		X		
LAVADO DE ENVASES	X	X		
<b>PASTEURIZACIÓN (PCC)</b>		X	X	
ENFRIAMIENTO	X	X		
PALETIZADO E IDENTIFICACIÓN		X		
ALMACENAMIENTO				X
TRASLADO A ETIQUETADO				X

Tabla 6: Naturaleza de los consumos de la línea de tomate entero y troceado



TOMATE TRITURADO Y SALSAS	CONSUMO			
	AGUA	ELECTRICIDAD	GAS	GASÓLEO
EVAPORACIÓN		X	X	
COMPOSICIÓN y CALENTAMIENTO		X	X	
DESPALETIZADO		X		
ENVASADO EN CALIENTE (PCC)		X	X	
CERRADO DE ENVASES (PCC)		X		
LAVADO DE ENVASES	X	X		
MANTENIMIENTO/ENFRIAMIENTO	X	X		
PALETIZADO E IDENTIFICACIÓN		X		
ALMACENAMIENTO				X
TRASLADO A ETIQUETADO				X

Tabla 7: Naturaleza de los consumos de la línea de tomate triturado y salsas

Como se puede observar a simple vista, el consumo eléctrico está presente en prácticamente todas las fases del procesado. A pesar de ello, no significa a necesariamente que el mayor consumo sea el eléctrico, ya que para determinarlo es necesario realizar un análisis para cuantificar estos consumos.

Por otro lado, cabe destacar que debido a la poca presencia de consumo de gasóleo y a la poca repercusión de las fases en las que se encuentra su consumo, no se va a tener en cuenta este combustible durante el desarrollo de los análisis energéticos posteriores. Por lo tanto, los análisis que se realizarán serán los consumos de energía eléctrica, energía térmica y agua.

### 2.2.1. Métodos de Análisis eléctrico

En primer lugar se llevó a cabo la evaluación del consumo eléctrico durante las distintas etapas del procesado. Para ello, se realizó un inventario exhaustivo de cada máquina presente en cada fase. Se anotó la potencia de los motores eléctricos de cada máquina para conocer la potencia total de las líneas de tomate entero y triturado.

Para poder calcular los consumos eléctricos por etapas se realizó una estimación del número de horas diarias que las máquinas estuvieron en funcionamiento durante la campaña del año anterior. Para ello se tuvo en cuenta la simultaneidad del uso de las máquinas, los periodos de paradas y los días no laborables de campaña. Valorando todo esto se vio oportuno utilizar un coeficiente de corrección de horas de trabajo de 0,7 en las máquinas.



Para estimar el consumo total de la campaña se utilizó el número de jornadas trabajadas en campaña, las horas de trabajo durante ésta y la potencia total calculada a través del inventario de máquinas. Este valor se corrigió con el coeficiente de trabajo.

### **2.2.2. Métodos de Análisis térmico**

---

El análisis del consumo de energía térmica se basó en el cálculo del consumo de vapor en cada una de las etapas que hacen uso de este fluido calefactor.

En primer lugar fue necesario comprobar la cantidad de vapor consumida en los intercambiadores de calor del tomate triturado, en la peladora termofísica, en los pasteurizadores del tomate entero y en el equipo evaporador de doble efecto.

Una vez estimados estos consumos, el método seguido fue calcular la producción total de vapor de agua que las calderas debían afrontar para satisfacer estos consumos. De esta manera fue posible estimar la cantidad de combustible (gas natural) que la caldera demandó para producir esa cantidad de vapor. Para ello fue necesario conocer las características de funcionamiento y operación de las calderas presentes en la fábrica.

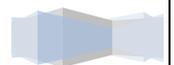
De esta forma se obtuvo una estimación de la cantidad de gas natural utilizada en cada etapa, lo que se tradujo en una determinada cantidad de energía y en un determinado coste económico derivado.

### **2.2.3. Métodos de análisis hídrico**

---

Por último, se realizó el análisis de los consumos de agua por etapa de la instalación. El método seguido fue la realización de una hoja Excel para representar el mapa de aguas de la fábrica, para de esta manera tener una imagen global y por etapas del consumo. En ella aparecen reflejadas las etapas del circuito que realiza el agua desde la toma del pozo hasta el vertido final de ésta.

Por un lado, en la hoja de cálculo aparece representada la línea de tomate entero y por otro la de triturados, conectadas entre sí por las diferentes recirculaciones de agua entre líneas. En la primera página de los Anexos se presenta una imagen de esta representación en la hoja Excel. Utilizando esta herramienta fue posible calcular la cantidad y el porcentaje del consumo total de agua por etapa, en función de la cantidad de materia prima introducida en la recepción. Para ello, se realizaron una serie de ecuaciones basadas en la proporción de agua utilizada en cada etapa en función de la cantidad de materia prima procesada. En el apartado 3.2.2: *Evaluación Hídrica del Capítulo 3 Resultados* aparecen reflejadas estas proporciones estimadas.



### 3. CAPÍTULO 3: RESULTADOS y DISCUSIÓN

En el siguiente capítulo se recoge toda la información de los análisis de consumos realizados en la empresa, obtenida de las mediciones realizadas y comparada con historiales de consumo. Todos estos datos han sido organizados según distintos puntos de vista, en función de la naturaleza del consumo, el proceso en el que interviene o el momento del año en el que tienen lugar por ejemplo. Por otro lado, para finalizar se presentan las posibles medidas a llevar cabo para alcanzar un ahorro energético y de agua en la empresa.

#### 3.1. Evolución anual de los consumos

La empresa Riberega únicamente produce tomate en campaña, es decir, solo se procesa materia prima recolectada en temporada, la cual comprende los meses de Agosto, Septiembre y Octubre para el tomate de la zona norte de España. Debido a que el tomate es el principal producto de la empresa, los consumos energéticos y de agua anuales se focalizan durante los meses de campaña. A través del estudio de históricos de la empresa se ha podido representar la evolución de los consumos tanto energéticos (electricidad y gas natural) como de agua de la campaña del pasado año 2015. Esta evolución se refleja perfectamente en los siguientes gráficos:

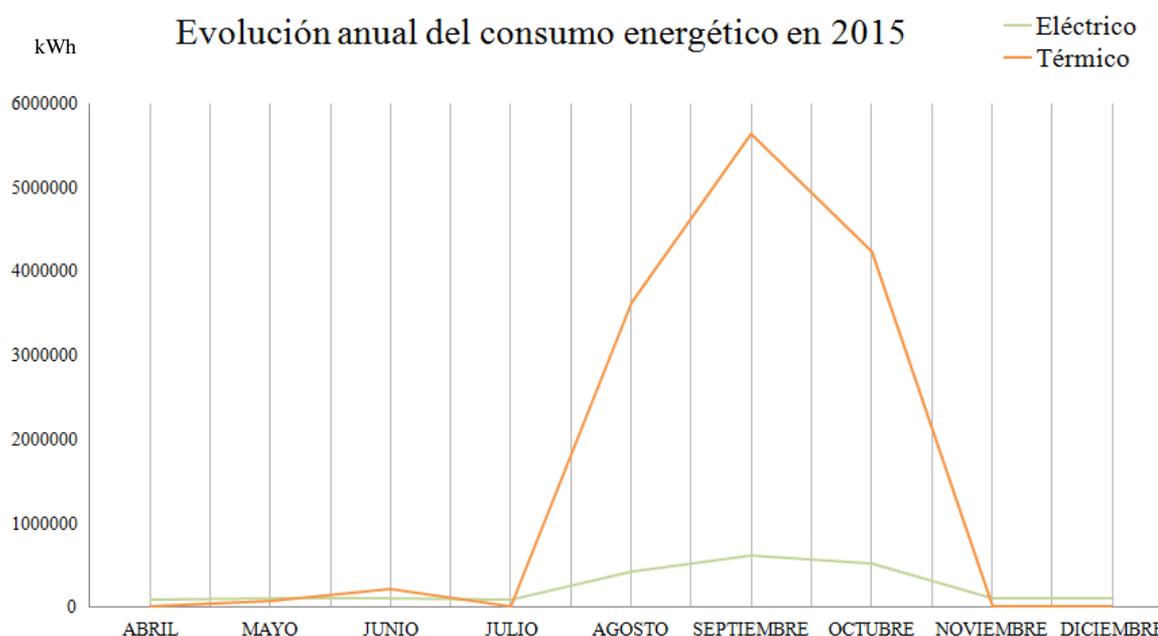
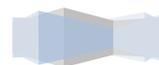


Figura 28: Evolución anual del consumo energético durante el año 2015



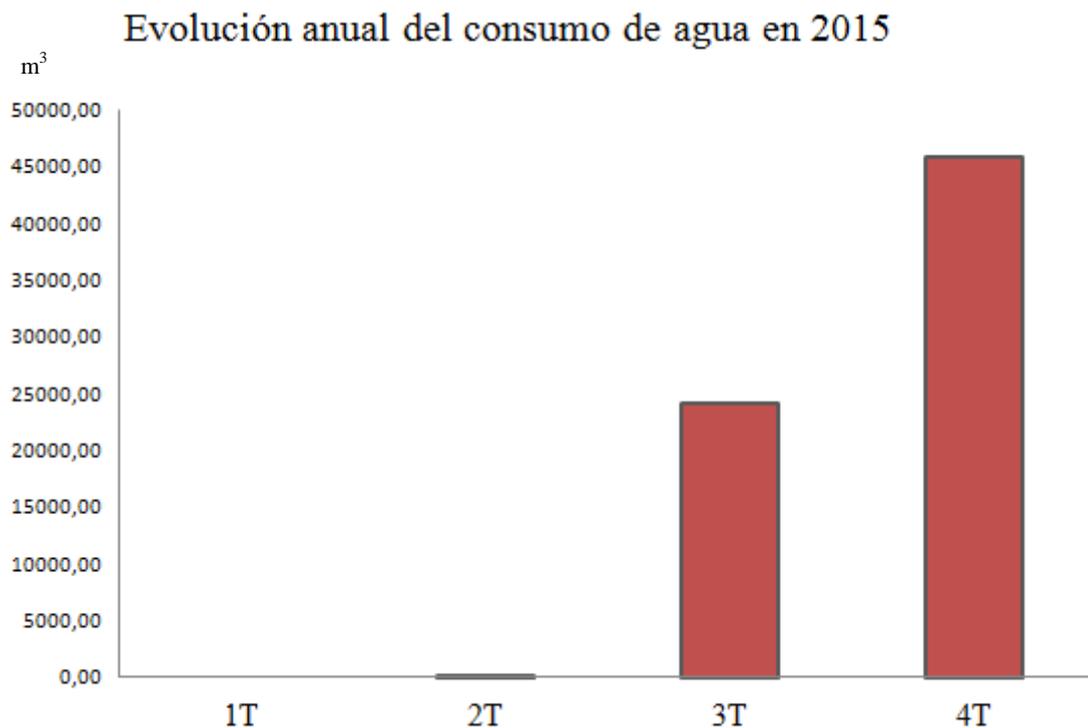
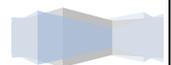


Figura 29: Evolución anual del consumo de agua durante los trimestres del año 2015

Como se refleja en los gráficos, los consumos durante los meses fuera de campaña son sustancialmente menores que en los meses de Agosto a Octubre, llegando a ser tan bajos que ni han podido ser representados, como es el caso de los consumos del primer trimestre del año.

Ya que el objeto del proyecto es la línea de tomate debido a su importancia, de ahora en adelante no se van a considerar los consumos fuera de campaña, por lo que todo el estudio se centrará en los meses de Agosto, Septiembre y Octubre.

En relación a la figura 28 se aprecia a simple vista como el consumo de energía a partir de gas natural es considerablemente más elevado que el de electricidad, al contrario de lo que las tablas 5, 6 y 7 puedan sugerir. Por otro lado, se puede apreciar como el consumo de gas natural se dispara de forma muy pronunciada en campaña y desciende de la misma manera fuera de ella. Sin embargo, aunque la electricidad también tenga un claro incremento de consumo en campaña, durante el resto del año presenta un consumo más constante, llegando a ser incluso superior al de gas. Esto es debido a que independientemente de que se esté produciendo o no, la fábrica tiene un gasto fijo en electricidad debido a iluminación, calefacción y funcionamiento de aparatos auxiliares durante todo el año.



## 3.2. Consumos por tipo de fuente

---

Una vez visto el resumen y la evolución de los consumos de la campaña del 2015, se procede a presentar un análisis más específico de consumos en función del tipo de fuente, es decir, consumos de naturaleza energética (eléctrica y térmica) y consumos de agua.

### 3.2.1. Evaluaciones energéticas

---

#### A) ENERGÍA ELÉCTRICA

En este apartado se presentan los resultados de la evaluación de consumo eléctrico de la empresa. En primer lugar se realizó el estudio de las dos líneas de procesado, la de tomate entero y la de triturado, para conocer la potencia de las máquinas involucradas en ambos procesos. Acto seguido, se analizaron las características eléctricas de los distintos equipos que forman parte de los sistemas auxiliares.

Se llevó a cabo un inventario de los motores eléctricos y las bombas presentes en cada máquina del procesado. Se anotó la potencia de cada uno de los elementos, estableciendo de esta manera la potencia total las líneas de procesado de tomate.

Los números de identificación corresponden a los representados en los planos de los Anexos. Estos planos son una representación gráfica de las etapas del procesado, los cuales muestran la ubicación de los motores y bombas de las máquinas.

Las tablas que se muestran a continuación incluyen el inventario realizado de las máquinas:

ETAPAS Y ELEMENTOS DEL PROCESO - <i>Líneas Comunes</i>	Número	Potencia (kW)
RECEPCIÓN, ALIMENTACIÓN, LAVADO Y SELECCIÓN		
<b>Plataforma de descarga (lavado 1)</b>		
Cinta transportadora	1	1,5
Cinta transportadora	2	1,5
Bomba de aire	3	2,2
Bomba de aire	4	2,2
Volca-Palots automático	5...11	57,43
Elevador de rodillos	12	0,75
Bomba de aire	13	2,2

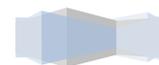


Rodillo Quita ramas	14	0,85		
Cinta transportadora	15	0,37		
			<b>Total</b>	69,0
<b>Canal de transporte descartes</b>				
Elevador de rodillos de descartes	16	1,5		
Bomba mono descartes recepción a HB	17	15		
Elevador de paletas repaso selección	18	0,75		
Cinta trans. Repaso selección	19	0,37		
			<b>Total</b>	17,62
<b>Canal de lavado 2</b>				
Bomba de aire	20	2,2		
Rodillos elevadores	21	2,2		
Cinta transportadora	22	1,1		
Cinta transportadora	23	1,5		
Cinta transportadora hacia interior	24	2		
Cinta transportadora interior	25	2		
Selector óptico	26	2,95		
			<b>Total</b>	13,95
<b>Tratamiento de aguas de limpieza</b>				
3 separadores de sólidos	27		2,25	
Prensa escurridor de sólidos			0,25	
Ciclón separador arena			0,25	
3 bombas depósito pulmón			39	
Cuatro grupos de bombeo recirculación			68,4	
			<b>Total</b>	110,15
			<b>Total Fase</b>	210,7
<b>PELADO Y CALIBRADO</b>				
<b>Peladora</b>				
Cinta transportadora hacia peladora	28	3		
Peladora termofísica	29...33	35,26		
Sinfín eliminación de destríos	34 y 35	2,2		
Bomba agua al exterior	36			
Cinta transporte post pelado	37	2,25		
			<b>Total</b>	42,71
<b>Magreador</b>				
Cinta transporte previo	38	1,5		
Magreadores	39...46	3,7		
Sinfines destríos	47...51	5,1		
			<b>Total</b>	10,3
<b>Merry go round, Quitapieles y Calibradores</b>				



Cintas pulmón tomate merry go round	52 y 53	2,6		
Sinfines bajo Calibradores	54...56	3,3		
Quitapieles	57...61	14,7		
Calibradores	62...66	7,5		
Cintas de repaso	67...70	3,75		
Cinta hacia cubitado	71	0,75		
Cinta a sinfin Merry tras calibrado	72	0,37		
			<b>Total</b>	32,97
			<b>Total Fase</b>	85,98
<b>RECEPCIÓN DE DESCARTES y CALENTAM.</b>				
<b>Transporte a Hot-Break (HB)</b>				
Bomba recogida descartes a HB 1	209	3		
Bomba recogida descartes a HB 2	210	2,2		
Bomba recogida descartes a HB 3	211	4		
Bomba recogida descartes a HB 4	212	2,2		
Bomba recogida descartes a HB 5	213	3		
Bomba mono a HB pre llenadora 1	87	1,5		
Bomba mono a HB pre llenadora 2	88	1,5		
Bomba mono a HB pre llenadora 3	89	1,5		
			<b>Total</b>	18,9
<b>Depósito Hot Break</b>				
Agitador	214	2		
2 molinos	215 y 216	7		
2 bombas centrífugas de salida	217 y 218	3		
Bomba de membrana de salida	219	2		
Bomba recirculación con intercambiadores 1	220	37		
Bomba recirculación con intercambiadores 2	221	30		
			<b>Total</b>	81
<b>Depósito pulmón de triturado</b>				
Agitador	226	2		
2 bombas de salida con intercambiador 3	227 y 228	11		
			<b>Total</b>	13
<b>Pulmones de recogida de zumos</b>				
Pasadora 1	1	30		
Pasadora 2	2	30		
Depósito pulmón pasadoras (eq. Presión)	240	4,2		
Bombas salida pulmón pasadora (2)	241	7		
			<b>Total</b>	71,2
			<b>Total fase</b>	184,1
			<b>Total línea</b>	480,8

Tabla 8: Recopilación de potencias de las etapas comunes a ambas líneas



ETAPAS Y ELEMENTOS DEL PROCESO - <i>Línea Pelado y troceado</i>	Número	Potencia (kW)		
<b>TAMIZADO Y COMPOSICIÓN DE LÍQ. GOBIERNO</b>				
<b>Refinadoras</b>				
Refinadora 1	234	15		
Refinadora 2	235	30		
Depósito pulmón refinadoras (eq. Presión)	239	4,2		
Bombas salida pulmón refinadora (4)	242	16		
			<b>Total</b>	<b>65,2</b>
<b>Depósitos Composición de zumo</b>				
Agitadores	248 y 249	1,5		
Bombas de salida a pulmón de zumo	250 y 251	4,4		
<b>Pulmón de zumo</b>				
Agitador	252	1,1		
Bombas con intercambiadores	253 y 254	8		
Bombas salida a llenadora entero, HB o Pulmón TT	255 y 256	11		
			<b>Total</b>	<b>26</b>
			<b>Total fase</b>	<b>91,2</b>
<b>SELECCIÓN, CUBITADO y DESPALETIZADO</b>				
Cintas transportadoras	73...75	2,25		
Cubitadora NAVATTA	76	9,25		
Cubitadora CAVALLIERI	77	4,82		
Escurreidor esgrondatore	78 y 79	3		
Cinta repaso cubitado salida escurridor	80	0,37		
Cinta repaso cubitado envasadora	81	0,75		
Telebote cubitado	82	1,1		
Elevador magnético lata vacía 1/2 y 1 kg	83	0,73		
Despaletizador lata vacía 1/2 y 1 kg	84	2,08		
Elevador magnético lata vacía 3 y 5 kg	85	0,37		
Despaletizador lata vacía 3 y 5 kg	86	4,93		
			<b>Total Fase</b>	<b>29,65</b>
<b>ENVASADO, DOSIF. LÍQ., CERRADO Y LAVADO</b>				
<b>Llenado y dosificado</b>				
Llenadoras	90...92	12,69		
Salida llenadora 1	93	0,5		
Cinta transportadora llenadora 1	94	0,55		
Salida llenadora 2	95	0,55		
Salida llenadora 3	96	0,55		
Grupos de presión dosif. 1 y 2	97 y 98	13,25		
Grupos de presión dosif. 3 y 4	99 y 100	14		



Cinta transp. Llenadora 2	101	0,37		
Cinta transp. Llenadora 3	102	0,37		
Rueda giratoria 1 trans. Dosif. 3	103	0,1		
Cinta transp. Dosif 3	104	0,75		
Rueda giratoria 2 trans. Dosif. 3	105	0,1		
			<b>Total</b>	43,78
<b>Cerrado, transporte y lavado</b>				
Cerradoras 1 y 2	106 y 107	9		
Cerradoras 3 y 4	108 y 109	15,2		
Cinta post cerradora 1	110	0,45		
Cint apost cerradora 2	111	0,45		
Rueda giratoria post cerradora 3	112	0,3		
Rueda giratoria post cerradora 4	113	0,1		
Cinta post cerradora 4	114	0,55		
Cinta pre lavador	115	0,55		
Lavador	116	1,74		
Cinta post lavador	117	0,75		
Cinta final transp. Cerradora 2	118	0,45		
Cinta final transp. Cerradora 1	119	0,45		
			<b>Total</b>	29,99
			<b>Total fase</b>	73,77
<b>ESTERILIZACIÓN Y ENFRIAMIENTO</b>				
<b>Transporte previo</b>				
Cinta transp. 1	120	0,37		
Cinta transp. 2	121	0,75		
Cinta transp. 3	122	0,75		
			<b>Total</b>	1,87
<b>Esterilizador 1 y transporte</b>				
Cintas llegada ester. 1	123...135	2,25		
Cintas entrada ester 1.	126...128	2,25		
Esterilizador/enfriador 1	129...134	28,04		
Bomba externa	135	37		
Cintas salida ester. 1	136 7 137	1,5		
Cintas transp.	138...141	1,5		
Volteadores de latas	142 y 143	0,74		
Cinta transporte	144	0,75		
			<b>Total</b>	74,03
<b>Esterilizador 2 y transporte</b>				
Cinta llegada ester. 2	145	0,75		
Cinta entrada ester. 2	146	0,55		



Esterilizador/Enfriador 2	147...151	28,04		
cinta salida ester. 2	152	0,37		
Cinta transporte a paletizado	153	0,37		
			<b>Total</b>	30,08
<b>Esterilizador 3 y transporte</b>				
Cinta llegada ester. 3	154	0,75		
Entrada esterilizador 3	155	0,67		
Esterilizador/enfriador 3	156...164	31,74		
Reordenador de latas	165 y 166	4,5		
Cintas salida reordenador	167 y 168	3,3		
Túnel	169	0,75		
Trampa magnética	170 y 171	2,58		
Cinta transportadora	172	0,75		
Bomba de aire	174	2,2		
Cinta ancha 1	172	0,42		
Cinta transp. Doble	175 y 176	0,74		
Final cinta doble	177	0,75		
Cinta ancha 2	178	1,1		
Cinta estrecha	179	0,75		
Bomba de agua	180	1,25		
			<b>Total</b>	52,25
			<b>Total Fase</b>	158,23
<b>PALETIZADO</b>				
<b>Línea paletizado 1</b>				
Cinta pre escurridor	181	0,75		
Escurreidores marrodan	182 y 183	30		
Cinta post escurridores	184	0,55		
Cinta transportadora	185	0,55		
Cinta transportadora	186	0,75		
Cinta transportadora	187	1,5		
Cinta transportadora	188	0,5		
Cinta transportadora	189	0,75		
Cinta pre paletizado	190	0,75		
Paletizadoras STORK	191 y 192	40		
Cintas post paletizado	193 y 194	2,6		
			<b>Total</b>	78,7
<b>Línea paletizado 2</b>				
Cinta transportadora	195	0,75		
Cintas desvíos	196 y 197	1,5		



Cintas bajo paletizador	198 y 199	1,5		
Paletizadores doble mesa	200 y 201	35,3		
Cintas post paletizado	202 y 203	2,6		
			<b>Total</b>	41,65
<b>Línea paletizado 3</b>				
Cinta transportadora	204	1,5		
Paletizadora magnética simple	205	10,2		
Cinta bajo paletizadora	206	1,5		
Cinta post paletizado	207	1,3		
Rueda giratoria	208	0,37		
			<b>Total</b>	14,87
			<b>Total Fase</b>	135,22
			<b>Total Línea</b>	488,07

Tabla 9: Recopilación de potencias por etapa de la línea de pelado y troceado

ETAPAS Y ELEMENTOS DEL PROCESO - <i>Línea Triturado y salsas</i>	Número	Potencia (kW)		
<b>EVAPORACIÓN</b>				
<b>Equipo Evaporador de doble efecto</b>				
Agitador	243	1,1		
Bombeo evaporador	244	3		
Evaporador continuo doble efecto	245	163,31		
Torre de refrigeración torraval 1	246	11,04		
Torre de refrigeración torraval 2	247	11,04		
			<b>Total Fase</b>	189,5
<b>COMPOSICIÓN y CALENTAMIENTO</b>				
<b>Depósito pulmón de reserva</b>				
Agitador	229	2		
3 bombas de salida con intercambiador 4	230...232	16,5		
Bomba de membrana de salida	233	2		
			<b>Total</b>	20,5
<b>Depósitos de composición</b>				
Agitadores	257 y 258	1,5		
Bombas con intercambiadores depósito 1	259 y 260	10,2		
Bombas con intercambiadores depósito 2	261 y 262	8,25		
Bombas de salida a intercambiadores de llenado	263 y 264	11		
<b>Depósitos de composición de Frito</b>				
Bomba mono/helicoidal salida a intercambiador de llenado	265	11		
<b>Depósito de composición de tomaca pasata</b>				



Bomba mono/helicoidal salida	266	2,2		
Bombas recuperación de condensados	267	1,11		
			<b>Total</b>	45,26
			<b>Total Fase</b>	65,8

<b>DESPALETIZADO Y SOPLADO DE ENVASES</b>				
<b>Despaletizadores</b>				
Elevador magnético lata vacía triturado 1		1,1		
Elevador magnético lata vacía triturado 2		1,1		
Despaletizador lata vacía triurado 1		2,08		
Despaletizador lata vacía triurado 2		2,08		
Telebote triurtado		1,5	<b>Total Fase</b>	7,9

<b>ENVASADO, LAVADO, ENFRIA. Y PALETIZADO</b>				
<b>Envasado y enfriamiento línea 1/2 y 1 kg</b>				
Llenadora en caliente	268	4		
Cerradora de botes	269	1,5		
Lavabotes	270	0,7		
Cinta transportadora 1 y 2	271 y 272	0,74		
Transportador	273	0,75		
Enfriador 1	274	22,84		
Cinta transportadora	275	0,37		
Paletizadora	276	4,78		
			<b>Total</b>	35,68

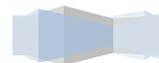
<b>Envasado y enfriamiento línea 3 y 5 kg</b>				
Llenadora en caliente	277	4		
Cerradora de botes	278	4		
Lavabotes	279	0,37		
Cinta transportadora 1 y 2	280 y 281	0,74		
Cinta transportadora 3 y 4	282 y 283	1,5		
Enfriador 2	284	21,25		
Cinta transportadora	285	0,37		
Paletizadora	286	6,95		
Llenadora en caliente	287	4		
Cerradora de botes	288	4		
Cinta transportadora unión línea 3 kg	289	0,37		
			<b>Total</b>	47,6
			<b>Total Fase</b>	83,2
			<b>Total Proceso</b>	346,3

Tabla 10: Recopilación de potencias por etapa de la línea de triturado y salsas



ETAPAS Y ELEMENTOS DEL PROCESO – <i>Sistemas Auxiliares</i>		Potencia (kW)	
<b>Cámara frigorífica</b>			
2 compresores cámara		29,44	
Torno (taller)		1,47	
			<b>Total</b> 30,91
<b>Tratamiento aguas</b>			
Grupos de presión		16,5	
			<b>Total</b> 16,5
<b>Sala de Calderas</b>			
Caldera Cerney (12500 kg/h)		8,2	
Caldera Brola (12500 kg/h)		39,01	
Bomba fuel-oil		0,74	
			<b>Total</b> 95,36
<b>Instalación de aire comprimido</b>			
Compresor Holman 128		18,5	
Compresor Worthington		14,72	
Compresor Worthington		18,4	
Secador Ingersoll-rand		1,9	
Secador Atlas copco		0,73	
Compresor Atlas copco		29,4	
Compresor Worthington		29,4	
Compresor Samur		3	
			<b>Total</b> 116,05
<b>Pozo captación de aguas</b>			
2 bombas sumergidas		22	
			<b>Total</b> 22
<b>Planta depuradora</b>			
Bomba separadora de sólidos		4,05	
Aireador de superficie		5,52	
Extractor de flóculos		0,74	
Sopladora		0,74	
			<b>Total</b> 11,05
			<b>Total Aux.</b> 291,87

Tabla 11: Recopilación de potencias por etapa de los sistemas auxiliares



En el cómputo general, la potencia total de las líneas y de los elementos comunes ascendió a **1.607,8 kW**. La distribución de esta potencia se presenta en el siguiente gráfico:

### Distribución de la potencia eléctrica total

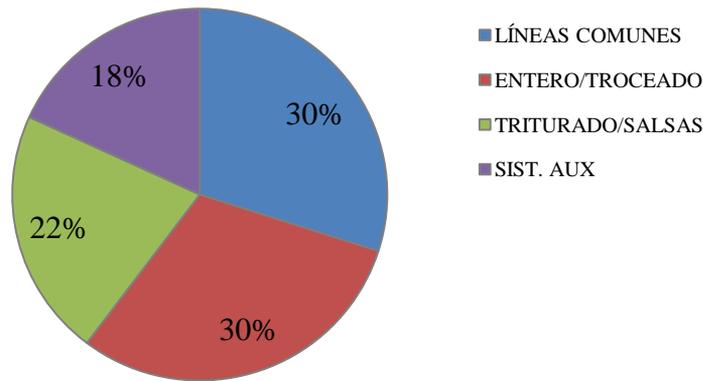
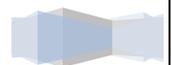


Figura 30: Distribución de la potencia total en cada línea de procesado

Se puede apreciar en la figura como la potencia total está distribuida de forma muy homogénea entre las distintas líneas del proceso. En primer lugar, alrededor de un tercio de la potencia corresponde a las etapas comunes de las líneas. Una vez separadas las líneas, cerca de otro tercio de la potencia corresponde a la línea de tomate entero mientras que un 22% corresponde a la de triturado y salsas. La potencia restante de la instalación corresponde a los sistemas auxiliares de la fábrica, que cabe destacar que no son únicamente utilizados por las líneas de tomate sino también por la de alcachofa y otros productos secundarios que produce la empresa.

Tras observar la potencia a rasgos muy generales de las líneas, se procede a presentar la potencia eléctrica de cada una de las líneas diferenciando cada etapa del proceso. De esta manera será posible apreciar mejor las fases del proceso donde más electricidad es requerida y por tanto donde sería más indicado realizar las posibles medidas de ahorro.

En primer lugar se presentan unos gráficos que recogen la potencia de cada una de las etapas comunes de las líneas. El primero es un diagrama circular con las etapas generales de las líneas y el segundo es un gráfico de barras donde se presenta la potencia de los equipos de forma más detallada.



## Potencia eléctrica de etapas comunes

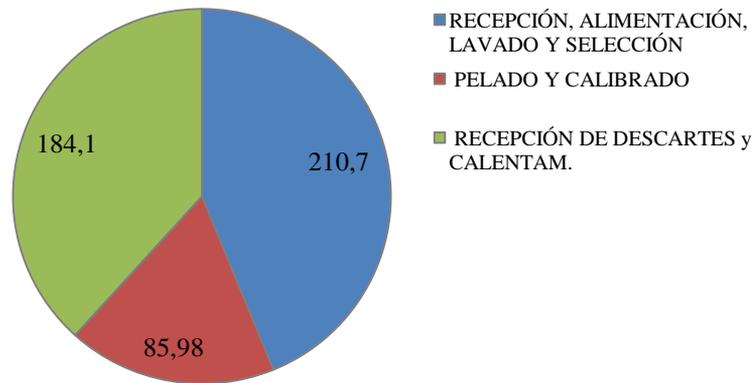


Figura 31: Distribución de la potencia por etapas en líneas comunes

## Potencia eléctrica de etapas comunes por equipos

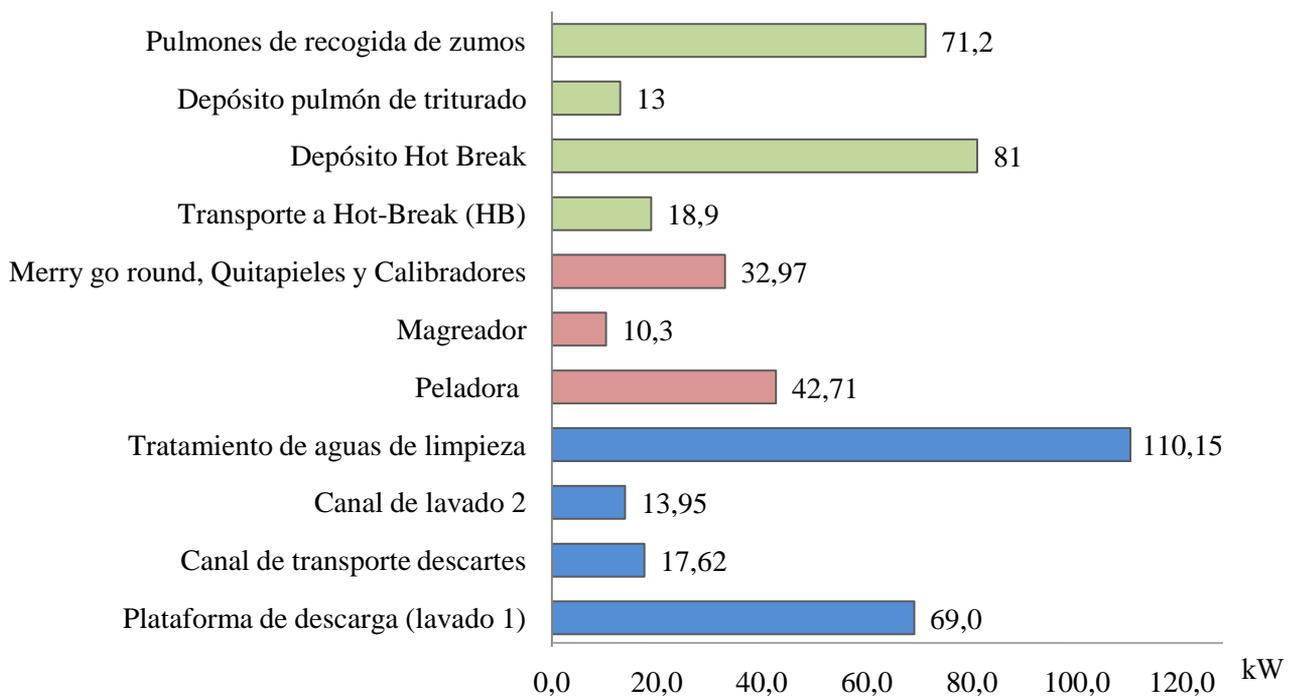
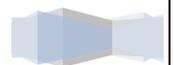


Figura 32: Distribución de la potencia por equipos de líneas comunes



A simple vista se observa que la fase que más electricidad demanda en el proceso es la de la recepción y lavado del producto.

Esto es debido en parte a que se manejan grandes cantidades de materia prima, la cual es transportada a través de agua, demandando mucha energía para su bombeo. Por otra parte, para posibilitar la recirculación del agua de lavado, en esta etapa se realiza un tratamiento físico/químico de aguas, actividad que demanda una gran proporción de la electricidad consumida en esta fase inicial. Por otro lado, se puede observar también que los siguientes equipos de mayor potencia son los de la zona de Hot-Break, de nuevo porque bombean gran cantidad de materia prima.

A continuación se separan las líneas, por un lado continúan por la línea de entero y por otro siguen la de tomate triturado y salsas. Los siguientes gráficos muestran la primera de ellas.

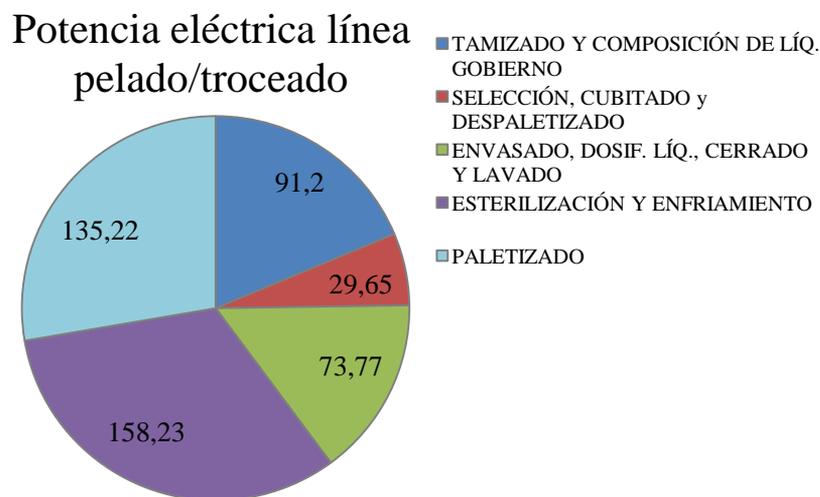


Figura 33: Distribución de la potencia por etapas en línea de tomate pelado y troceado

En este caso es posible observar como la etapa de esterilización y enfriamiento es la que mayor potencia muestra. Esto es debido de nuevo a que necesita bombear cantidades considerablemente grandes de agua, para realizar el enfriamiento. Además, es necesaria gran cantidad de electricidad para la puesta en marcha de estos equipos esterilizadores.

La línea de paletizado también demanda una cantidad de electricidad considerable como se puede observar, ya que se encarga de transportar y organizar todos los botes procesados.



## Potencia eléctrica de línea de pelado/troceado por equipos

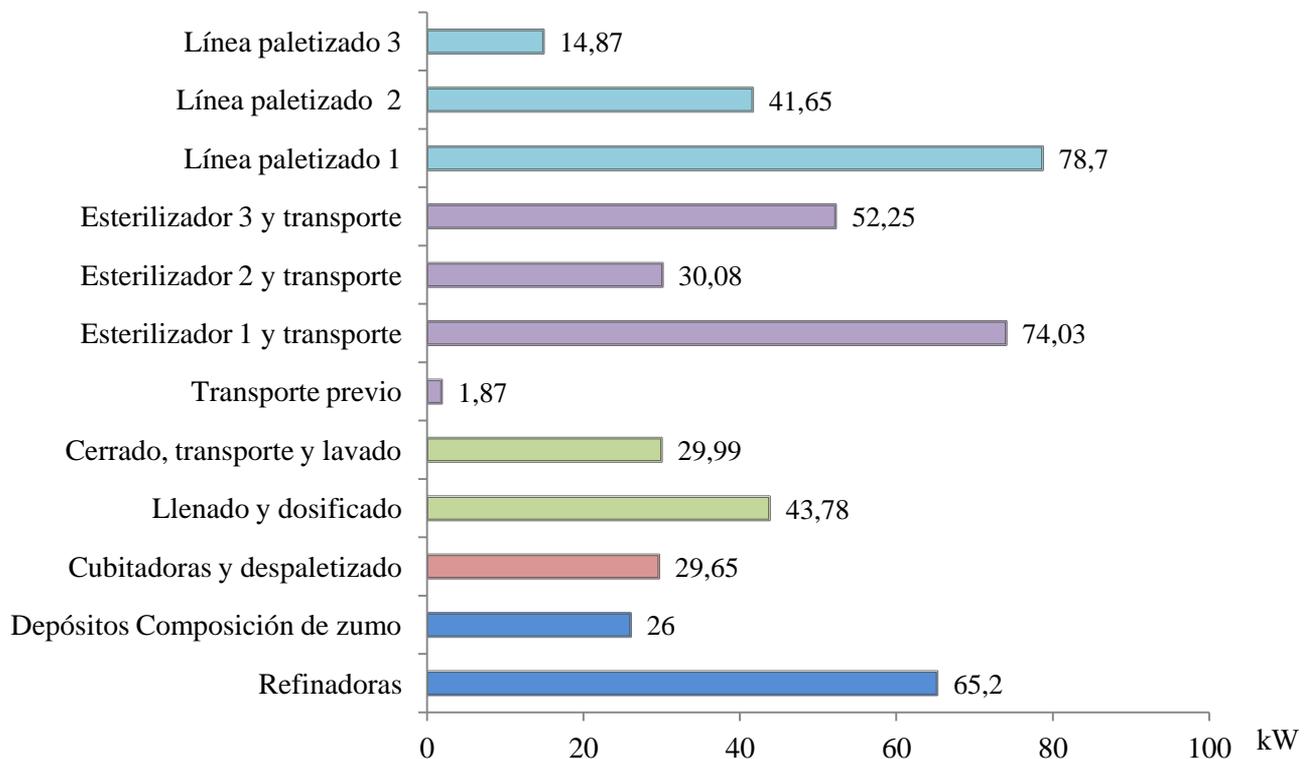
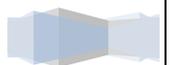


Figura 34: Distribución de la potencia por equipos de la línea de tomate pelado y troceado

Las refinadoras poseen unos motores eléctricos muy potentes debido a que deben extraer el zumo de una fracción bastante importante de los descartes procesados, de ahí que posean una potencia considerable. Se aprecia bien como los esterilizadores y las líneas de paletizado poseen gran potencia como se ha comentado previamente.

La última línea de procesado que aparece es la del tomate triturado y salsas. A partir de los descartes que se van generando a lo largo de las otras etapas se genera esta otra línea. A continuación se muestran los mismos gráficos, circular y de barras para esta línea:



## Distribución de la potencia en línea de triturado y salsas

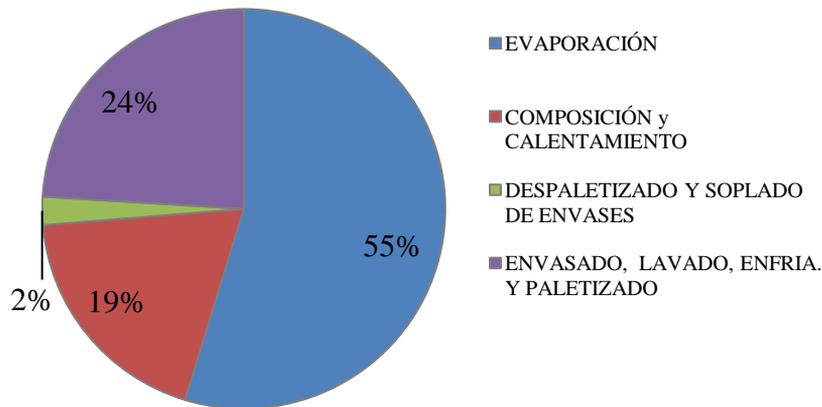


Figura 35: Distribución de la potencia por etapas de la línea de triturado y salsas

## Potencia eléctrica de línea de triturado/salsas por equipos

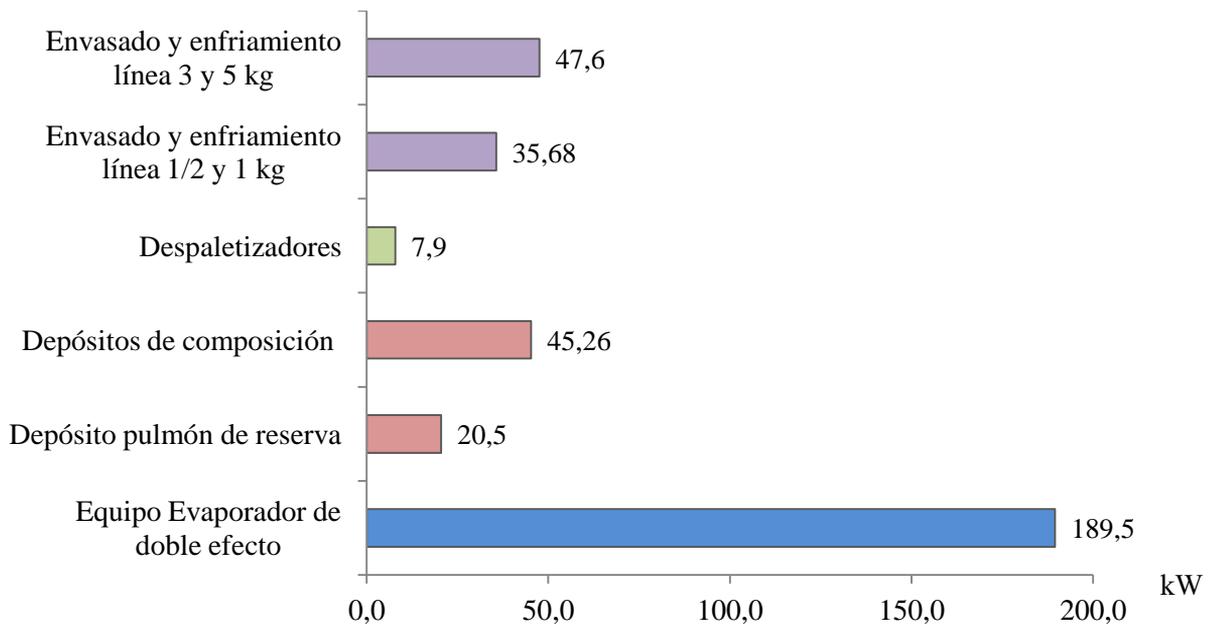
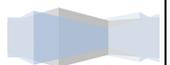


Figura 36: Distribución de la potencia por equipos de la línea de triturado y salsas



No hace falta ni comentar que en este caso es el evaporador el equipo que más energía eléctrica consume. Posee unas bombas de gran tamaño para poder impulsar el producto a su paso. Además, posee otra serie de motores para bombear el agua de las torres de refrigeración a su condensador y el equipo evaporador en sí también demanda gran cantidad de electricidad.

Por último se presentan los resultados obtenidos de la electricidad que consumen los sistemas auxiliares de la empresa. En este caso basta con el gráfico de barras ya que se han englobado los equipos por cada uno de los sistemas.

### Potencia eléctrica de los sistemas auxiliares

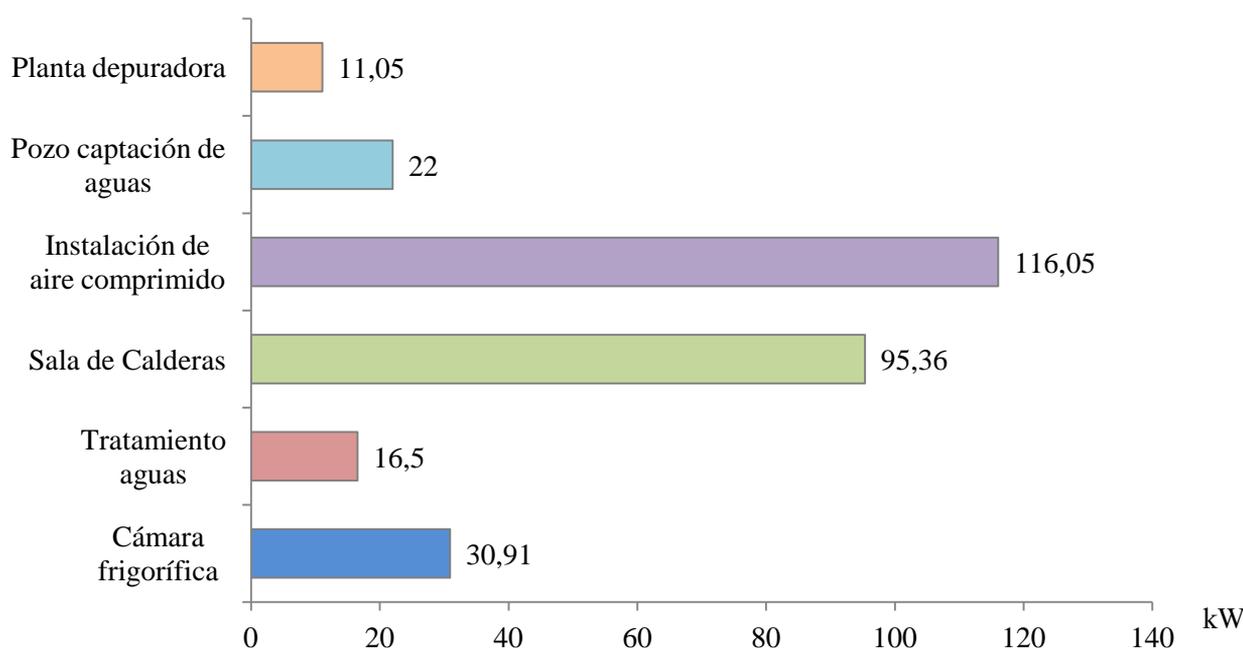


Figura 37: Distribución de la potencia de los sistemas auxiliares

El aire comprimido es utilizado en varios de los procesos, como puede ser el despaletizado de los envases o el paletizado del producto final. Se puede observar como los compresores de esta instalación demandan una cantidad considerable de electricidad.

Cabe destacar que estas potencias corresponden a las estimadas a través de la lectura de placas de las máquinas utilizando el método descrito anteriormente, por lo que se trata de la potencia teórica de la instalación.



Utilizando los valores de días de campaña trabajados, horas trabajadas por jornada y el factor de corrección de horas de funcionamiento simultáneo de máquinas se ha obtenido una estimación del consumo eléctrico de la empresa para la campaña 2015. Este valor se muestra en la siguiente tabla:

	Potencia eléctrica (kW)	Potencia total (kW)	Días de campaña	Horas/día	Horas totales	Consumo (kWh)	Factor corrección	Consumo corregido (kWh)
LÍNEAS COMUNES	480,8	1.607,08	71	24	1.704	2.738.464,3	0,65	<b>1.780.002</b>
ENTERO/TROCEADO	488,07							
TRITURADO/SALSAS	346,34							
SIST. AUXILIARES	291,87							

Tabla 12: Resumen de la potencia y consumo eléctrico estimado de la instalación

Se ha podido comprobar cómo este consumo teórico no se aleja demasiado del valor real de consumo eléctrico registrado durante la campaña de tomate de 2015. Observando los historiales de la empresa, se observó que ésta consumió un total de 1.546.265 kWh de energía eléctrica. Esto supone que el valor estimado de consumo eléctrico es **1,15 veces mayor** que el real registrado.

Esta diferencia entre el valor teórico estimado y el real pagado puede ser debida a que el factor de corrección elegido no es el adecuado, siendo incluso menor el valor de simultaneidad de funcionamiento de las máquinas. Además, es muy probable que algunos de los motores estén sobredimensionados por lo que no estarán trabajando a su máxima potencia, hecho que no se refleja en la suma total de la potencia de la instalación.

Debido a esto, los resultados del análisis eléctrico se han considerado útiles para determinar las proporciones de consumo de las distintas etapas del procesado del tomate, sin tener en cuenta las diferencias que puedan existir respecto al consumo real medido la pasada campaña.

De acuerdo a los resultados obtenidos, las etapas que más electricidad consumen en la fábrica corresponden a la **Recepción y lavado** de la materia prima, la **Pasteurización y Enfriamiento** del tomate entero, el **Sistema Evaporador** de doble efecto y la Instalación de **Aire comprimido**. Entre todas ellas son responsables del **41,5%** del **consumo eléctrico** de la línea de tomate. Por lo tanto toda medida de ahorro que se lleve a cabo en estas etapas supondrá un ahorro energético y por tanto económico considerable.



## B) ENERGÍA TÉRMICA

En siguiente lugar, se presentan los resultados de la evaluación del consumo térmico de la empresa. Como se ha mencionado previamente el análisis consistió en estimar la cantidad de vapor de agua demandada en cada una de las etapas que hacen uso de él. A partir de ahí se pudo calcular la cantidad de gas natural utilizada en las calderas para la producción del total de vapor y de esta manera obtener cifras de costes económicos por etapa.

Es importante resaltar en este apartado las características productivas y operativas de los distintos equipos que hacen uso de vapor de agua, así como las del sistema de calderas que se encargan de producirlo. A continuación se presentan las características de estos equipos y los resultados obtenidos de los consumos de cada uno de ellos:

### - Peladora termofísica

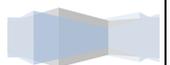
El primer elemento que hace uso de vapor se encuentra tras el lavado de la materia prima en la recepción, es decir, la peladora. Según las especificaciones técnicas del equipo ya vistas en el apartado 2.1.1.2: *Equipos e Instalaciones de Línea Entero*, la capacidad de procesado de éste es de 60 toneladas por hora de tomate fresco. Para ello, utiliza alrededor de 1.200 kg/h de vapor seco saturado a 4 bar.

A pesar de estos valores teóricos, la cantidad de materia prima procesada como se ha visto en apartados anteriores corresponde a valores cercanos a los 18.800 kg/h los cuales tras la primera selección se quedan en torno a 17.800 kg/h que entran en la peladora. Es posible obtener una estimación de los consumos de este equipo para esta nueva cantidad de materia prima procesada. Los resultados son los siguientes:

·  $(17.800 \text{ kg tomate/h} \times 1.200 \text{ kg vapor/h}) / 60.000 \text{ kg tomate/h} = \mathbf{356 \text{ kg de vapor/h de consumo medio en la peladora}}$

Utilizando las horas totales de campaña de la tabla 1 (1.704) se puede calcular los valores totales para la campaña. Los resultados se muestran a continuación:

·  $356 \text{ kg vapor/h} \times 1704 \text{ horas} = \mathbf{606.624 \text{ kg de vapor consumidos por campaña en la peladora}}$



## - Esterilizadores continuos para tomate entero

Tras la etapa de cerrado de botes de tomate entero, éstos son conducidos a la zona de esterilizado, la siguiente etapa que hace uso del vapor de las calderas. Como se ha mencionado en apartados anteriores aquí aparecen tres esterilizadores distintos, cuyos consumos se describen a continuación:

### - Esterilizador 1 (Línea de 1 kg)

Este esterilizador como se ha citado en el apartado 2.1.1.2: *Equipos e Instalaciones de Línea Entero* consume alrededor de 1.800 kg/h de vapor a 6 bar a pleno funcionamiento de esterilización. En un tiempo de esterilizado de 45 minutos, el equipo es capaz de procesar una media de 600 botes/minuto.

Realizando una regla de tres es posible calcular cuántos kilogramos de tomate es capaz de procesar en una hora de esterilizado. El resultado es: **36.000 kg de tomate por hora de esterilizado.**

Conociendo la proporción de tomate entero que va destinada a la línea de 1kg, obtenemos la cantidad total de tomate procesada en la campaña de la línea de 1 kg. Con este valor y el obtenido previamente de los kg de tomate por hora de esterilizado es posible calcular las horas totales de funcionamiento del esterilizador 1.

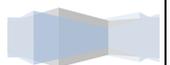
El resultado es el siguiente:  $(19.205.784 \text{ kg pelado} \times (1/3)) / 36.000 \text{ kg tomate procesado/h} = 177,8 \text{ horas totales de esterilizado de línea de 1 kg}$

Con este valor de las horas totales de esterilizado, se procede a calcular los consumos del esterilizador 1:

· Horas totales 1kg (177,83h) x 1.800 kg vapor/h = **320.094 kg de vapor utilizados en esterilizador 1**

### - Esterilizador 2 (Línea de 3 y 5 kg)

Este segundo esterilizador como se ha citado en el apartado 2.1.1.2: *Equipos e Instalaciones de Línea Entero* consume alrededor de 1.500 kg/h de vapor a 6 bar a pleno funcionamiento de esterilización. En este caso el equipo se encarga del procesado de dos formatos distintos, los cuales tienen diferentes parámetros de funcionamiento.



En latas de 3 kg en un tiempo de esterilizado de 55 minutos, el equipo es capaz de procesar una media de 112 botes/minuto. Para el formato de 5 kg en un tiempo de esterilizado de 55 minutos, el equipo es capaz de procesar una media de 66 botes/minuto. Realizando una regla de tres es posible calcular cuántos kilogramos de tomate es capaz de procesar en una hora de esterilizado para ambos formatos.

El resultado es:

**20.160 kg de tomate por hora de esterilizado** en formato de 3 kg y **19.800 kg de tomate por hora de esterilizado** en formato de 5 kg.

Conociendo la proporción de tomate entero que va destinada a las líneas de 3 y 5kg, obtenemos la cantidad total de tomate procesada en la campaña de ambas líneas. Con este valor y el obtenido previamente de los kg de tomate por hora de esterilizado es posible calcular las horas totales de funcionamiento del esterilizador 2. Debido a que se trata tanto el formato 3kg como el 5 kg en el mismo esterilizador, para facilitar la estimación del consumo de vapor se realizará los cálculos con valores medios de funcionamiento.

El resultado es el siguiente:  $(19.205.784 \text{ kg pelado} \times (1/3)) / (\text{Media entre } 20.160 \text{ y } 19.800 \text{ kg tomate procesado/h}) = 320,41$  **horas totales de esterilizado de líneas de 3 kg y 5 kg**

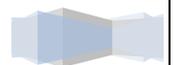
Con este valor de las horas totales de esterilizado, se procede a calcular los consumos del esterilizador 2:

· Horas totales 3 y 5kg (320,41h) x 1.500 kg vapor/h = **480.625,3 kg de vapor utilizados en esterilizador 2**

- Esterilizador 3 (Línea de ½ kg)

Este último esterilizador posee características diferentes a los dos primeros. En este caso se trata de un equipo continuo de esterilización por inmersión.

Este esterilizador es capaz de procesar una media de 850 botes por minuto para un tiempo total del proceso de 60 minutos. Por lo tanto, puede llegar a procesar un total de **25.500 kg de tomate entero por hora de funcionamiento**. Debido a la inexistencia de manuales técnicos de este equipo no fue posible obtener el valor de consumo de vapor por hora de esterilizado. Consultando con los encargados de mantenimiento y debido a la antigüedad del equipo se estimó que el consumo de vapor de este sería considerablemente mayor que el de los anteriores. Se le asignó un consumo de 2.100 kg/h de vapor.



Siguiendo el mismo procedimiento que antes se puede calcular las horas de funcionamiento del equipo y así el consumo de vapor de éste:

$$19.205.784 \text{ kg pelado} \times (1/3) / 25.500 = 251,1 \text{ horas totales de esterilizado de líneas de } 1/2 \text{ kg}$$

Con este valor de las horas totales de esterilizado, se procede a calcular los consumos del esterilizador 3:

$$\cdot \text{Horas totales } \frac{1}{2} \text{ kg} (251,1\text{h}) \times 2.100 \text{ kg vapor/h} = 527.218 \text{ kg de vapor utilizados en esterilizador 3}$$

### - Sistema evaporador de doble efecto

El sistema evaporador como se ha descrito en el 2.1.2.2: Equipos e Instalaciones de Línea Triturado consta de dos efectos para la concentración del zumo que no posee la consistencia deseada. Este está diseñado para procesar alrededor de 8.400 kg/h de zumo de tomate. Debido a que la concentración de sólidos solubles en la entrada es del 5% y que se llega a concentrar hasta un 30%, el caudal de salida se puede calcular de manera sencilla a través de un balance de materia:

$$M_{\text{entrada}} \cdot X_{\text{tomate}}^{\text{sólidos entrada}} = M_{\text{sólidos}}$$

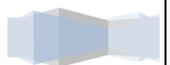
$$M_{\text{salida}} \cdot X_{\text{tomate}}^{\text{sólidos salida}} = M_{\text{sólidos}}$$

$$8.400 \text{ kg/h} \cdot 0,05 = 420 \text{ kg/h}$$

$$M_{\text{salida}} \cdot 0,3 = 420 \text{ kg/h} \quad \rightarrow \quad M_{\text{salida}} = 1.400 \text{ kg/h de tomate concentrado. Por tanto se evaporan } 7.000 \text{ kg/h de agua del producto que entra.}$$

Según las fichas técnicas del aparato, éste evapora alrededor de 7.500 kg/h de agua del producto, lo que se asemeja a los 7.000 kg/h de agua evaporada que se obtienen del balance de materia realizado.

Los documentos técnicos también aseguran que el consumo de vapor a 3 bar es de 3.600 kg/h para estos 7.500 kg/h de agua evaporada del producto, lo que da una relación de consumo específico de 0,48 kg vapor/kg de agua evaporada. Debido a que este es el valor teórico provisto por el fabricante y atendiendo a una situación más real, que contemple los fallos que pueda haber en el mantenimiento de vacío, a este resultado se le añadirá un coeficiente de pérdidas de un 20% extra. De esta manera el resultado final de consumo específico es de **0,576 kg de vapor / kg de agua evaporada.**



Una vez conocida la relación de vapor/agua evaporada es posible conocer la cantidad total de vapor utilizada en el evaporador durante la campaña. De acuerdo a lo explicado en la parte de Equipos de Composición del apartado 2.1.2.2: *Equipos e Instalaciones de Línea Triturado*, un 14,6% de total de tomate triturado procesado se evapora en el sistema evaporador. Conociendo el total de producto triturado que se procesa y esta proporción, es posible conocer la cantidad total de agua evaporada en la campaña 2015:

19.821.009 kg triturado/campaña x 0,146 = 2.893.867 kg de agua evaporada por campaña

Aplicando la proporción de vapor/agua evaporada:

2.893.867 kg de agua evaporada x 0,576 kg vapor/kg agua evaporada = **1.663.442,5 kg de vapor utilizados en campaña en el evaporador**

Consultando con el encargado de mantenimiento, los condensados producidos en este sistema evaporador (los 1.663.442,5 kg de vapor condensado) retornan a la caldera inmediatamente, con una presión de 3 bares y una temperatura media de 95°C, para poder ser de nuevo utilizados en el sistema de calderas.

#### - Intercambiadores de calor

En el siguiente apartado se procede al cálculo del consumo de vapor de agua que presentan los distintos intercambiadores de calor de la línea de procesado de tomate. Para realizarlo, se tendrán en cuenta una serie de consideraciones previas.

En primer lugar, cabe destacar que debido a que este cálculo ha sido realizado fuera de campaña y que por tanto estos equipos no han estado en funcionamiento, los resultados consistirán en una estimación teórica del consumo de vapor.

En segundo lugar, debido a que las tuberías de recepción de los intercambiadores están calorifugadas, es decir, presentan aislamiento térmico, las pérdidas de calor se consideraran nulas y es por ello que se utilizarán las siguientes ecuaciones para realizar el procedimiento de cálculo de los consumos:

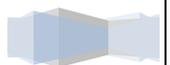
$$Q_c = Q_t$$

Dónde:

$Q_c$  = Flujo de calor cedido (kW)

$Q_t$  = Flujo de calor tomado (kW)

$$Q_c = Q_t = m_c \cdot h_g + m_c \cdot C_{p_c} \cdot (T_{ce} - T_{cs}) = m_f \cdot C_{p_f} \cdot (T_{fs} - T_{fe})$$



Dónde:

$Q$  = Flujo de calor ( $kW$ )

$m_c$  = Caudal másico del fluido caliente (vapor) ( $kg/s$ )

$h_g$  = Entalpía de vaporización del vapor ( $kJ/kg$ )

$Cp_c$  = Calor específico del agua ( $kJ/kg \cdot K$ )

$T_{ce}$  = Temperatura de entrada del fluido caliente ( $K$ )

$T_{cs}$  = Temperatura de salida del fluido caliente ( $K$ )

$m_f$  = Caudal másico del fluido frío (tomate) ( $kg/s$ )

$Cp_f$  = Calor específico del tomate triturado ( $kJ/kg \cdot K$ )

$T_{fs}$  = Temperatura de salida del fluido frío ( $K$ )

$T_{fe}$  = Temperatura de entrada del fluido frío ( $K$ )

La primera parte de la ecuación corresponde a la cesión de calor por parte del vapor en el intercambiador. El primer miembro corresponde al flujo de calor latente por el cambio de estado del vapor a agua líquida mientras que el segundo es el flujo de calor sensible producido entre los condensados recién formados y el zumo de tomate. Por otro lado, la parte derecha de la ecuación corresponde a la toma de calor por parte del producto procesado.

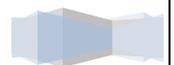
Los valores de la ecuación dependerán en función de la presión a la que llegue el vapor, que influirá en la temperatura de éste, en el caudal másico de tomate que pase a través del equipo y las temperaturas de entrada y salida de éste.

Conociendo estos parámetros será posible despejar de la ecuación el término del caudal másico de vapor y por tanto se obtendrá el valor del consumo de éste fluido calefactor. Cabe destacar que los valores de calores específicos del tomate han sido obtenidos a través de las ecuaciones del modelo de *Choi y Okos* (Choi y Okos 1986) de predicción de propiedades térmicas de los alimentos. Ha sido utilizada una hoja de cálculo prediseñada para ello.

A continuación se procede a presentar los cálculos y los resultados de los consumos de vapor de cada grupo de intercambiadores de calor:

#### - Intercambiadores 1 y 2

Estos dos intercambiadores reciben el zumo del hot break a temperatura ambiente y expulsan el producto a temperaturas entre los 80 y 85°C. Debido a que estos dos equipos están conectados en serie uno seguido del otro y son funcionalmente idénticos, se considerará el sistema como un solo intercambiador de mayor tamaño. Estos son los datos y valores necesarios para la ecuación:



*Presión del vapor:* 3 bares absolutos

*Tce:* 134 °C

*Tcs:* 120 °C

*hg:* 2.167,7 kJ/kg

*Cp agua a (134°C):* 4,262 kJ/kg·K

*Cp tomate triturado (a 45°C):* 3,949 kJ/kg·K

*Tomate triturado procesado en campaña:* 11.629 kg/h x 2 = 23.258 kg/h = 6,46 kg/s

*Tfe:* 293 K

*Tfs:* 356 K

$$Q_c = Q_t = mc \cdot 2.167,7 + mc \cdot 4,262 \cdot (134-120) = 6,46 \cdot 3,949 \cdot (356-293)$$

$$mc = 0,7216 \text{ kg/s} = \mathbf{2.598 \text{ kg/h de vapor consumidos en los intercambiadores 1 y 2}}$$

### - Intercambiador 3

Este intercambiador recibe el zumo del depósito de reserva de tomate triturado a la temperatura de salida del evaporador, es decir, 60 °C y saca el producto a temperaturas entre los 80 y 85°C. Estos son los datos y valores necesarios para la ecuación:

*Presión del vapor:* 3.5 bares absolutos

*Tce:* 138,2 °C

*Tcs:* 130 °C

*hg:* 2.154 kJ/kg

*Cp agua a (138°C):* 4,268 kJ/kg·K

*Cp tomate triturado (a 70°C):* 3,964 kJ/kg·K

*Tomate triturado procesado en evaporador:* 8.400 kg/h = 2,33 kg/s

*Tfe:* 333 K

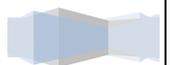
*Tfs:* 356 K

$$Q_c = Q_t = mc \cdot 2.154 + mc \cdot 4,268 \cdot (138-130) = 2,33 \cdot 3,964 \cdot (356-333)$$

$$mc = 0,0971 \text{ kg/s} = \mathbf{349,5 \text{ kg/h de vapor consumidos en el intercambiador 3}}$$

### - Intercambiador 4

Este intercambiador recibe el zumo del depósito de reserva utilizado en caso de que el pulmón de triturado esté lleno, por tanto no procesa el 100% del producto. Se ha estimado que solo un 30% del triturado total atraviesa este evaporador durante la campaña.



El producto llega con temperatura cercana 70 °C y sale de él entorno a los 83 °C. Estos son los datos y valores necesarios para la ecuación:

*Presión del vapor:* 3 bares absolutos

*Tce:* 134 °C

*Tcs:* 120 °C

*Cp agua a (134°C):* 4,262 kJ/kg·K

*hg:* 2.167,7 kJ/kg

*Cp tomate triturado (a 75°C):* 3,968 kJ/kg·K

*Tomate triturado procesado en campaña:* 11.629 kg/h x 0,3 = 3.489 kg/h = 0,97 kg/s

*Tfe:* 343 K

*Tfs:* 356 K

$$Qc = Qt = mc \cdot 2.167,7 + mc \cdot 4,262 \cdot (134-120) = 0,97 \cdot 3,964 \cdot (356-343)$$

$$mc = 0,0225 \text{ kg/s} = \mathbf{80,87 \text{ kg/h de vapor consumidos en el intercambiador 4}}$$

#### - Intercambiadores 5 y 6

Estos dos intercambiadores reciben el producto del pulmón de zumo a unos 83 °C y expulsan el producto a temperaturas próximas a 90°C. En este sistema de intercambiadores se procesa el zumo de tomate utilizado para líquido de gobierno, por tanto de acuerdo a los valores vistos anteriormente de proporción de jugos destinados a líquido de gobierno, se procesa alrededor de un 43% del total de triturado. Ambos equipos están conectados al depósito pulmón de zumo y son funcionalmente idénticos, por tanto se considerará el sistema como un solo intercambiador de mayor tamaño. Estos son los datos y valores necesarios para la ecuación:

*Presión del vapor:* 3 bares absolutos

*Tce:* 134 °C

*Tcs:* 120 °C

*hg:* 2.167,7 kJ/kg

*Cp agua a (134°C):* 4,262 kJ/kg·K

*Cp tomate triturado (a 85°C):* 3,976 kJ/kg·K

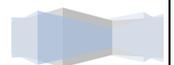
*Tomate triturado procesado en campaña:* 11.629 kg/h x 0,43 x 2 = 5.083 kg/h=2,824 kg/s

*Tfe:* 356 K

*Tfs:* 360 K

$$Qc = Qt = mc \cdot 2.167,7 + mc \cdot 4,262 \cdot (134-120) = 2,824 \cdot 3,976 \cdot (360-356)$$

$$mc = 0,02 \text{ kg/s} = \mathbf{72,47 \text{ kg/h de vapor consumidos en los intercambiadores 5 y 6}}$$



#### - Intercambiadores 7 y 8

Estos dos intercambiadores reciben el producto de los cubos de tomate triturado a unos 83 °C y expulsan el producto a temperaturas próximas a 90°C. En estos equipos se procesa la proporción de zumo dedicada al tomate triturado y por tanto de acuerdo a los valores vistos anteriormente de proporción de producción de tomate triturado, este producto supone un 32% del total de jugos procesados en esta línea.

Ambos equipos están conectados a los cubos de composición de triturado y son funcionalmente idénticos, por tanto se considerará el sistema como un solo intercambiador de mayor tamaño. Estos son los datos y valores necesarios para la ecuación:

*Presión del vapor:* 3 bares absolutos

*Tce:* 134 °C

*Tcs:* 120 °C

*Cp agua a (134°C):* 4,262 kJ/kg·K

*hg:* 2.167,7 kJ/kg

*Cp tomate triturado (a 85°C):* 3,97 kJ/kg·K

*Tomate triturado procesado en campaña:* 11.629 kg/h x 0,32 x 2 = 7.442,6 kg/h = 2,07 kg/s

*Tfe:* 356 K

*Tfs:* 360 K

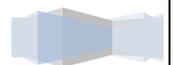
$Qc = Qt = mc \cdot 2.167,7 + mc \cdot 4,262 \cdot (134-120) = 2,07 \cdot 3,949 \cdot (360-356)$

$mc = 0,015 \text{ kg/s} = \mathbf{53,1 \text{ kg/h de vapor consumidos en los intercambiadores 7 y 8}}$

#### - Intercambiadores 9, 10 y 11

Finalmente, estos tres intercambiadores reciben todo el producto de la zona de composición y lo sacan por un lado a la zona de dosificación de líquido de gobierno en la línea de entero y por otro a las llenadoras en caliente de la línea de triturados. De composición llegan con temperaturas próximas a los 90°C y deben salir con temperatura superior a 94°C para una correcta pasteurización.

Los tres equipos están conectados a los cubos de composición de triturado y son funcionalmente idénticos, por tanto se considerará el sistema como un solo intercambiador de mayor tamaño. Estos son los datos y valores necesarios para la ecuación:



Presión del vapor: 3 bares absolutos

$T_{ce}$ : 134 °C

$T_{cs}$ : 120 °C

$C_p$  agua a (134°C): 4,262 kJ/kg·K

$h_g$ : 2.167,7 kJ/kg

$C_p$  tomate triturado (a 87°C): 3,978 kJ/kg·K

Tomate triturado procesado en campaña: 11.629 kg/h = 3,23 kg/s

$T_{fe}$ : 359 K

$T_{fs}$ : 365 K

$$Q_c = Q_t = mc \cdot 2.167,7 + mc \cdot 4,262 \cdot (134-120) = 3,23 \cdot 3,978 \cdot (359-365)$$

$$mc = 0,0346 \text{ kg/s} = \mathbf{124,6 \text{ kg/h de vapor consumidos en los intercambiadores 9, 10 y 11}}$$

Una vez obtenidos los resultados de consumo de vapor de cada uno de los intercambiadores se procede a presentar una tabla para resumir estos consumos. Se muestra tanto el consumo horario de vapor como el total por campaña de cada intercambiador:

Intercambiador	Consumo (kg/h)	Consumo total (kg)	%
1 y 2	2598	4.426.992	79,2
3	349,5	595.548	10,7
4	80,868	137.799,072	2,47
5 y 6	72,473	123.493,992	2,21
7 y 8	53,06	90.414,24	1,62
9, 10 y 11 (sin retorno)	124,58	212.284,32	3,8
<b>Total</b>	<b>3.278,481</b>	<b>5.586.531,624</b>	<b>100</b>

Tabla 13: Consumos de vapor de los intercambiadores de calor

Tras estimar el consumo de vapor en cada uno de los equipos estudiados, se procede a presentar una tabla y una gráfica que los recoja. De esta manera será posible apreciar mejor los equipos que más vapor consumen y por tanto donde podría ser más indicado realizar las posibles medidas de ahorro.



## Consumo de vapor por equipos

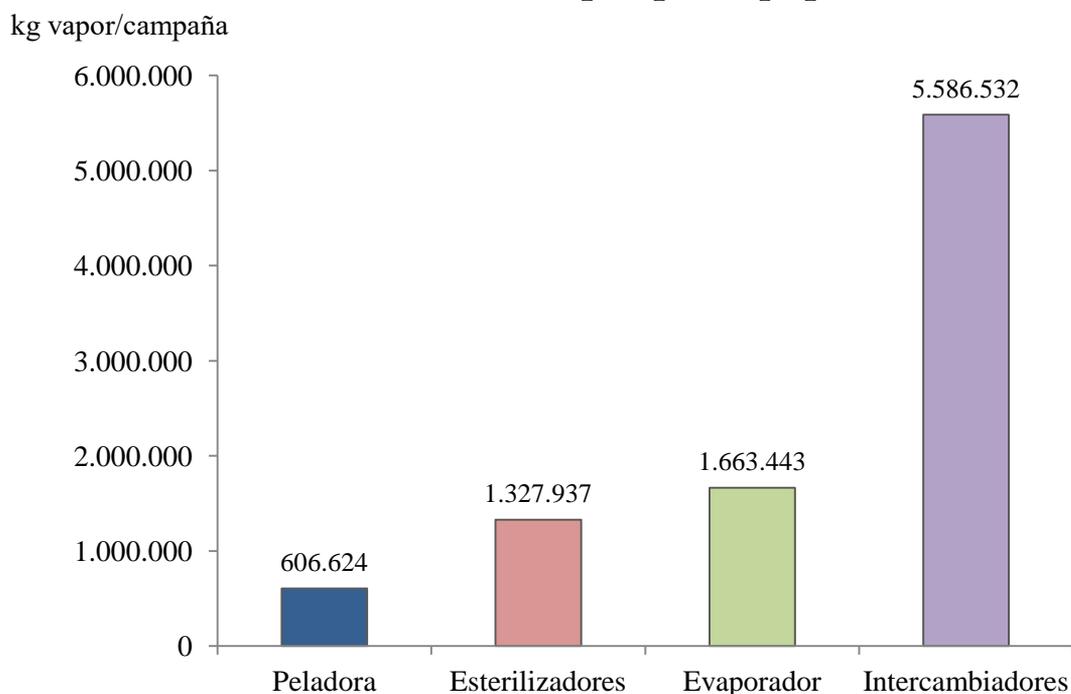


Figura 38: Consumos de vapor por campaña de los distintos equipos

Equipos	Consumo (kg)	%	Presión (bar)
<b>Peladora</b>	606.624	6,60	4
<b>Esterilizadores</b>	1.327.937	14,46	6
<b>Evaporador</b>	1.663.443	18,11	3
<b>Intercambiadores</b>	5.586.532	60,83	3
<b>Total</b>	<b>9.184.536</b>	<b>100</b>	

Tabla 14: Consumos de vapor por campaña de los distintos equipos

Se puede apreciar a simple vista como los equipos que más demandan vapor son los intercambiadores de calor ya que hay un total de 11 en toda la planta. En la tabla 14 aparecen los valores de presión a la cual los equipos demandan el vapor. Los esterilizadores demandan vapor a 6 bares de presión, por tanto estos equipos son los que determinan la presión mínima que debe tener el vapor a la salida de las calderas, la cual es 7 bar teniendo en cuenta las pérdidas de carga generadas en el transporte.



## - Sistema de calderas y comparación de resultados

En este apartado se procede a presentar los valores de producción y consumo de las calderas de la instalación y a comparar estos datos con los resultados obtenidos en la estimación del consumo de vapor de los distintos equipos que hacen uso de éste.

El conjunto de calderas de la empresa está formado por dos equipos. La primera de ellas fue diseñada a medida por la empresa Vulcano-Sadeca S.A y la segunda por Cerney S.A, actualizadas por última vez en el año 2006. Ambas son de tipo pirotubular y no poseen economizador, elemento que reutiliza los humos expulsados en la combustión del fluido combustible para precalentar el agua de entrada a la caldera. El combustible utilizado por ambas es el gas natural.

La primera, posee un volumen de 21,6 m<sup>3</sup> siendo su superficie de calefacción de 220 m<sup>2</sup>. Posee una producción nominal de vapor de 12 toneladas vapor/h. Las características de la segunda son similares, la cual posee un volumen de 25,93 m<sup>3</sup> y una superficie de calefacción de 296 m<sup>2</sup>, con una producción nominal de 12,5 toneladas vapor/h. La presión de operación de las calderas es de 7 bar y un 20% de los condensados de estas retornan, según las fichas técnicas. Cabe destacar que esta proporción de retorno de condensados no concuerda con la proporción que los encargados de mantenimiento afirman. Éstos sugieren que los condensados que retornan son los correspondientes a 8 de los intercambiadores de calor y a los del evaporador, que como se verá más adelante, suponen un porcentaje mayor que el del 20%. La temperatura del depósito de alimentación de agua es de 28°C de media y la temperatura de los humos en la salida es de 185°C.

A lo largo de toda la campaña, las calderas funcionaron diariamente, durante los 71 días trabajados en 2015. Como aparece recogido en la figura 26, el consumo de energía térmica durante la campaña ascendió a 13.492.430 kWh en 2015. Estos valores son los registrados por la empresa y son los correspondientes al uso de gas natural para la producción de vapor en las calderas. Para poder comparar los valores estimados en el apartado anterior de consumo de vapor de agua con este total de energía registrada se ha llevado a cabo una estimación aproximada de la energía necesaria para producir el total de vapor de agua consumido en los equipos.

Para ello, se ha realizado el cálculo del calor necesario de aportar al agua utilizada en las calderas para la producción total de vapor estimada. Esta agua utilizada es la suma de toda la cantidad de vapor necesaria en cada uno de los equipos, teniendo en cuenta las proporciones de condensados que retornan. De entre los distintos equipos, los condensados que siguen los ramales de retorno a la caldera son los del sistema evaporador y los de los intercambiadores de



calor a excepción de los números 9, 10 y 11. Los condensados son recogidos y transportados por bombas de recogida de condensados que se pueden ver en los planos XX de los Anexos.

Aquí estos condensados se hacen pasar por un revaporizador donde su presión se iguala a la atmosférica, para que de esta forma no se produzcan golpes en el depósito de alimentación de la caldera. Los condensados llegan a este depósito con una presión de 1 bar y una temperatura de 60 °C. A continuación se presentan los cálculos realizados:

En primer lugar se han calculado el caudal de condensados que vuelven a la caldera, para así saber la cantidad de agua nueva necesaria de aportar al depósito.

$$m_{cond} = \text{condensados evaporador} + \text{condensados intercambiadores}$$
$$m_{cond} = 976,2 + 3.036,42 = 4.012,62 \text{ kg/h de condensados}$$

En el revaporizador como se ha comentado se disminuye la presión hasta igualarla a la atmosférica. Aquí se producirá un caudal de vapor que será justamente el que en su generación consuma la entalpía sobrante del agua al pasar de la temperatura de salida de los condensados (se ha tomado 120°C) a 60°C que es a la que retornan a la caldera. La entalpía de vaporización a 1 bar es de 2.257,7 kJ/kg y las entalpías a las presiones de salida y retorno 501,6 kJ/kg y 417,5 kJ/kg respectivamente.

$$\text{Entalpía sobrante } \Delta h_a = 501,6 - 417,5 = 84,1 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{Caudal de condensado revaporizado } m_{rev} = (m_{cond} \cdot \Delta h_a) / \lambda_{1bar}$$
$$m_{rev} = (4.012,62 \cdot 84,1) / (2.257,7) = 149,47 \text{ kg/h de condensados revaporizados}$$

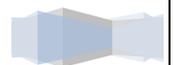
Caudal de condensado recuperado  $m_{condrec} = 4.012,62 - 149,47 = 3.863,15 \text{ kg/h}$  de condensados a 60°C retornan a la caldera.

El agua total necesaria para producir el vapor corresponderá a la cantidad total de vapor que es igual a 5.390 kg/h. Por tanto la cantidad necesaria de aporte será:

$$\text{Caudal de aporte } m_{aport} = 5.390 - 3.863,15 = 1.526,84 \text{ kg/h de agua nueva a } 20^\circ\text{C}.$$

Se observa como el total de condensados retornados es próximo al 70% del vapor utilizado.

Debido a que siempre habrá una cantidad extra de agua superior a la producción de vapor se añade un coeficiente de seguridad a esta agua de aporte de un 10%, elevándose a 1.680 kg/h de agua necesaria de aportar.



Finalmente ya es posible calcular el calor necesario para producir el vapor que se consume. En primer lugar se presenta el calor necesario por unidad de masa y a continuación el total.

$$q_{cond} = (h_{a170^{\circ}C} - h_{a60^{\circ}C}) + \lambda_{7bar}$$

$$q_{aport} = (h_{a170^{\circ}C} - h_{a20^{\circ}C}) + \lambda_{7bar}$$

$$q_{cond} = (742,6 - 250,1) + 2.088 = 2.580,5 \text{ kJ/kg}$$

$$q_{aport} = (742,6 - 83,6) + 2.088 = 2.747 \text{ kJ/kg}$$

Ahora se multiplican estos valores por la cantidad de condensados y agua de aporte respectivamente y se suman:

$$Q_{total} = q_{cond} \cdot m_{condrec} + q_{aport} \cdot m_{aport}$$

$$Q_{total} = 2.580,5 \cdot 3.863,15 + 2.747 \cdot 1.526,84 = 14.163.088,1 \text{ kJ/h}$$

$$14.163.088,1 \text{ kJ/h} = 2,413 \times 10^{10} \text{ kJ totales en campaña} = 6.703.862 \text{ kWh totales en campaña}$$

Debido a que las calderas son de tipo pirotubular se le añade un coeficiente por rendimiento de un 83%, lo que eleva este valor a un total de **8.076.942 kWh**

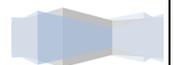
El valor registrado por la empresa de consumo real por gas natural para la campaña 2015 fue, como se ha mencionado previamente, de 13.492.430 kWh. Se ha visto conveniente aplicar un coeficiente de pérdidas por exceso de aire de un 12% en las calderas, lo que significa que el 12% del calor utilizado por las calderas se pierde calentando aire en la combustión. De esta manera, del total registrado aproximadamente 1.619.092 kWh no serían útiles. En definitiva, 11.873.338 kWh sería el consumo útil utilizado realmente para producir el vapor de agua.

Se puede observar como el valor obtenido mediante la estimación realizada es menor al real registrado por la empresa,. Esto es debido principalmente a que los cálculos realizados para calcular los consumos de vapor y la energía necesaria han sido de carácter teórico ya que no era posible realizar medidas in situ. A pesar de ello, este valor estimado podría ser significativo debido a que la diferencia entre el registrado útil y el estimado no es demasiado acusada. La estimación corresponde a casi un **70%** del consumo útil registrado.

### 3.2.2. Evaluación Hídrica

---

El último análisis que se llevó a cabo fue el de los consumos de agua de la empresa. En este apartado se muestran estos consumos detallados por etapas, así como el porcentaje que representan del total. Como se ha mencionado en el los apartados de *Equipos e Instalaciones*



del Capítulo 2, para calcular algunos de los consumos se establecieron ecuaciones utilizando proporciones estimadas de uso de agua en función de la cantidad de materia prima procesada.

Otros de los consumos son independientes de la materia prima procesada, por tanto no se establecerán como ecuaciones en función de la materia prima si no como valores absolutos. A continuación se presentan los resultados para las distintas etapas que hacen uso de agua.

#### - **Recepción y lavado de materia prima**

En primer lugar, en la recepción el agua es utilizada para el lavado de la materia prima, así como para la circulación o movimiento del fruto a lo largo de esta fase.

La materia prima es descargada en una bañera de recepción llena de agua. La capacidad de ésta es de 12,1 m<sup>3</sup>. A continuación, mediante duchas se hace un lavado del tomate para eliminar suciedad. El aporte de agua procede de un depósito pulmón lleno principalmente de agua reutilizada procedente de otras partes del proceso aunque además existe un aporte continuo por pérdidas. A este pulmón llega el agua recirculada desde la etapa de enfriamiento de los botes de tomate triturado y el agua utilizada en el condensador de la peladora. Posteriormente, el tomate se sumerge en otra piscina de 3,9 m<sup>3</sup> de capacidad, antes de pasar al último lavado.

Además, tanto el canal subterráneo como los distintos canales por donde circula la materia prima están llenos de agua. Se ha estimado que en estos canales se utilizan otros 2 m<sup>3</sup> de agua.

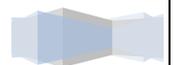
Durante la jornada de trabajo, se realiza una reutilización del agua contenida en las piscinas, por lo que el único consumo de agua es la capacidad de éstas que se renuevan a diario. Sin embargo, existe un aporte continuo de agua nueva debido a que parte es vertida por la alta carga orgánica y debido también a desbordamientos y pérdidas a lo largo de la etapa. Se aporta un caudal medio de 5 m<sup>3</sup> cada hora. El agua utilizada por las duchas de limpieza como se ha comentado proviene de las etapas de pelado y enfriamiento de botes de triturado por lo que no se caracteriza su consumo en este punto.

Por lo tanto, el consumo de agua en esta etapa de recepción es el que conlleva la renovación diaria de las piscinas, más el aporte que pueda necesitar el pulmón de recirculaciones. El resultado final es el siguiente:

$$(12,1 \text{ m}^3/\text{día} + 3,9 \text{ m}^3/\text{día} + 2 \text{ m}^3/\text{día}) / (24\text{h}) + \text{pérdidas} = \mathbf{5.750 \text{ litros/hora}}$$

#### - **Peladora**

La siguiente etapa que hace uso de agua corresponde al pelado. Se estimó que la peladora termofísica utiliza una cantidad de agua correspondiente al 15% de la masa de tomate que la



atraviesa. Este porcentaje ha sido estimado a través de la información recogida en los documentos técnicos del equipo y con los valores de materia prima procesada.

Según esta documentación, la peladora hace uso de 9 m<sup>3</sup> de agua por cada 60.000 kg de tomate procesados por hora. Teniendo en cuenta que la cantidad de materia prima que llega de media a la peladora es de 16.000 kg/h se puede estimar el consumo de agua de la instalación en concreto:

·  $(16.000 \text{ kg tomate/h} \times 9.000 \text{ litros agua/h}) / 60.000 \text{ kg tomate/h} = 2.400 \text{ litros de agua/h}$  de consumo medio en la peladora

·  $(2.400 \text{ kg (=litros) agua/h}) / 16.000 \text{ kg tomate/h}) \times 100 = \mathbf{15\% \text{ de la masa de materia prima procesada}}$

Esta cantidad es íntegramente recirculada a la primera etapa de recepción, produciéndose previamente una etapa de tratamiento de agua. Este agua será utilizada en las duchas atomizadas para la limpieza del producto de entrada.

#### - Lavado y Esterilización/Enfriamiento de Tomate Entero

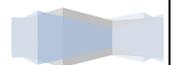
Una vez envasado el tomate entero, los botes pasan por una zona de lavado. En esta etapa el consumo de agua se estimó conociendo la capacidad de las bañeras que alimentan los equipos de lavado y la periodicidad de su renovación. Las lavadoras de botes tanto de 1 kg como de 3 ó 5 kg tienen un depósito de agua de 0,32 m<sup>3</sup> renovados diariamente. Además, existe un aporte continuo de agua debido a pérdidas producidas en el proceso, el cual es de 0,3 m<sup>3</sup> / hora. El equipo de lavado de latas de 0,5 kg tiene un depósito de 1,07 m<sup>3</sup> también renovado a diario, con un aporte por pérdidas de 0,4 m<sup>3</sup> / hora. Con estos datos es posible calcular el consumo horario medio de estos equipos:

Lavado 1 kg →  $(320 \text{ litros/día}) / (24\text{h/día}) = 13 \text{ litros/hora} + \text{pérdidas } (0,3 \text{ m}^3/\text{h}) = \mathbf{313 \text{ litros/hora}}$

Lavado 3 ó 5 kg →  $(320 \text{ litros/día}) / (24\text{h/día}) = 13 \text{ litros/hora} + \text{pérdidas } (0,3 \text{ m}^3/\text{h}) = \mathbf{313 \text{ litros/hora}}$

Lavado 0,5 kg →  $(1007 \text{ litros/día}) / (24\text{h/día}) = 41 \text{ litros/hora} + \text{pérdidas } (0,4 \text{ m}^3/\text{h}) = \mathbf{442 \text{ litros/hora}}$

El agua del lavado no es utilizada para ninguna otra fase más por lo que es considerado como vertido final.



Para terminar con la línea de tomate entero, el agua es utilizada en la etapa de esterilización y enfriamiento. El esterilizador n° 1 tiene un consumo de agua entre 18-20°C teórico de unos 50 m<sup>3</sup>/h de funcionamiento y el esterilizador n° 2 de unos 65 m<sup>3</sup>/h como se ha comentado en el apartado 2.1.1.2: *Equipos e Instalaciones en Línea Entero*.

No se pudo conseguir datos sobre el consumo horario del esterilizador número 3. Sin embargo, como ya se ha mencionado previamente, este consumo no es constante ni directo, debido a que el agua utilizada en los esterilizadores se encuentra en un circuito cerrado para ser reutilizada. Todos ellos poseen un depósito de agua en el patio de la nave, el cual no es renovado más que una vez cada semana en campaña.

El esterilizador número 1 posee un depósito de agua externo con capacidad para 59 m<sup>3</sup> de agua. El esterilizador número 2 tiene dos depósitos con un total de 54 m<sup>3</sup> útiles de capacidad. Por último el depósito del tercer esterilizador tiene una capacidad útil de 28 m<sup>3</sup>. Este tercer esterilizador/enfriador, el del formato de ½ kg como se ha mencionado antes actúa por inmersión de agua, por lo tanto además del agua del depósito externo, este equipo está permanentemente lleno de agua. Como se ha mencionado en apartados previos, el equipo posee en su interior 43 m<sup>3</sup> de agua aproximadamente. Además del agua de los depósitos, cada uno de estos equipos posee un aporte continuo de agua nueva debido a pérdidas producidas en el enfriamiento. Estos aportes están registrados en 4,5 m<sup>3</sup> de agua por hora.

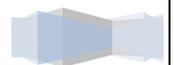
Utilizando estos datos de capacidad y renovación de agua es posible calcular el consumo horario de estos equipos. Los resultados son los siguientes:

Esterilizador 1 → (59.000 litros/semana) / (6 días x 24h/día) + pérdidas = **4.910 litros/hora**

Esterilizador 2 → (54.000 litros/semana) / (6 días x 24h/día) + pérdidas = **4.875 litros/hora**

Esterilizador 3 → (71.000 litros/semana) / (6 días x 24h/día) + pérdidas = **4.993 litros/hora**

Cabe destacar que el consumo de agua de esta etapa es prácticamente independiente a la cantidad de materia prima procesada. Esto se debe a que el consumo viene a la renovación de los depósitos de los esterilizadores, acción realizada semanalmente independientemente de la cantidad de botes procesados. La cantidad de agua utilizada en estas dos últimas etapas es directamente transportada a la zona de vertidos finales una vez ha sido reutilizada a lo largo de la semana.



## - Lavado y Enfriamiento de Tomate Triturado y Salsas

Al igual que en el lavado de botes de la línea de entero esta estimación se realizó conociendo la capacidad de las bañeras que alimentan los equipos de lavado y la periodicidad de su renovación. La lavadora de botes de ½ kg tiene un depósito de agua de 0,23 m<sup>3</sup> renovado diariamente y la de 5 kg uno de 0,4 m<sup>3</sup> también renovado a diario. Además, existe en ambos equipos un aporte continuo de agua para reponer las pérdidas producidas en el proceso, el cual es de 0,3 m<sup>3</sup> / hora .Con estos datos es posible calcular el consumo horario medio de estos equipos:

Lavado 1/2 kg → (230 litros/día) / (24h/día) = 9,6 litros/hora + pérdidas (0,3 m<sup>3</sup>) = **309,6 litros/hora**

Lavado 5 kg → (400 litros/día) / (24h/día) = 16 litros/hora + pérdidas (0,3 m<sup>3</sup>) = **416 litros/hora**

El agua del lavado no es utilizada para ninguna otra fase más por lo que es considerado como vertido final

Por último, en la etapa final de esta línea se encuentran los dos enfriadores continuos. El primero de ellos, el que procesa los botes de ½ kg posee un depósito de agua de dimensiones 1,2m x 1m x 0,6m es decir, de 0,72 m<sup>3</sup> de capacidad, el cual se renueva diariamente. El segundo, el encargado de enfriar las latas de 1 y 5 kg tiene un tanque de agua de dimensiones 1m x 0,38m x 1,5m es decir, de 0,57 m<sup>3</sup>, también renovado cada día. Para recuperar las pérdidas producidas por evaporación y purgar el agua ya caliente se aporta constantemente un caudal de 4 m<sup>3</sup>/h en el número 1 y de 6,5 m<sup>3</sup>/h en el segundo enfriador.

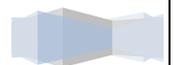
Utilizando estos datos de capacidad y renovación de agua es posible calcular el consumo horario de estos equipos. Los resultados son los siguientes:

Enfriador 1 → (720 litros/día) / (24h/día) + aporte de purgas (4 m<sup>3</sup>/h) = **4.030 litros/hora**

Enfriador 2 → (570 litros/día) / (24h/día) + aporte de purgas (6,5 m<sup>3</sup>/h) = **6.524 litros/hora**

Como se ha mencionado previamente, parte del agua utilizada en esta fase es recirculada hasta la primera etapa de recepción debido a que alcanza una temperatura no apta para enfriamiento,. Al igual que el agua de la peladora ésta recibe un tratamiento de limpieza. Esta fracción de reutilización corresponde en torno a un 15% del agua total utilizada en los enfriadores.

Teniendo todas estas proporciones de consumos en consideración, a continuación se presenta una tabla que recoge las cantidades de agua consumidas para un caso concreto de materia prima procesada.



Se introdujo en la hoja de cálculo la cantidad de tomate procesado en la campaña 2015, que fueron 32.000 toneladas, durante 71 jornadas de campaña y durante 24 horas de trabajo por jornada, lo que se traduce en una media de 18.880 kg/h de tomate procesado. Los resultados son los siguientes:

<b>Consumo de agua por etapa durante la campaña 2015</b>	<b>kg/h</b>	<b>m<sup>3</sup> totales</b>	<b>%</b>
Recepción y lavado de la materia prima	5.750	9798	16,20%
Pelado del fruto	2.673	4554,792	7,50%
Lavado de envases de la línea de Tomate Entero	1.068	1819,872	3%
Enfriamiento de botes de la línea de Tomate Entero	14.778	25181,712	41,60%
Lavado envases de la línea de Tomate Triturado	725,6	1236,4224	2%
Enfriamiento de botes de la línea de Tomate Triturado	10.554	17984,016	29,70%
<b>Total</b>	<b>35.549</b>	<b>60.575</b>	<b>100</b>

Tabla 15: Consumo de agua por etapa durante la campaña 2015

A continuación se muestra un gráfico que permite observar más fácilmente los distintos consumos por porcentajes:

### Distribución del Consumo de agua por etapa

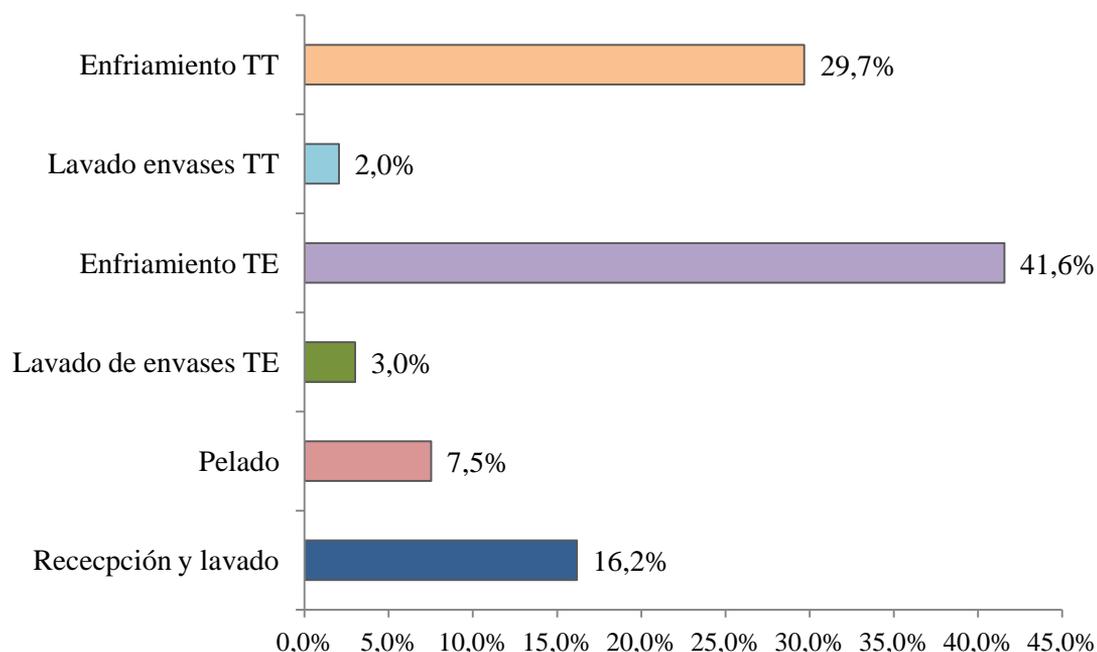


Figura 39: Distribución del porcentaje de consumos de agua por etapa durante la campaña 2015



Se puede observar en la figura 39 como las etapas que más agua consumen son las del enfriamiento de los botes de ambas líneas. Esto es debido a que estos equipos enfriadores poseen un aporte continuo de agua relativamente alto (alrededor de 5 m<sup>3</sup>/h), dato obtenido de un estudio realizado por el CNTA sobre la caracterización y determinación del agua en la empresa Riberega, por tanto se han tomado como correctos.

Observando la tabla 15 se aprecia como el consumo de agua total estimado por campaña asciende a los 60.575 m<sup>3</sup>. Atendiendo a los historiales de la empresa, se observó que el consumo de agua total para el año 2015 fue de 70.173 m<sup>3</sup>. No se dispone de historiales que reflejen el consumo mensual sino por trimestres, por lo que no es posible extrapolar este consumo a los meses de campaña. Por lo tanto se ha considerado que el consumo total anual es el equivalente al de la campaña, debido a su mayor importancia en relación a las demás operaciones realizadas durante el año.

De esta manera, el consumo estimado ronda el **86%** del consumo real registrado durante todo el año. Por ello, esta estimación se ha considerado significativa y constituye una aproximación bastante correcta a los valores de consumo reales.

### 3.3.Importe por fuente

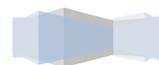
En este apartado se procede a presentar las proporciones de los distintos consumos con respecto al total del importe en consumos energéticos y de agua durante la campaña 2015. Se utilizarán una serie de gráficos para visualizar de forma sencilla estas diferencias.

En primer lugar es importante conocer los precios pagados durante la campaña 2015 para los diferentes consumos. Junto con los datos de consumos totales es posible obtener el importe total de cada uno de ellos. A continuación se recogen estos datos:

Consumo (tipo)	Consumo total (kWh ó m <sup>3</sup> )	Consumo (tipo)	Precio unit (€/kWh ó €/m <sup>3</sup> )
Electricidad	1.546.265	Electricidad	0,106348
Gas Natural	13.492.430	Gas Natural	0,029878
Agua	70.173	Agua	1,138

Tablas 16 y 17: Consumo total por tipo de fuente y Precio unitario por tipo de fuente durante la campaña 2015

Con estos datos es posible calcular el total pagado por cada una de las tres fuentes de consumo y para visualizarlo mejor aparece representado en el siguiente gráfico:



### Distribución del importe total de consumos en 2015

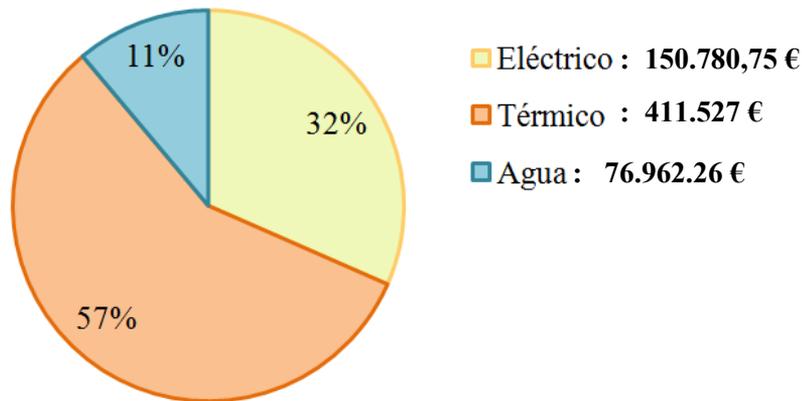
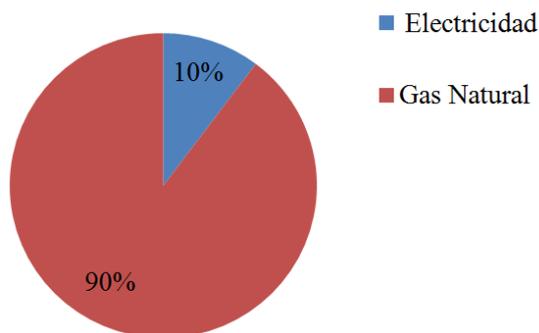


Figura 40: Distribución del porcentaje de consumos de agua por etapa durante la campaña 2015

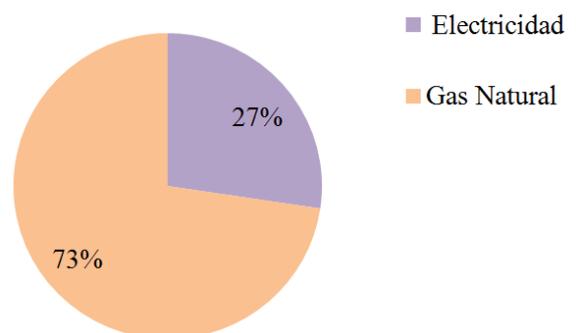
Tras observar los valores de consumos energéticos se puede apreciar de un vistazo en la tabla 16 que la energía consumida de origen térmico es muy superior a la de origen eléctrico. A pesar de esto, debido a la diferencia de precios pagados por kWh en electricidad y gas natural, el consumo de energía eléctrica posee más importancia de la que sugiere a simple vista.

Los gráficos que se muestran a continuación reflejan esta diferencia fácilmente:

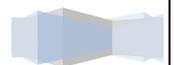
#### Distribución del consumo energético



#### Distribución del importe energético



Figuras 41 y 42: Distribución consumo y del importe energético durante la campaña del año 2015



A pesar de lo insignificante que puede llegar a parecer el consumo de electricidad en relación al de gas natural, al aplicar la diferencia de precios unitarios se puede observar como toma un peso notablemente mayor.

### **3.4. Propuesta de posibles medidas de ahorro.**

---

En el siguiente apartado se procede a presentar una serie de medidas que fomentan el ahorro de electricidad y gas natural. Cabe destacar que no se presentarán medidas de ahorro de agua debido a que no ha sido posible la identificación de puntos críticos donde pueda existir una clara mejora de consumo.

Una vez estudiada la empresa y los consumos que esta genera en cada una de las etapas del procesado de tomate se pudo observar ciertos puntos donde existe una posible mejora de eficiencia y las medidas para ello se presentan a continuación:

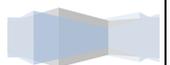
#### **3.4.1. Medidas de ahorro eléctrico**

---

##### **- Sustitución de motores eléctricos por otros de Alta Eficiencia**

Los motores eléctricos son claramente los mayores consumidores de electricidad en la industria y en el caso de RiberEga prácticamente los únicos. Dentro de los costes de estos equipos a lo largo de su vida útil, el precio de compra suele suponer en torno al 2,5% del gasto total, mientras que el consumo energético representa el 96% de estos costes, siendo los gastos de mantenimiento cercanos al 1,5%. (Agencia Andaluza de la Energía 2015), Estos datos manifiestan la importancia de seleccionar un motor de alta eficiencia energética, ya que su consumo es lo que realmente va a determinar su coste a lo largo de su ciclo útil.

Una propuesta interesante sería por tanto la adquisición de motores eléctricos de alta eficiencia cuando sea necesario reemplazar alguno de los existentes. Existen tres niveles de eficiencia dentro de los motores eléctricos los cuales son de menor a mayor: IE1, IE2 e IE3 según la IEC (*International Electrotechnical Commission*) o sus equivalentes EFF3, EFF2 y EFF1 según la clasificación CEMEP (*European Committee of Manufacturers of Electrical Machines and Power Electronic*) (Barreira C. 2009). El cambio a motores de clasificación EFF1 supondría un ahorro del 40% de las pérdidas de energía en comparación con un EFF3. (Barreira C. 2009).



Además del ahorro que este cambio generaría, existen normas en torno a la eficiencia de los motores eléctricos como las publicadas el 23 de Julio de 2009 por la Comisión Europea 640/2009 y 641/2009 las cuales especifican una serie de requisitos de funcionamiento para estos motores. Entre ellos se recoge que a partir del año 2017 el rendimiento mínimo de los motores de 0,75 kW a 5,5 kW (muchos de los motores de la empresa) deberá ser el IE3 (o EFF1).

A continuación se presenta un ejemplo práctico de lo que supondría la sustitución de motores EFF3 por EFF1, teniendo en cuenta los valores y datos presentes en el documento de Eficiencia Energética en Motores citado anteriormente. Una forma de calcular rápidamente el ahorro anual sería la siguiente:

$$\text{Ahorro por Campaña (€/campana)} = \text{horas/campana} \times \text{kW} \times \%Pot \times \text{€/kWh} \times (1/n_{std} - 1/n_{hem})$$

Dónde:

*Horas/campana* = tiempo total de utilización del motor (1.700 horas en Riberega)

*kW* = Potencia del motor (Elijo uno de 15 kW)

*%Pot* = fracción de plena carga a que trabaja el motor (100%)

*€/kWh* = Precio unitario pagado por el kWh de energía eléctrica (0,1 €/kWh pagados en 2015)

*n<sub>std</sub>* = eficiencia de un motor estándar EFF3 (83 según el documento)

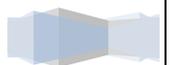
*n<sub>hem</sub>* = eficiencia de un motor de EFF1 (92 según el documento)

$$\text{Ahorro por Campaña} = 1.700 \times 15 \times 100 \times 0,1 \times (1/83 - 1/92) = \mathbf{301 \text{ € de ahorro por campaña}}$$

Teniendo en cuenta que un motor de esas características puede costar en torno a los 1.100 € (según el documento también), el período de retorno de de la inversión sería de unas 3,65 campañas, o lo que es igual a unos 11 meses de trabajo.

#### - Enfriamiento del aire de entrada en la Instalación de Aire Comprimido

Además de en los motores eléctricos en general, uno de los elementos que más electricidad consume es el sistema de Aire Comprimido de la fábrica. Éste tiene una potencia total cercana a los 120 kW y presenta una gran oportunidad de mejora.



Dado que el rendimiento mecánico de estos equipos suele ser bajo, lo interesante será conseguir el compresor trabaje en perfectas condiciones para obtener una alta eficiencia del sistema. La medida principal de ahorro energético para este tipo de instalaciones es enfriar la toma de aire de los compresores., El compresor tiene una capacidad fija de suministro de caudal volumétrico, para una velocidad de giro dada, pero esto no implica que el caudal másico sea siempre el mismo. El rendimiento volumétrico del compresor mejora al entrar un aire más denso ya que entra el mismo volumen pero con mayor masa. (

Es por ello que el compresor será capaz de trabajar más eficientemente cuanto menor sea la temperatura de su aire de entrada (menor temperatura, mayor densidad) dando lugar a una reducción del consumo de electricidad.

Para conseguir este enfriamiento del aire de admisión es necesario acoplar un elemento de enfriamiento, como puede ser un enfriador de medio evaporativo. Esta herramienta consiste en enfriar el aire mediante la adición de agua a la corriente de aire de entrada. Es la manera más sencilla y económica de conseguir un enfriamiento.

En esta tecnología, el aire es expuesto a una película de agua en un medio húmedo. Lo más típico es un modelo tipo panel de celulosa o fibra de vidrio que permita penetrar al agua y permita devolverla de nuevo para que vuelva a ser expuesta al aire. El sistema consiste básicamente en hacer pasar la toma de aire a través de este medio de celulosa de manera que el aire ceda calor al agua del panel, ésta se evapore y pase a formar parte de la corriente, aumentando la humedad del aire y disminuyendo la temperatura de éste. El siguiente esquema muestra un elemento típico de estas características:

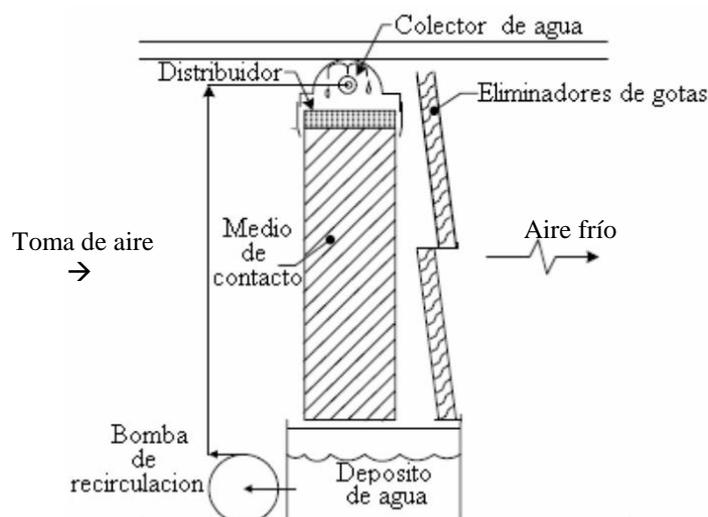
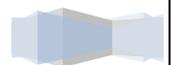


Figura 43: Esquema de un enfriador de tecnología evaporativa para el aire de entrada



Se puede observar como la bomba de recirculación hace que el agua del depósito vuelva a los colectores de agua la cual es distribuida por el medio por donde pasa la corriente de aire. Es importante establecer eliminadores de gotas de agua ya que éstas pueden ser llevadas por la corriente y provocar daños en los alabes del compresor. (Pineda Fabra, J. 2005)

Si se instala un enfriador para bajar la temperatura del aire de aspiración de 35 a 15 °C, el consumo eléctrico de los compresores se reduce en un 5,9 %.( Pineda Fabra, J. 2005). De esta manera, si la instalación de los compresores tiene una potencia de 116 kW como se muestra en la Figura 37 y se le aplican las horas de funcionamiento y el coeficiente de funcionamiento simultáneo:

$$\text{Consumo eléctrico compresores} = 116 \text{ kW} \cdot 1.704 \text{ horas} \cdot 0,65 = 128.482 \text{ kWh por campaña}$$

Si le aplicamos la reducción del 5,9% obtenemos que se consumirían 7.580 kWh menos, que al multiplicarlo por el importe unitario de electricidad resulta en un ahorro de **834€ por campaña**. A pesar de no ser un ahorro demasiado significativo debido a la sencillez del sistema implantado, sus mínimos costes de funcionamiento y al bajo coste de implementación podría ser interesante su instalación.

En el siguiente apartado se detalla otra medida aplicable a esta instalación que fomenta en este caso el ahorro de gas natural.

### 3.4.2. Medidas de ahorro de Gas Natural

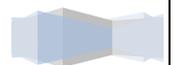
---

#### - Utilización del calor generado en la Instalación de Aire Comprimido

Además del posible ahorro eléctrico en la instalación de Aire Comprimido, existe otra oportunidad de ahorro bastante interesante en este tipo de equipos.

Del 100% del total de potencia absorbida por un compresor de tornillo, aproximadamente un 5% se utiliza en el accionamiento del motor, un 2% es perdida en forma de calor irradiado y un 17% permanece en forma de energía térmica en el aire comprimido (Kaeser Compresores S.L, 2016). El 75% sobrante permanece en forma de energía térmica en el aceite del compresor, porcentaje de calor aprovechable para otras aplicaciones.

Una aplicación muy útil de este calor residual del aceite del compresor es utilizarlo para el calentamiento de agua sanitaria. Para ello es necesario acoplar a la salida del compresor un intercambiador de calor de tipo PTG (placas).



De esta forma se hace pasar el aceite por el intercambiador de tal manera que caliente agua, que será almacenada en un depósito externo de agua caliente y utilizada para su uso sanitario como puede ser en los radiadores de las oficinas, en las duchas de los vestuarios o en los lavabos de los aseos. A continuación se presenta una figura que representa el esquema general de este sistema:



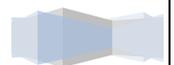
Figura 44: Sistema de reutilización del calor generado en los compresores (Fuente: Kaeser Compresores S.L 2016)

Para un compresor de tornillo de 22 kW de potencia nominal (similar a los presentes en la instalación de Riberega) que trabaje 1.500 horas al año, la implementación de un sistema de intercambiadores PTG tiene un potencial de ahorro de gas natural de unos 2.773 m<sup>3</sup> por año (Kaeser Compresores S.L 2016). Si se le aplica un valor medio de PCI de 11,1 kWh/m<sup>3</sup> a este gas obtenemos un ahorro de 30.780 kWh por campaña en cada uno de los compresores.

La instalación presenta 4 compresores de características similares, por lo que el ahorro total por campaña sería de 123.120 kWh. Utilizando el valor de importe unitario por kWh de gas natural de la tabla 17, obtenemos un ahorro de unos **3.700 € por campaña** añadiendo este sistema de recuperación de calor.

#### - Recuperación de calor del agua utilizada en los enfriadores de tomate triturado

En los equipos de enfriamiento de botes de tomate triturado como se ha explicado en apartados anteriores, se utiliza agua para descender la temperatura de éstos. El problema radica en que el agua utilizada en este proceso es recirculada hasta la etapa inicial de recepción. De esta manera, a pesar de que el agua no se desecha, sí que se pierde el calor que ésta porta y que proviene del vapor utilizado en la caldera para calentar el producto.



Para utilizar este calor, se puede diseñar un sistema de intercambio de calor entre esta agua y el producto triturado a temperatura ambiente en la fase de recepción de descartes. Para ello un posible diseño sería implantar un nuevo intercambiador a la salida de las pasadoras que utilice el agua de los enfriadores como fluido calefactor. El problema de esta agua es que es purgada cuando alcanza temperaturas de unos 50°C, por lo que no es suficiente para calentar el producto triturado.

Para solucionar esto, es posible implantar una bomba de calor en el circuito de recirculación del agua para elevar esta temperatura de 50°C hasta temperaturas próximas a los 80°C. De esta forma ya podría ser utilizada en un intercambiador de calor para un precalentamiento del producto a la salida de las pasadoras. De esta manera el producto triturado aumentaría su temperatura en la entrada y salida del depósito Hot-Break y como consecuencia se produciría una disminución del consumo de vapor en los intercambiadores 1 y 2, que son los que más demanda de vapor tienen ya que actualmente deben elevar el producto desde temperatura ambiente hasta los 80-85°C.

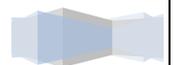
Debido a la complejidad del diseño de este sistema no se ha profundizado en su cálculo y ha sido únicamente presentado como una idea a tener en cuenta en futuros proyectos.

#### - **Recuperación de calor de los humos de la caldera a través de un economizador**

Un economizador consiste en un intercambiador de calor por el que se hace pasar el agua de alimentación del generador de vapor, que es acoplado a la chimenea de las calderas, para de esta forma transferir parte del calor de los humos expulsados al agua. De esta forma el calor expulsado en los humos es utilizado para precalentar en vez de perdido en la atmósfera.

Al realizar un precalentamiento del agua de alimentación, existe un salto térmico menor a la hora de producir el vapor reduciéndose así el consumo de combustible del quemador. De forma general, los gases de combustión son enviados a la chimenea a temperaturas que superan entre 38 y 65°C la del vapor generado. Un valor típico de aumento de eficiencia del generador puede ser 1% por cada 4.5 °C de reducción en la temperatura de los gases de combustión. De esta forma los economizadores pueden llegar a disminuir el consumo de combustible de las calderas entre un 5% y un 10% lo que suele suponer un periodo de retorno de inversión de menos de dos años. (Tellez Avendaño, E.)

Al igual que en la medida anterior, debido a la complejidad del diseño de este sistema no se ha profundizado en su cálculo y es solo presentada como una idea a tener en cuenta en futuros proyectos.



## 4. CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES

En este apartado final se presentan las conclusiones del estudio realizado sobre los consumos de electricidad, gas natural y agua de la empresa.

Como se ha recogido a lo largo de los apartados de resultados, los valores estimados de consumo y los valores registrados durante la campaña 2015 son los siguientes:

	Electricidad (kWh)	Gas Natural (kWh)	Agua (m <sup>3</sup> )
Consumo Registrado	1.546.265	11.873.338 (útiles)	70.173
Consumo Estimado	1.780.002	8.076.942	60.575
Diferencia (Est./Reg.)	115%	68%	86%

Tabla 18: Valores de consumos registrados y estimados y diferencia porcentual entre ambos

Como se puede observar, la diferencia entre los valores estimados y registrados no es demasiado grande. En el caso de la estimación eléctrica es probable que la diferencia por exceso sea debida a que éstos trabajan menos horas de las determinadas para el cálculo (o a distintos tiempos) y que algunos de los motores estén sobredimensionados y no estén trabajando al 100% de su carga. En el caso del gas, la diferencia por defecto es claramente debida a que los cálculos de consumo de vapor de los distintos equipos se ajustan a planteamientos demasiado teóricos debido a la imposibilidad de medirlos en funcionamiento.

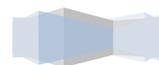
Por último, en el caso del agua la diferencia también por defecto es debida a que el dato de consumo registrado es el del año completo y no solo de la campaña. Además, también existen valores de gran complejidad a la hora de estimar como se ha explicado en apartados anteriores.

En definitiva, estas diferencias no se han considerado significativas y por tanto estas estimaciones son útiles para utilizarlos como una evaluación de los consumos energéticos y de agua de la línea de procesado de tomate de la empresa Riberega. En la siguiente tabla se muestran los valores de consumo por línea y por etapa del proceso global a modo de conclusión de la evaluación de consumos:

ETAPAS COMUNES	CONSUMO		
	ELECTRICIDAD (kWh/h)	GAS vapor/h (kg)	AGUA (m <sup>3</sup> /h)
<b>RECEPCIÓN y LAVADO MATERIA PRIMA</b>			
Plataforma lavado 1	69		3,004
Canal de lavado 2	31,6		2,745
Tratamiento FQ aguas	110		



<b>PELADO , CALIBRADO y SELECCIÓN</b>			
Transporte y peladora	42,7	356	2,4
Magreador	10,3		
MerryGoRound y calibradores	33		
<b>RECEP. DESCARTES / CALENTAMIENTO</b>			
Bombeo descartes	18,1		
Depósito Hot Break e intercambiadores 1 y 2	81	2.598	
Pulmón triturado e intercambiador 3	13	349,5	
Pasadoras y bombeos	71,2		
<b>SISTEMAS AUXILIARES</b>			
Cámara frigorífica	30,91		
Tratamiento de aguas	16,5		
Sala de Calderas	95,36		
Instalación aire comprimido	116,1		
Pozo Captación de aguas	22		
<b>TOMATE ENTERO Y TROCEADO</b>	<b>CONSUMO</b>		
FASE DEL PROCESO	ELECTRICIDAD (kWh/h)	GAS (kg vapor/h)	AGUA (m3/h)
<b>TAMIZADO Y COMPOS. LÍQ. GOBIERNO</b>			
Refinadoras y bombeos	65,2		
Depósitos composición zumo y bombeos	5,9		
Pulmón zumo e intercambiadores 5 y 6	21,1	72,47	
<b>CUBITADO Y DESPALETIZADO</b>			
Transporte y cubitadoras	20,44		
Despaletizadores y elevadores	9,21		
<b>ENVASADO, DOSIF. LÍQ. Y CIERRE</b>			
Llenadoras y transporte	15,39		
Dosificación líq. Gobierno y transporte	28,39		
Cerradoras y transporte	26,51		
Lavadoras y transporte	3,39		1,068
<b>PASTEURIZACIÓN Y ENFRIAMIENTO</b>			
Transporte previo	1,87		
Esterilizador 1 y transporte	74,03	187,85	4,91
Esterilizador 2 y transporte	30,08	282,1	4,875
Esterilizador 3 y transporte	52,25	309,4	4,993
<b>PALETIZADO</b>			
Transporte y paletizadoras	135,22		



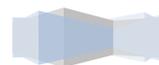
<b>TOMATE TRITURADO Y SALSAS</b>	<b>CONSUMO</b>		
<b>FASE DEL PROCESO</b>	<b>ELECTRICIDAD (kWh/h)</b>	<b>GAS (kg vapor/h)</b>	<b>AGUA (m3/h)</b>
<b>EVAPORACIÓN</b>			
Bombeos a evaporador y torres	26,19		
Evaporador doble efecto	163,31	976,2	
<b>COMPOSICIÓN y CALENTAMIENTO</b>			
Pulmón de reserva e intercambiador 4	20,5	80,87	
Composición Triturado e intercambiadores 7 y 8	30,95	53,1	
Composición Frito y Tomaca	14,31		
<b>DESPALETIZADO</b>			
Despaletizadores y elevadores	7,9		
<b>ENVASADO CALIENTE y LAVADO</b>			
Intercambiadores 9, 10 y 11		124,6	
Llenadoras y transporte	12		
Cerradoras y transporte	11,35		
Lavadoras y transporte	3,32		0,725
<b>MANTENIMIENTO/ENFRIAMIENTO</b>			
Enfriador 1	22,84		4,03
Enfriador 2	21,25		6,524
<b>PALETIZADO</b>			
Transporte y paletizadoras	12,47		

Tabla 19: Tabla resumen de la evaluación de consumos horarios de energía y de agua por etapa

A continuación se presenta una tabla resumen con las diferentes medidas de ahorro vistas en el *Capítulo 4 Resultados* cuya implementación en la empresa puede ser interesante:

Medida	Ahorro	Período de retorno
Sustitución de motor de 15 kW por otro de alta eficiencia	301 € por campaña y por motor	En 11 meses de campaña retorna la inversión de todos los motores sustituidos
Implementación de sistema de enfriamiento del aire de entrada de los compresores	834€ totales por campaña	-
Utilización del calor generado en los compresores para calentamiento de agua sanitaria	3.700 € totales por campaña	-
Recuperación del calor del agua de enfriamiento de tomate triturado	-	-
Recuperación del calor de los humos de la caldera	-	Según bibliografía suele ser menor de dos años

Tabla 20: Tabla resumen de las posibles medidas de mejora



Tras estas tablas a modo de conclusión se da por finalizada la evaluación de consumos energéticos y de agua de la línea de procesado de tomate de la empresa “Riberega Conservas Dantza”.

Pamplona, Junio de 2016  
Estudiante de Grado en Ingeniería Agroalimentaria,

Fdo: Fernando Zulategui Beñarán

## 5. CAPÍTULO 5: BIBLIOGRAFÍA

---

Abril Requena, J. (2015) *Principios y Cálculo de Operaciones en las Industrias Agroalimentarias* (Apuntes de asignatura). Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad Pública de Navarra.

Agencia Chilena de Eficiencia Energética y Asociación de Empresas de Alimentos de Chile (2012) *Manual de eficiencia energética en la industria de alimentos elaborados*. Recuperado el 8 de Abril de 2016 de [http://www.chilealimentos.com/medios/LaAsociacion/NoticiasChilealimentos2012/MANUAL\_DE\_Eficiencia\_Energetica\_Chilealimentos.pdf]

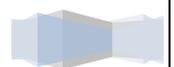
Barreira C. (2009) *Eficiencia energética en motores eléctricos*. Vigo: EnergyLab Centro Tecnológico de Eficiencia y Sostenibilidad Energética. Recuperado el 19 de Mayo de 2016 de [http://www.gge.es/armari/gge:gge/2/download.pdf]

Biblioteca de la Universidad Pública de Navarra. Oficina de Referencia. (2014). *Guía para citar y referenciar. APA Style*. Recuperado el 20 de Abril de [http://goo.gl/0CSj5G]

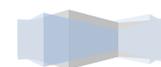
Caja Laboral (2013). *Informe de Economía Navarra 2013*. Recuperado el 15 de Abril de 2016 de [https://nosotros.laboralkutxa.com/src/uploads/2014/09/Economia-Navarra-2013\_marcadores.pdf]

Campiotti C., Latini, A., Scoccianti M y Viola C. (2014) *Manual de eficiencia energética en la centrales hortofrutícolas*. Italia: Agencia Nacional Italiana para las nuevas tecnologías, la Energía y el Desarrollo Económico Sostenible en colaboración con CIRCE, UÉvora, Tecaliman y UPM. Recuperado el 5 de Abril de [http://teslaproject.chil.me/download-doc/63912]

Casp A. y López A.(1996) *La Gestión de la Energía y el Agua en la Industria Agroalimentaria*. Pamplona: Departamento de Agricultura, Ganadería y Alimentación del Gobierno de Navarra.



- Cerezo, Irene. (2013) *Guía del Auditor- Anexo 1 Formato de Informe de Auditoría*. España: Proyecto Tesla. Recuperado el 19 de Abril de 2016 de [<http://teslaproject.chil.me/download-doc/63922>]
- Choi Y. y Okos M. (1986) *Thermal properties of Liquid Foods: Review*. Minnesota. M.R Okos ed.
- CNTA (2015) *Proyecto PROAQUA Informe técnico resultados RIBEREGA* (Informe PE201504) Castejón, Navarra.
- España (2015) Real Decreto 56/2016 de 12 de febrero, por el que se transpone la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, en lo referente a auditorías energéticas, acreditación de proveedores de servicios y auditores energéticos y promoción de la eficiencia del suministro de energía. *Boletín Oficial del Estado*, 13 de febrero de 2016.
- Fernández García, T. (2015) *Sistemas Auxiliares en las Industrias Agroalimentarias* (Apuntes de asignatura). Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad Pública de Navarra.
- IdeRioja (2016). *Infraestructura de Datos Espaciales del Gobierno de La Rioja*. Recuperado el 15 de Abril de [<https://www.iderioja.larioja.org/>]
- Instituto Nacional de Estadística. (2014) *Anuario Estadístico de la Comunidad de Madrid*. Recuperado el 18 de Abril de 2016 de [<http://www.madrid.org/iestadis/fijas/estructu/general/anuario/descarga/anuccaa.pdf>]
- Kaeser Compresores S.L (2016) *Recuperación del calor para aplicaciones de aire y agua caliente*. Recuperado el 1 de Junio de 2016 de [<http://www.kaeser.es/Images/P-645-SP-tcm11-6757.pdf>]
- Martínez E. y Torrent M. (2009) *Determinación del rendimiento en motores de inducción trifásicos según la Norma IEC 60034-2-1*. En *Técnica Industrial*. Recuperado el 19 de Mayo de 2016 de [<http://www.tecnicaindustrial.es/tifrontal/a-2743-Determinacion-rendimiento-motores-induccion-trifasicos-segun-Norma-IEC-60034-2-1.aspx>]
- Navatta Group (2015) *Catálogo de maquinaria para el procesado de tomate..* Recuperado el 15 de Abril de 2016 de [<http://www.navattagroup.com/Tomato2015.pdf>]
- Pineda Fabra, J. (2005) *Estudio de viabilidad termoeconómica de la implantación de un sistema de enfriamiento del aire de la entrada de la turbina de gas para una planta de ciclo combinado*. Trabajo Fin de Carrera. Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado el 4 de Junio de 2016 de [<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/4055/direccion/Unico+volumen%252F>]



Renovación de motores en centros industriales (2015) En: *Agencia Andaluza de la Energía*. Recuperado el 4 de Junio de [https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/empresas/ahorro/industria/medidas-ahorro/renove-motores].

RIBEREGA (2016) *Historiales de consumos de electricidad, Gas natural y Agua de la planta de Castejón y Andosilla del año 2015*. Castejón, Navarra.

Servicio Navarro de Empleo (2014). *Diagnóstico del Sector Industrial en Navarra y propuesta de dinamización*. Recuperado el 10 de Abril de 2016 de [http://www.navarra.ccoo.es/comunes/recursos/17441/pub142923\_Diagnostico\_del\_Sector\_Industrial\_en\_Navarra\_y\_Propuestas\_de\_Dinamizacion.pdf]

Geoportal (2016). *Sistema de Información Geográfica de Navarra (SITNA)*. Recuperado el 15 de Abril de 2016 de [http://sitna.navarra.es/navegar/]

SODENA (2013) *Guía para invertir en Navarra: Sector Agroalimentario*. Recuperado el 19 de Abril de 2016 de [http://investinnavarra.com/wp-content/uploads/2015/01/Guia-Agroalimentacion.pdf]

Tellez Avendaño, E. *Diseño de un Economizador para la recuperación de calor en una caldera EMBOL S.A.* Recuperado el 10 de Junio de 2016 de [https://www.academia.edu/8651056/DISE%C3%91O\_DE\_UN\_ECONOMIZADOR\_PARA\_LA\_RECUPERACION\_DE\_CALOR\_EN\_UNA\_CALDERA]

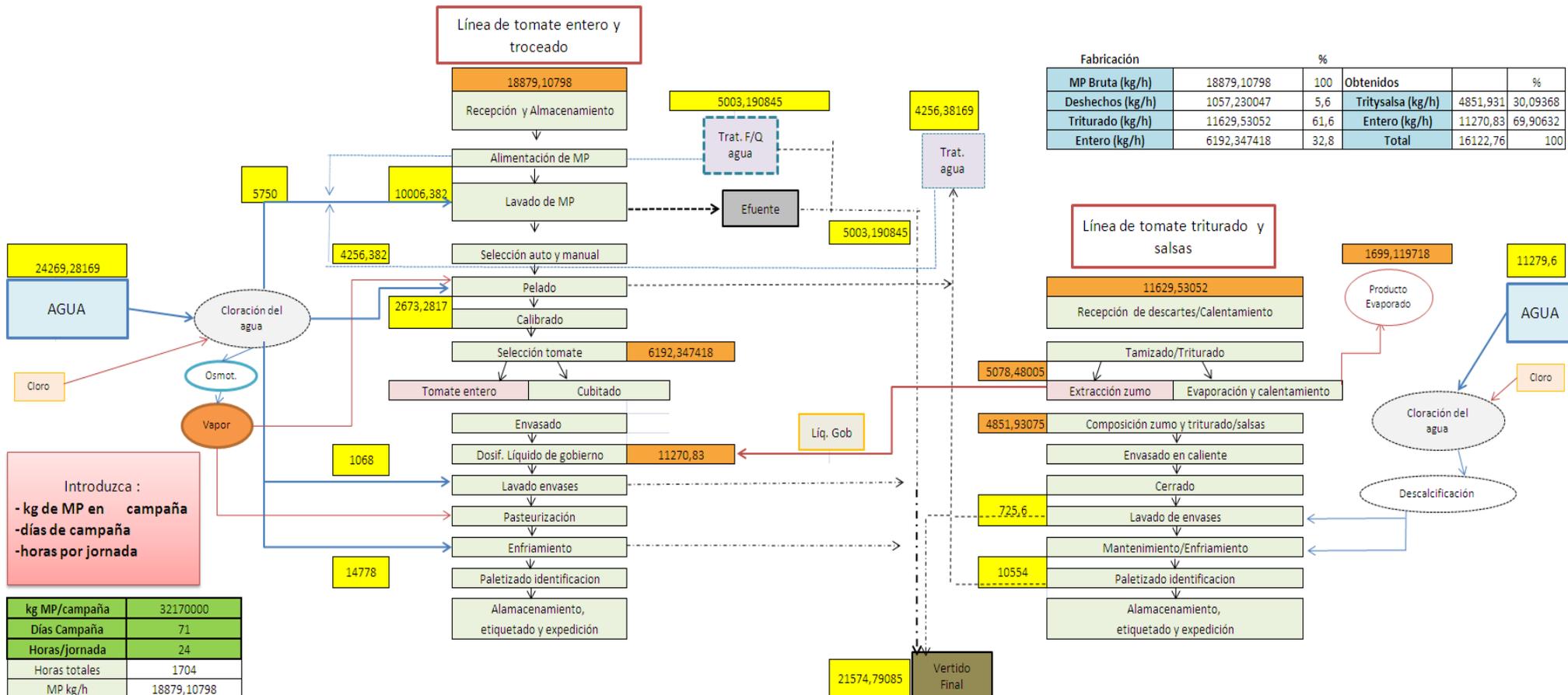
## 6. CAPÍTULO 6: ANEXOS

---

En este capítulo final se presentan los documentos anexos del proyecto realizado. El primer de ellos es una captura de pantalla de la herramienta Excel realizada para estimar la cantidad de agua utilizada en función de la cantidad de materia prima procesada. Ésta fue utilizada para comparar valores dando diferentes datos de entrada. Resulta muy útil cuando la materia prima a procesar es variable. Además, esta hoja de cálculo ofrece los valores de proporción de los distintos formatos de producto, para visualizar fácilmente los productos finales obtenidos en función de la materia prima procesada.

Los demás documentos anexos consisten en los planos de la planta que representan las líneas de procesado de tomate, con todos los motores eléctricos presentes y los distintos equipos de procesado. Dan una idea clara de la distribución de la planta y la situación de las distintas máquinas evaluadas.





Fabricación		%		Obtenidos		%	
MP Bruta (kg/h)	18879,10798	100	Tritysalsa (kg/h)	4851,931	30,09368		
Deshechos (kg/h)	1057,230047	5,6	Entero (kg/h)	11270,83	69,90632		
Triturado (kg/h)	11629,53052	61,6	Total	16122,76	100		
Entero (kg/h)	6192,347418	32,8					

24269,28169  
AGUA

Introduzca :  
- kg de MP en campaña  
- días de campaña  
- horas por jornada

kg MP/campaña	32170000
Días Campaña	71
Horas/jornada	24
Horas totales	1704
MP kg/h	18879,10798
Agua kg/h	35548,88169
AGUA TOTAL	60575294,4 l/campaña
	60575,2944 m3/campaña

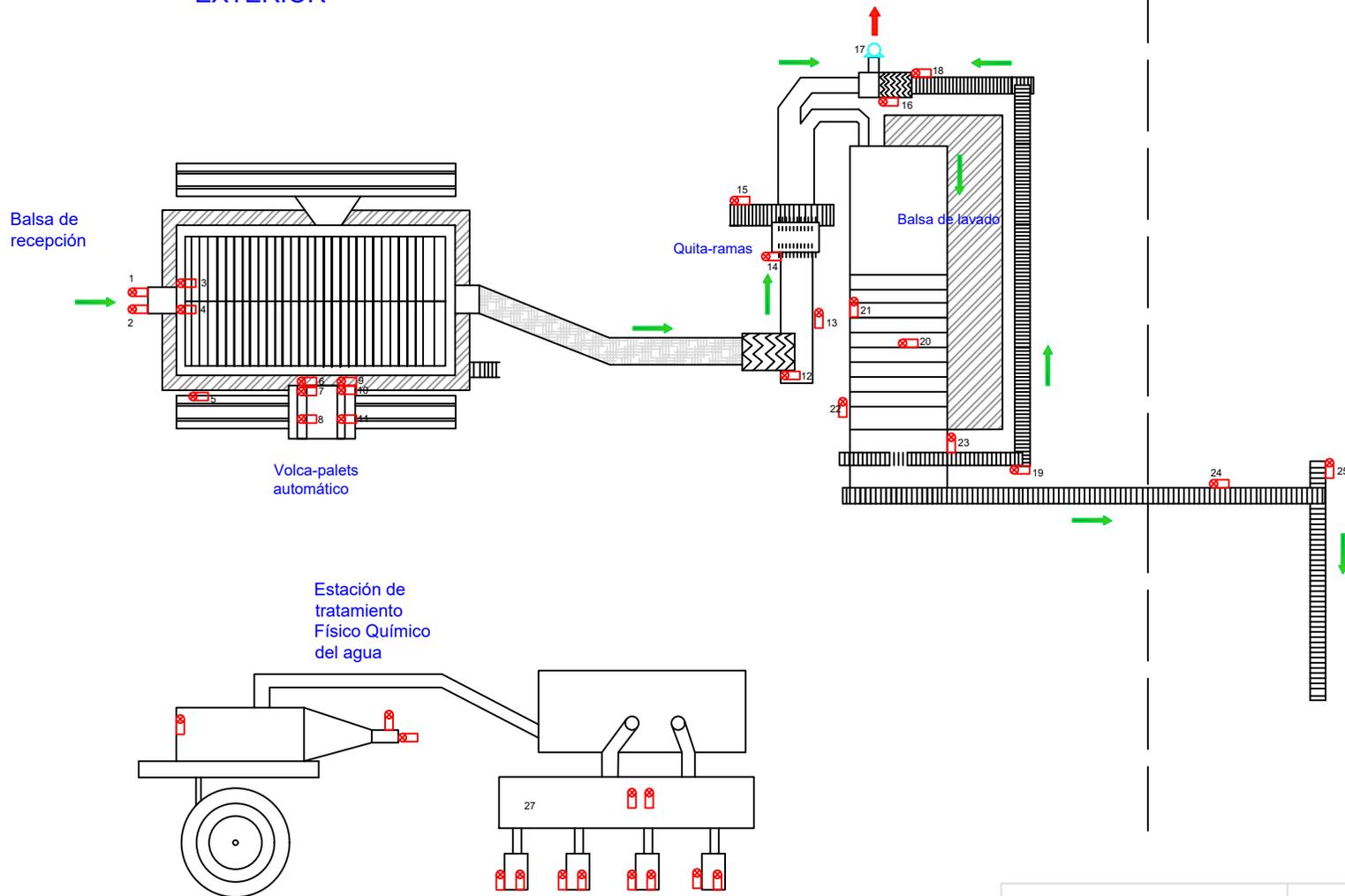
% Consumo agua por etapa	
Recepción y lavado	16,2%
Pelado	7,5%
Lavado de envases TE	3,0%
Enfriamiento TE	41,6%
Lavado envases TT	2,0%
Enfriamiento TT	29,7%
	100,0%

Consumo agua (m3/campaña)	
Recepción y lavado	9798,00
Pelado	4555,27
Lavado de envases TE	1819,87
Enfriamiento TE	25181,71
Lavado envases TT	1236,42
Enfriamiento TT	17984,02
	60575,29

Producido	kg		% (de MP)
	Pelado	10370964,6	
Troceado	8834525,4	27,5	
Triturado	6316515,16	19,6	
Frito	1054130,475	3,3	
Tomaca	897871,134	2,8	
Total	27474006,77	85,4	
Pérdidas	4695993	14,6	

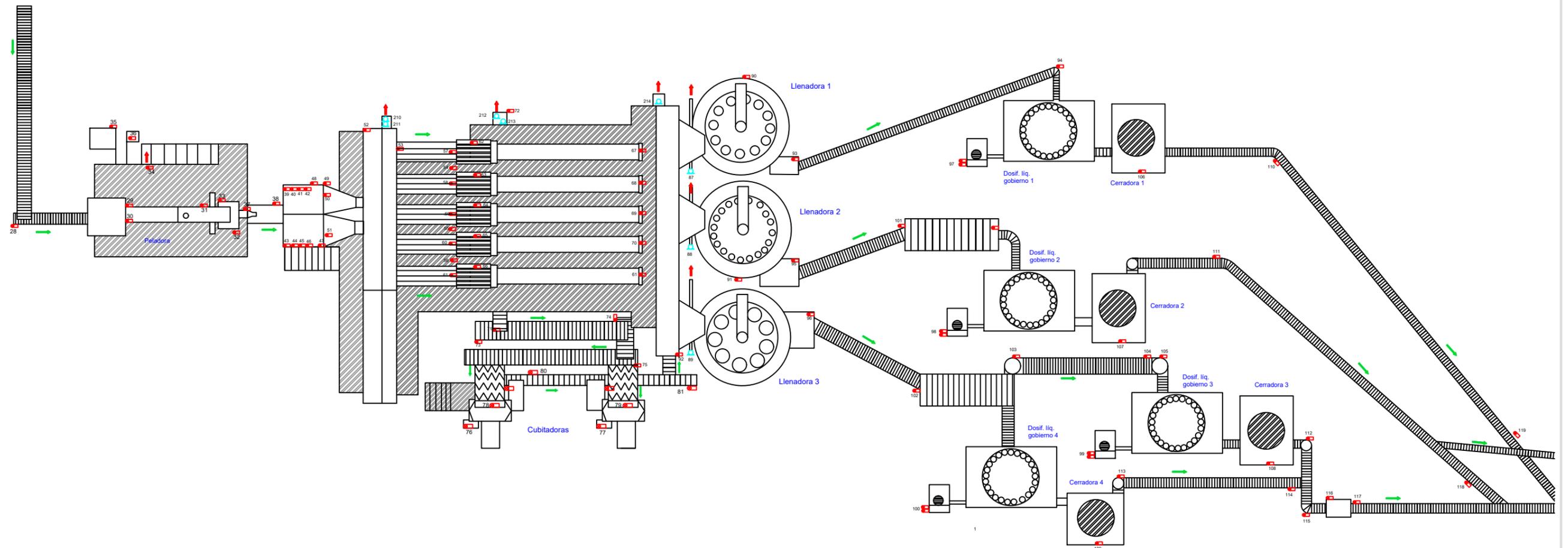
PATIO  
EXTERIOR

NAVE INTERIOR



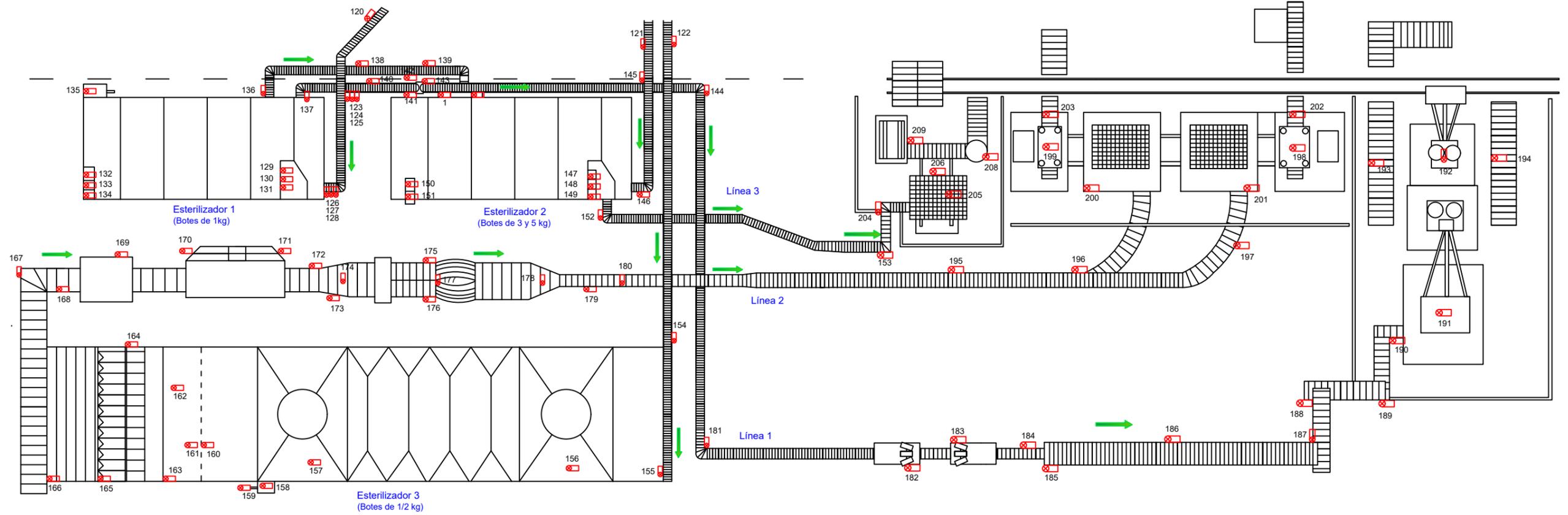
Trabajo Fin de Grado Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural - UPNA	Evaluación de los consumos enegéticos y de agua en una línea de procesado de tomate
Autor: Fernando Zulategui Beñarán	Plano de: RECEPCIÓN
	Nº Plano: 1/6      Nº Página: 94

DESDE RECEPCIÓN



Trabajo Fin de Grado Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural - UPNA	Evaluación de los consumos enérgicos y de agua en una línea de procesado de tomate
Autor: Fernando Zulategui Beñarán	Plano de: PELADO Y ENVASADO
	Nº Plano: 2/6    Nº Página: 95

DESDE  
ENVASADO Y CERRADO

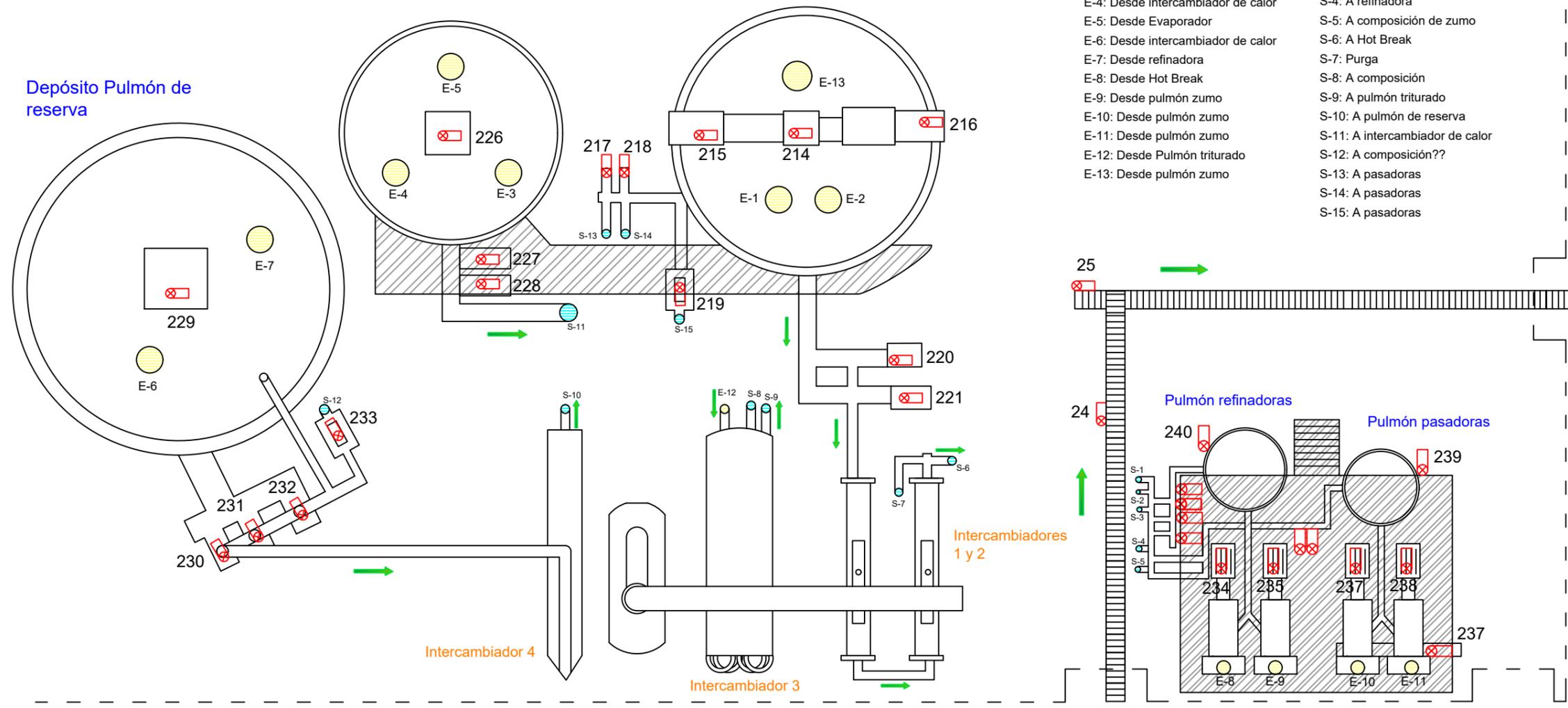


Trabajo Fin de Grado Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural - UPNA	Evaluación de los consumos enérgicos y de agua en una línea de procesado de tomate
Autor: Fernando Zulategui Beñarán	Plano de: ESTERILIZACIÓN Y PALETIZADO
Nº Plano: 3/6	Nº Página: 96

Depósito Pulmón de reserva

Depósito Pulmón de triturado

Depósito Pulmón Hot Break



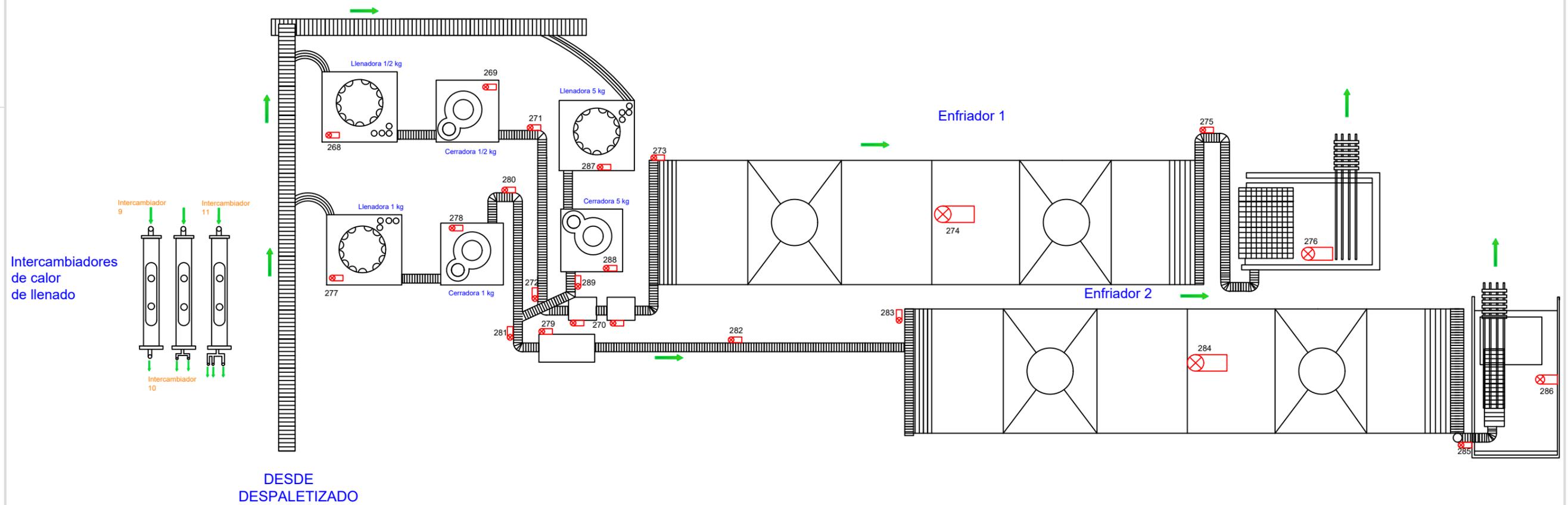
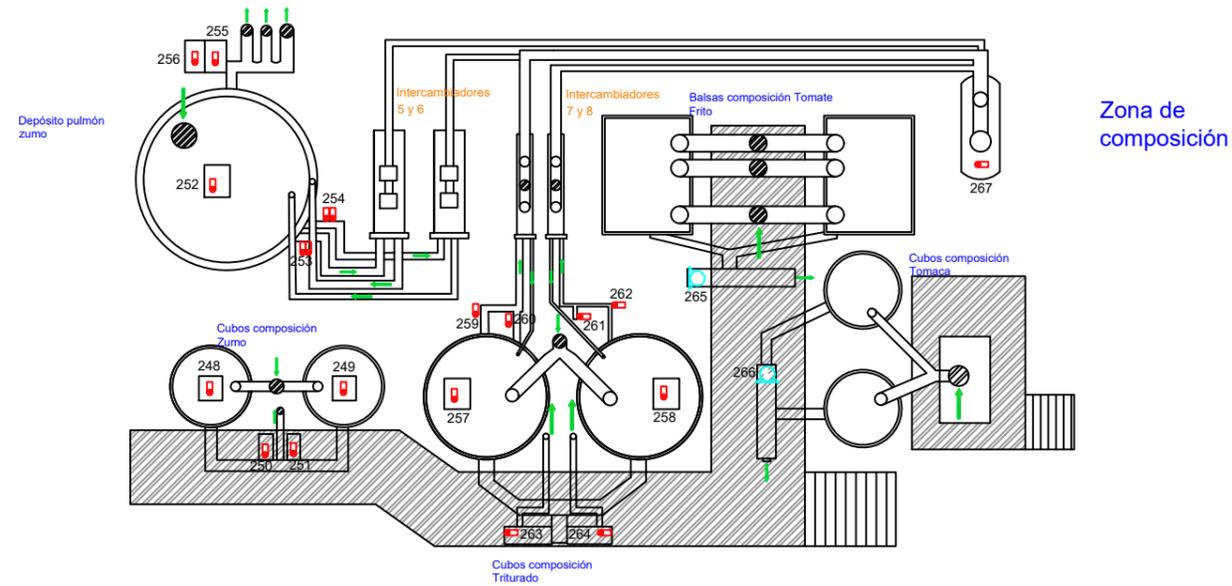
**E -ENTRADAS**

**S -SALIDAS**

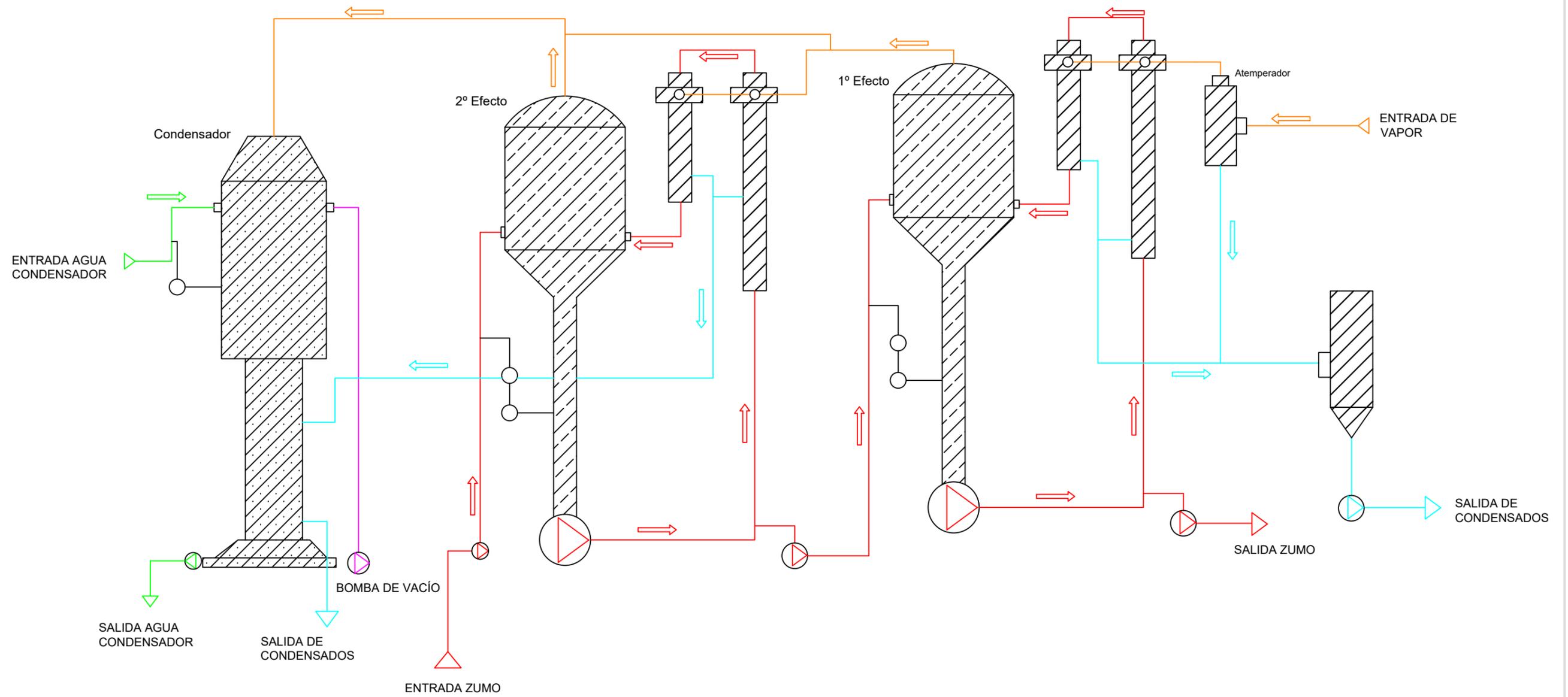
- E-1: Desde descartes
- E-2: Desde intercambiador de calor
- E-3: Desde Refinadora
- E-4: Desde intercambiador de calor
- E-5: Desde Evaporador
- E-6: Desde intercambiador de calor
- E-7: Desde refinadora
- E-8: Desde Hot Break
- E-9: Desde pulmón zumo
- E-10: Desde pulmón zumo
- E-11: Desde pulmón zumo
- E-12: Desde Pulmón triturado
- E-13: Desde pulmón zumo

- S-1: A pulmón triturado
- S-2: A pasadora
- S-3: A pulmón evaporador
- S-4: A refinadora
- S-5: A composición de zumo
- S-6: A Hot Break
- S-7: Purga
- S-8: A composición
- S-9: A pulmón triturado
- S-10: A pulmón de reserva
- S-11: A intercambiador de calor
- S-12: A composición??
- S-13: A pasadoras
- S-14: A pasadoras
- S-15: A pasadoras

Trabajo Fin de Grado Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural - UPNA	Evaluación de los consumos energéticos y de agua en una línea de procesado de tomate
Autor: Fernando Zulategui Beñarán	Plano de: RECEPCIÓN DE DESCARTES
Nº Plano: 4/6	Nº Página: 97



Trabajo Fin de Grado Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural - UPNA	Evaluación de los consumos energéticos y de agua en una línea de procesado de tomate
Autor: Fernando Zulategui Beñarán	Plano de: COMPOSICIÓN, ENVASADO Y ENFRIAMIENTO
	Nº Plano: 5/6    Nº Página: 98



Trabajo Fin de Grado Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural - UPNA	Evaluación de los consumos enérgicos y de agua en una línea de procesado de tomate
Autor: Fernando Zulategui Beñarán	Plano de: ESQUEMA DEL EVAPORADOR
Nº Plano: 6/6	Nº Página: 99