

Trabajo de Fin de Grado
Ingeniería en Tecnologías Industriales

**Ingeniería básica de una planta de producción de
productos derivados del tomate.**

Autor: Julio José Galván Armario

Tutor: Manuel Campoy Naranjo

**Dpto. Ingeniería Química y Ambiental
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla**

Sevilla, 2024



Trabajo de Fin de Grado
Ingeniería en Tecnologías Industriales

Ingeniería básica de una planta de producción de productos derivados del tomate

Autor:

Julio José Galván Armario

Tutor:

Manuel Campoy Naranjo

Profesor titular

Dpto. Ingeniería Química y Ambiental
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2024

Agradecimientos

Quiero dar las gracias a mi familia, que siempre me ha estado apoyando durante esta etapa de mi vida; a todos los amigos y amigas que me han acompañado en este camino; al profesor Manuel Campoy Naranjo, por guiarme en la realización de este proyecto; y a Dios, por dar fuerza y salud tanto a mí como a mis seres queridos.

Resumen

En este proyecto se lleva a cabo el estudio y desarrollo de la ingeniería básica de una planta de producción de productos derivados del tomate con una capacidad anual de entre 35 y 40 mil toneladas, con varios tipos de productos diferenciados en su producción y en su utilidad o consumo.

En primer lugar, se compone de una introducción en la que se describe la materia prima utilizada, sus componentes y propiedades, así como los tipos de productos que se obtienen de ella. También se indican los equipos necesarios para producir cada uno de ellos, sus procesos de fabricación, la normativa aplicable en España para este tipo de industrias y un estudio exhaustivo del mercado industrial alimentario.

En segundo lugar, se incluye una memoria descriptiva del proceso y una memoria de cálculo en los que se desarrollan detalladamente las etapas del proceso, los equipos que intervienen y los balances de materia y de energía asociados al mismo, incluyendo diagramas de bloques y de flujo.

Finalmente, se añade un presupuesto aproximado para la adquisición de los equipos necesarios, así como las hojas de las especificaciones técnicas de dichos equipos.

Abstract

In this project, the study and development of the basic engineering of a production plant for tomato products is carried out with an annual capacity of between 35 and 40 thousand tons, with several types of products differentiated in their production and usefulness. or consumption.

First of all, it consists of an introduction that describes the raw material used, its components and properties, as well as the types of products that are obtained from it. The equipment necessary to produce each of them, their manufacturing processes, the regulations applicable in Spain for this type of industries and an exhaustive study of the industrial food market are also indicated.

Secondly, a descriptive memory of the process and a calculation memory are included in which the stages of the process, the equipment involved and the material and energy balances associated with it are developed in detail, including block and flow diagrams.

Finally, an approximate budget is added for the acquisition of the necessary equipment, as well as the technical specifications sheets for said equipment.

Índice

Agradecimientos.....	5
Resumen	7
Abstract.....	9
Índice	11
Índice de Tablas.....	13
Índice de Figuras	14
1. Introducción	16
1.1. Objetivos y alcance.	16
1.2. Ubicación de la planta.	16
1.3. El tomate.	17
1.3.1. Origen e historia.	17
1.3.2. Propiedades nutritivas del tomate.....	18
1.4. Mercado nacional e internacional.	19
1.5. El producto.	22
1.6. Fabricación industrial de salsas de tomate.	23
1.6.1. Producción agrícola.	24
1.7. Normativa.....	25
2. Memoria descriptiva.....	28
2.1. Maquinaria del proceso.	28
2.1.1. Balsa canal de recepción de tomate a granel.	28
2.1.2. Deshojadora.	29
2.1.3. Mesa de selección y clasificación electrónica de los tomates.	29
2.1.4. Peladora.	30
2.1.5. Elevadores - transportadores.	30
2.1.6. Trituradora.	31
2.1.7. Precalentador.	31
2.1.8. Mezclador.	32
2.1.9. Marmita de cocción.	32
2.1.10. Llenadora.	33
2.1.11. Selladora.	33
2.1.12. Etiquetadora.....	34
2.2. Etapas del proceso productivo.....	35

2.2.1. Recepción, evaluación y clasificación del tomate.....	37
2.2.2. Preparación del jugo de tomate.	38
2.2.3. Concentración del tomate.....	39
2.2.4. Mezclado y pasteurización.....	40
2.2.5. Llenado.....	40
2.2.6. Almacenamiento y expedición del producto.....	41
2.2.7. Proceso de limpiado e higiene de máquinas.....	42
3. Memoria de cálculo.....	43
3.1. Producción de la planta.	43
3.2. Balance de materia.	44
3.2.1. Recepción y almacenamiento de tomates.....	45
3.2.2. Mezclado y pasteurización.....	46
3.2.3. Llenado y envasado.	48
3.3. Balance de energía.	48
4. Mediciones y presupuesto.	51
5. Hoja de especificaciones.	53
5.2. Deshojadora.	55
5.3. Cinta con rodillos de selección.	56
5.4. Peladora.	57
5.5. Cinta elevadora.	58
5.6. Trituradora.	59
5.7. Precalentador	60
5.8. Mezclador.	61
5.9. Marmita de cocción.	62
5.10. Llenadora.	63
5.11. Etiquetadora-selladora.	64
Referencias	65

Índice de Tablas

Tabla 1. Tabla de composición nutricional del tomate.....	19
Tabla 2. Flujo comercial de tomate en la unión europea.	21
Tabla 3. Características físico-químicas de las salsas derivadas del tomate.	38
Tabla 4. Cantidad de materia prima por kg de tomate concentrado y tomate en dados.	45
Tabla 5. Cantidad de materia prima por kg de salsa para pizza y ketchup.....	45
Tabla 6. Cantidades diarias y semanales de los ingredientes en kg.	46
Tabla 7. Densidades de los ingredientes.....	46
Tabla 8. Cantidades diarias y semanales de cada ingrediente en litros.	47

Índice de Figuras

Figura 1. Localización de la planta.....	17
Figura 2. Consumo de tomate en España entre 2010 y 2022.	19
Figura 3. Mapa por provincias de producción de tomate.	20
Figura 4. Muestras de los tipos de salsas de tomate producidas.	23
Figura 5. Etapas del proceso productivo.	24
Figura 6. Etiquetado de productos alimenticios.	27
Figura 7. Balsas de recepción.	28
Figura 8. Deshojadora.	29
Figura 9. Mesa de selección y clasificación.	29
Figura 10. Peladora de tomates.....	30
Figura 12. Trituradora.....	31
Figura 13. Pre calentador.....	31
Figura 14. Mezclador.....	32
Figura 15. Marmita de cocción.....	32
Figura 16. Llenadora.....	33
Figura 17. Selladora.....	33
Figura 18. Máquina etiquetadora.	34
Figura 19. Diagrama de bloques del proceso.	35
Figura 20. Diagrama de flujo del proceso productivo.	36
Figura 21. Recepción del tomate.	37
Figura 22. Lavado del tomate.	39
Figura 24. Mezclado y pasteurización del producto.....	40
Figura 25. Llenado del producto.....	40
Figura 26. Envasado del producto en latas.	41
Figura 27. Limpieza de las máquinas del proceso industrial.....	42
Figura 28. Etapas del proceso de fabricación de la planta.....	44
Figura 29. Balance de materia del proceso de mezclado y pasteurización.....	46
Figura 30. Balance de materia del proceso de llenado y envasado.	48
Figura 31. Balance de energía proceso de concentración del tomate.....	50
Figura 32. Balsa de recepción INOX T6	54
Figura 33. Deshojadora compacta modelo MAXI.....	55

Figura 34. Mesa-cinta calibradora de tomates con rodillos.....	56
Figura 35. Peladora.....	57
Figura 36. Cinta elevadora.....	58
Figura 37. Trituradora.....	59
Figura 38. Precalentador.....	60
Figura 39. Mezclador.....	61
Figura 40. Marmita de cocción.....	62
Figura 41. Llenadora.....	63
Figura 42. Etiquetadora	64

1. Introducción

El primer capítulo de este proyecto consiste en una introducción en la que se explicará el proceso de fabricación de los distintos productos derivados del tomate. Esta introducción, estará compuesta por varios apartados incluyendo: objetivos y alcance, ubicación elegida para la fábrica, estudio del mercado nacional e internacional, estudio y descripción de la materia prima y sus propiedades, y la normativa general en cuanto al proceso de fabricación, envasado y etiquetado en España.

1.1. Objetivos y alcance.

El objetivo de este Trabajo de Fin de Grado es el estudio y desarrollo de la ingeniería básica de una planta de producción de productos derivados del tomate. Para ello, se describe el proceso de producción de cada uno de los productos, así como la maquinaria necesaria para ello y el dimensionamiento de la planta para llevar a cabo una determinada producción anual.

También se lleva a cabo un balance de materia y energía del proceso de producción, la elaboración aproximada de un presupuesto para estimar el coste de inversión para la planta y las hojas de especificaciones técnicas de cada una de las máquinas y equipos descritos anteriormente.

Hay varios tipos de producción dentro de la fabricación de productos derivados del tomate: fabricación industrial, menudeo y “food service”, dentro de los cuáles se producen una serie de gamas de productos, según unas características físicas y químicas y la finalidad de los mismos. En este caso, la producción se centra en la línea “food service” y la variedad de productos dentro de la misma.

1.2. Ubicación de la planta.

La materia prima es el tomate, por tanto, se ha seleccionado como ubicación para la planta una región cercana a una zona en la que crezca el tomate en abundancia para asegurarnos de que el tiempo entre la cosecha y el procesamiento de los tomates frescos en el producto final sea lo más corto posible y así mantener toda la calidad y frescura de los tomates recién cosechados. Por ello, la planta se sitúa en Carretera de la Estación, km 3, 5, 41730 Las Cabezas de San Juan, Sevilla como se observa en la Figura 1.



Figura 1. Localización de la planta.

1.3. El tomate.

1.3.1. Origen e historia.

El tomate es originario de los bajos Andes, y fue cultivado por los Aztecas en México. Los Mexicas o Aztecas lo conocían como xīctomatl, fruto con ombligo. Debido a esa palabra azteca "tomatl" los conquistadores españoles lo llamaron "tomate".

Existen evidencias arqueológicas que demuestran que el tomate verde, una especie que produce una fruta ácida y de color verde que aún se consume en México, fue usado como alimento desde épocas prehispánicas. Esto hace pensar que el tomate rojo común también fue cultivado y usado por los pueblos originarios mesoamericanos desde antes de la llegada de los españoles. Es posible que después de la llegada de los españoles el tomate se cultivara y consumiera más que el tomate verde por su apariencia colorida y su mayor tiempo de vida después de ser cosechado.

Junto al maíz, la patata, el chile y la batata, el tomate fue introducido en España a principios del siglo XVI. Se cree que llegó primero a Sevilla en 1540, uno de los principales centros del comercio internacional, junto con Italia.

La primera receta publicada que se conoce para preparar "salsa de tomate al estilo español", data del año 1692, casi doscientos años después de la llegada del tomate a Europa.

En la actualidad, el uso del tomate como materia prima en nuestra dieta y en la cocina está muy presente, siendo uno de los alimentos más utilizados como ingrediente en los productos y recetas. En crudo es uno de los elementos principales de ensaladas, aunque como más se consume es en la modalidad de salsa (pizzas, pastas, condimentos, etc.); en sofrito el tomate es la base de la mayoría de guisos de otros ingredientes principales como las legumbres, arroces, carnes y pescados en todo el mundo.[1]

1.3.2. Propiedades nutritivas del tomate.

El hecho de que sea una de las materias primas más utilizadas y consumidas no es casualidad, y es que el tomate es muy nutritivo. Contiene grandes cantidades de vitamina C y folato. El tomate es la fuente alimentaria más importante de un pigmento rojo llamado licopeno, que tiene propiedades antioxidantes y puede ser anticancerígeno.

El tomate está compuesto principalmente por agua y su macronutriente mayoritario son los hidratos de carbono. Entre las vitaminas cabe destacar el contenido en vitamina A, básicamente en forma de b-carotenos (494 µg/100 gramos) y vitamina C y entre los minerales el potasio.

Los tomates y sus derivados son especialmente ricos en licopenos, responsables del color rojo del fruto. El licopeno es un carotenoide sin actividad provitamínica A, que presenta un alto poder antioxidante relacionado con un menor riesgo de padecer enfermedades crónicas, como el cáncer y las enfermedades cardiovasculares. La cantidad de licopenos presente en los tomates depende de la variedad cultivada (mucho mayor en los de «tipo pera»), del grado de madurez (mayor en los maduros) y del modo de cultivo y forma de maduración (superior en los cultivados al aire libre y Tomato Lycopersicom Esculentum mill). El tomate triturado o cocinado y su combinación con aceite, mejora la absorción del licopeno en nuestro organismo.

Así mismo, cabe destacar su contenido en otros carotenoides, que presentan igualmente carácter antioxidante, como la luteína y la zeaxantina; ambos presentes en el área central de la retina, la mácula y el cristalino del ojo, y que se asocian con la prevención de padecer cataratas y degeneración macular relacionada con el envejecimiento. También presenta un aporte importante de fitoesteroles, que reducen los niveles de colesterol en la sangre al inhibir parcialmente la absorción del colesterol en el intestino.

Por último, posee un antibiótico, la tomatina, con propiedades antibacterianas, antimicóticas y antiinflamatorias.[2]

En la Tabla 1 puede consultarse la composición nutricional del tomate por unidad de masa y los valores de referencia diarios para hombres y mujeres.

Tabla 1. Tabla de composición nutricional del tomate.

	Por 100 g de porción comestible	Por unidad mediana (150 g)	Recomendaciones día-hombres	Recomendaciones día-mujeres
Energía (Kcal)	22	31	3.000	2.300
Proteínas (g)	1	1,4	54	41
Lípidos totales (g)	0,11	0,2	100-117	77-89
AG saturados (g)	Tr	Tr	23-27	18-20
AG monoinsaturados (g)	Tr	Tr	67	51
AG poliinsaturados (g)	0,11	0,16	17	13
ω-3 (g)*	—	—	3,3-6,6	2,6-5,1
C18:2 Linoleico (ω-6) (g)	—	—	10	8
Colesterol (mg/1000 kcal)	0	0	<300	<230
Hidratos de carbono (g)	3,5	4,9	375-413	288-316
Fibra (g)	1,4	2,0	>35	>25
Agua (g)	94	133	2.500	2.000
Calcio (mg)	11	15,5	1.000	1.000
Hierro (mg)	0,6	0,8	10	18
Yodo (µg)	7	9,9	140	110
Magnesio (mg)	10	14,1	350	330
Zinc (mg)	0,22	0,3	15	15
Sodio (mg)	3	4,2	<2.000	<2.000
Potasio (mg)	290	409	3.500	3.500
Fósforo (mg)	27	38,1	700	700
Selenio (µg)	Tr	Tr	70	55
Tiamina (mg)	0,06	0,08	1,2	0,9
Riboflavina (mg)	0,04	0,06	1,8	1,4
Equivalentes niacina (mg)	0,8	1,1	20	15
Vitamina B₆ (mg)	0,11	0,16	1,8	1,6
Folatos (µg)	28	39,5	400	400
Vitamina B₁₂ (µg)	0	0	2	2
Vitamina C (mg)	26	36,7	60	60
Vitamina A: Eq. Retinol (µg)	82,3	116	1.000	800
Vitamina D (µg)	0	0	15	15
Vitamina E (mg)	1,2	1,7	12	12

1.4. Mercado nacional e internacional.

- Mercado nacional.

El tomate es la hortaliza más consumida en España con 675 millones de kilos al año, según un estudio realizado en el año 2020 [3], lo que supuso un crecimiento del 10% respecto a 2019. Actualmente, desde la pandemia por la covid-19, este consumo ha disminuido situándose en torno a los 550 millones de kilos al año.

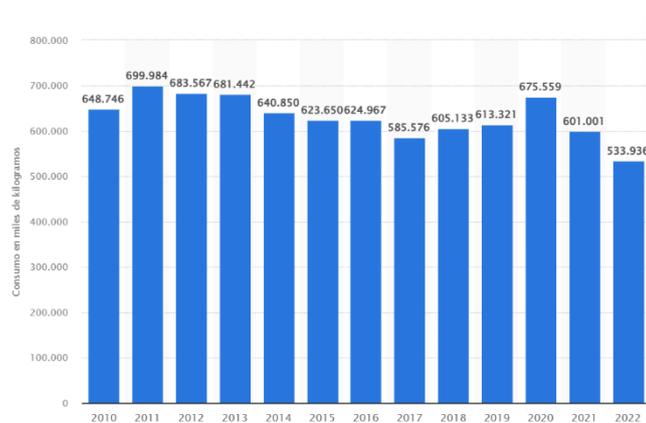


Figura 2. Consumo de tomate en España entre 2010 y 2022.

El tomate triturado es la salsa envasada más consumida en los hogares españoles, con un 44% del total según datos de la Asociación Española de Fabricantes de Salsas y Condimentos Preparados, que engloba al 70% del sector.

Los fabricantes de salsas destacan el éxito de estos productos por su utilización en la cocina mediterránea y porque son fáciles de adaptar a los gustos del consumidor. Además, las múltiples propiedades nutritivas con las que cuenta el tomate que hace que la población lo consuma más, hasta el punto de que muchas dietas se basan en su consumo. [4]

Un estudio realizado por el departamento de Marketing de “Syngenta Seeds” ha dado a conocer, durante la quinta edición de la “Tomato Conference”, que en el 70% de los hogares españoles se consume tomate fresco a diario. [5]

En cuanto a las zonas de España donde más tomate se produce, se encuentra a la cabeza las provincias de Almería y Badajoz, con más de 750 mil toneladas al año; le siguen el resto de provincias de Andalucía (exceptuando Huelva), Toledo, Cáceres, Zaragoza y Navarra, con una producción de entre 300 y 750 mil toneladas; y por último Murcia, con una producción de entre 50 mil y 300 mil toneladas al año. Esto podemos observarlo en la Figura 3.

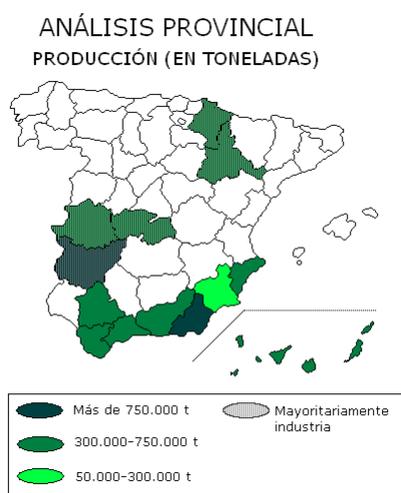


Figura 3. Mapa por provincias de producción de tomate.

- **Mercado internacional**

En lo relativo a la producción de tomate por países, Italia y España son los principales productores de tomate en Europa, alcanzando cifras de 5 millones de toneladas al año. Si hablamos de exportación, en el año 2019, España exportó 767 toneladas de tomates al resto de países europeos.

- El 23,37% de los tomates que España ha exportado en 2019 los ha comprado Alemania, país que ha importado unos 179 millones de kilos de tomate desde España.

- Francia ha sido el segundo mayor comprador de tomate español, con un volumen de 113 millones de kilos aproximadamente.
- Reino Unido ocupa la tercera posición entre los clientes del tomate español. El pasado año compró un total de 103 millones de kilos.
- La cuarta posición la ocupa Países Bajos, país que en 2019 ha comprado unos 85 millones de kilos de tomate.
- El quinto mayor cliente para el tomate español ha sido Polonia, que compró en 2019 un total de 66 millones de kilos aproximadamente.[6]

Las exportaciones españolas de tomate han batido el récord histórico por ingresos gracias al mejor precio, a pesar de que el volumen de esas exportaciones sigue bajando campaña tras campaña, según los datos que ha elaborado Hortoinfo procedentes del servicio estadístico Estacom (Icex-Agencia Tributaria), utilizando códigos TARIC (Tariff Integrated of the European Communities).

El precio medio obtenido por los tomates que ha exportado España ha sido en esta campaña el más alto de las últimas diez, 1,7 euros por kilo, lo que ha permitido que el valor total de los tomates exportados haya alcanzado la cifra récord de 1.116 millones de euros aproximadamente, un 17,24% más que la campaña anterior, cuando el valor de la exportación de tomate fue de unos 952 millones de euros.

Sin embargo, el volumen de las exportaciones españolas de tomate sigue bajando cada campaña, con una caída de 331 millones de kilos en las diez últimas campañas, desde los 982 millones de kilos exportados en la campaña 2012/2013 hasta los 651 millones de kilos exportados en la campaña que ha terminado, un 33,73% menos.

Con respecto a la campaña anterior, la exportación española de tomate ha bajado aproximadamente en 33 millones de kilos, un -4,9%, desde los 685 millones de kilos en la campaña 2020/2021 a los 651 millones exportados en la 2021/2022. En las últimas diez campañas la caída ha sido del -31%, ya que en la campaña 2011/2012 se elevó a 985 millones de kilos frente a los ya citados 680 millones de kilos exportados en la campaña que acaba de terminar.

El precio medio obtenido por los tomates que ha exportado España ha sido en esta campaña el más alto de las últimas diez con un precio medio de 1,71 euros por kilo, un 23% más alto que la campaña anterior cuando el precio medio fue de 1,39 euros por kilo. [7]

Tabla 2. Flujo comercial de tomate en la unión europea. [8]

	Francia	Holanda	Alema.	Italia	Reino Unido	Irlanda	Dinam.	Grec.	Portugal	España	Bel-Lux	Suecia	Finlan.	Austria	TOTAL
INTRA-EUR	219.700	256.844	631.646	45.903	303.916	19.760	21.274	2.756	39.729	7.050	61.383	63.503	20.127	48.670	1.742.261
EXTRA-EUR	176.896	6.079	2.589	279	3.732	0	20	4.494	0	6.917	3.104	65	0	2.695	206.870
España	163.146	224.534	203.690	20.140	193.933	889	3.300	38	37.871	0	19.305	8.146	15.364	14.986	905.342
Holanda	18.811	0	271.937	16.232	92.807	11.510	14.162	955	3	1.054	20.440	52.765	4.228	8.121	513.025
Marruecos	167.082	309	51	166	71	0	0	0	0	6.917	1.358	40	0	0	175.994
Bélgica	23.139	9.279	66.633	1.686	6.344	526	204	688	48	480	2.209	227	52	283	111.798
Italia	9.280	1.181	67.713	0	3.819	0	2.326	458	0	164	1.652	860	9	17.666	105.128
Francia	0	4.256	20.583	4.070	3.965	102	747	146	67	4.218	16.656	163	165	1.729	56.867
Alemania	4.875	16.439	0	3.692	903	91	513	471	1.738	729	1.015	19	0	5.835	36.320
Israel	4.982	3.726	175	19	3.362	0	0	7	0	0	1.203	0	0	120	13.594
Turquía	1.653	236	1.939	20	57	0	0	3.822	0	0	56	22	0	2.515	10.320
Otros	3.628	2.963	1.514	157	2.387	6.642	42	665	2	405	593	1.326	309	110	20.743
TOTAL	396.596	262.923	634.235	46.182	307.648	19.760	21.294	7.250	39.729	13.967	64.487	63.568	20.127	51.365	1.949.131

1.5. El producto.

Los productos que se abordan en este TFG se elaboran con tomates de origen controlado y certificado. La calidad del tomate fresco se une a la tecnología de los equipos, el rigor y la eficacia del proceso de producción y envasado, con el propósito de ofrecer a cada cliente y consumidor un producto y un servicio de calidad inigualable.

Esta planta fabrica varios tipos de productos derivados del tomate con un proceso de producción y una maquinaria muy similar. La diferencia entre los procesos radica, sobre todo, en la temperatura del mismo y una serie de parámetros adicionales que cambian de uno a otro y que los caracteriza. Además, otra diferencia importante es la finalidad del producto final, es decir, tiempo y forma en la que este va a ser consumido o utilizado.

De esta manera, la línea de producción se divide en cuatro productos derivados del tomate en la modalidad de salsa, dentro del tipo de producción “food service”.

Los tomates producidos y cosechados en el campo son envasados en el tamaño ideal para su uso en el segmento HORECA. El término HORECA es un acrónimo compuesto por la primera sílaba de las palabras HOteles, REstaurantes y CAterings, que se utiliza para denominar al canal de distribución para alimentos. Este se caracteriza por la preparación y comercialización de comidas y bebidas que han sido adquiridos con antelación, de modo que este término será conocido por las personas que se dediquen al sector de la hostelería o restauración. [9]

La frescura de los tomates se debe a que se envasa pocas horas después de la cosecha en latas de 3 y 5 kg, en bolsas de 3 a 5 kg o en bolsas asépticas de 10 a 21 kg. Mediante un proceso industrial totalmente automatizado y controlado, se extrae el agua del tomate fresco para concentrar la parte sólida del tomate, optimizando su envasado y conservación.

En este proceso productivo, además de la reducción del agua del tomate (concentración) se utilizan diversas técnicas de fabricación y se emplean distintos equipos que permiten que la misma materia prima fresca se convierta en un producto final con características muy diferentes que permitan la elaboración de productos muy variados en cuanto a color, sabor, textura, aspecto, viscosidad o concentración y que están diseñados según las necesidades de cada cliente.

Las salsas a producir consisten en un producto 100% natural elaborado con tomates de variedades certificadas para la producción industrial, recolectados en el campo cuando están maduros y sanos y entregados directamente a la fábrica para asegurar su frescura. Cuentan con el mismo proceso de producción: después de comprobar los parámetros de calidad de los tomates frescos, se inicia el proceso de producción, que es el mismo en las cuatro variedades de salsa: los tomates se lavan, trituran y someten a un proceso de cocción para desactivar las enzimas, luego se refinan, concentran, esterilizan y envasan de forma aséptica.

En la Figura 4 se observan muestras de las diferentes salsas de tomate que se producen.



Figura 4. Muestras de los tipos de salsas de tomate producidas.

El producto se envasa en latas de conserva, que mantienen las propiedades y características del producto durante el tiempo suficiente hasta ser consumido.

1.6. Fabricación industrial de salsas de tomate.

La fabricación industrial del producto de este TFG se trata en una producción “food service”, que consiste en envasar salsas derivadas del mejor tomate en formato de servicio de alimentos con la calidad y frescura de nuestra materia prima. La producción anual se estima en 35-40 mil toneladas.

El producto es envasado en latas A15 (5 kg), de modo que la capacidad anual de la fábrica será la de producir unos 8 millones de latas de salsa de tomate.

La producción no es la misma durante todo el año. Los meses de verano (de julio a septiembre) es el periodo de tiempo en el que se centra la producción debido a que es la época en la que se lleva a cabo principalmente la recolección del tomate. Una parte de esa recolección se conserva en salas de almacenamiento, en las que se aseguran las condiciones óptimas de conservación, para llevar a cabo la producción en el resto de meses del año, pero con un ritmo mucho menor.

En los meses de mayor producción (meses de verano), en los que se produce 24 horas al día durante 100 días, se lleva a cabo el 70% de la producción anual, lo que supone la producción de 24.500 toneladas de salsa de tomate. Es decir, 4,9 millones de latas de 5 kg de salsa de tomate, 49.000 latas al día.

El proceso de fabricación del producto es prácticamente el mismo para todas las variedades de salsas de tomate, en cada una de ellas se harán pequeñas modificaciones en

cuanto a la concentración, consistencia o presencia de piel y/o semillas. Estos parámetros y propiedades diferencian cada una de las variantes de producto en su aspecto y características finales.

Este proceso tiene varias etapas, que se nombrarán brevemente a continuación, pero que se detallarán con más profundidad en el capítulo 2 de “Memoria descriptiva”.

Las etapas del proceso productivo son las siguientes:

- 1º) Recepción, evaluación y clasificación del tomate.
- 2º) Preparación del jugo de tomate: lavado, selección, pelado y trituración de los tomates.
- 3º) Concentración del tomate y mezclado.
- 4º) Llenado y pasteurización.
- 5º) Almacenamiento y expedición del producto.

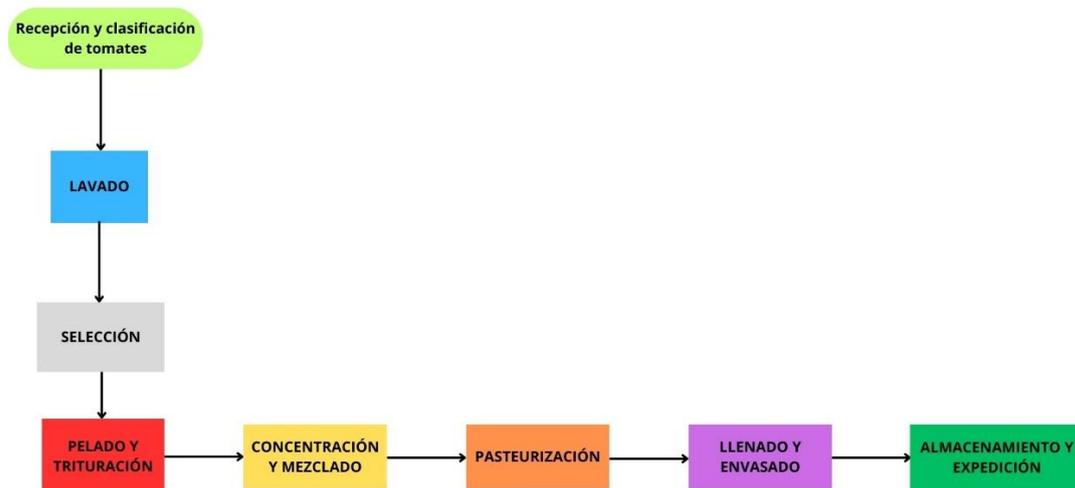


Figura 5. Etapas del proceso productivo.

1.6.1. Producción agrícola.

Anteriormente a las etapas de la producción mencionadas en el apartado precedente, se lleva a cabo una producción agrícola en las instalaciones que nos proporciona la materia prima, el tomate, necesario para producir el producto. Aunque está fuera del alcance de este TFG, puesto que la producción comienza con la recepción de la materia prima, a continuación, se describe brevemente dicho proceso agrícola.

Los tomates que se procesan crecen en las regiones circundantes a la fábrica para asegurar que el tiempo entre la cosecha y el procesamiento de los tomates frescos en el producto final sea lo más corto posible y así mantener toda la calidad y frescura de los tomates

recién cosechados. Estos alrededores de la fábrica cuentan con una plantación de 2.000 hectáreas, superficie necesaria para la recolección anual de unas 40.000 toneladas de tomate, los cuáles posteriormente serán procesados en nuestra fábrica.

El equipo agrícola asegura el seguimiento de todas las etapas del cultivo del tomate, desde la selección de las variedades más adecuadas hasta las condiciones edafoclimáticas de la región en la que se van a cultivar, como la mejor adecuación al producto final, asegurando el cumplimiento de las mejores prácticas agrícolas en todo el cultivo. Para garantizar la calidad del producto final es imprescindible una materia prima (tomates frescos) de calidad inigualable, ya que es, en casi todos los casos, el único ingrediente.

El equipo de Agricultura sigue todos los pasos para garantizar las cantidades y la calidad necesarias, desde la selección de las variedades para cada región y producto, la promoción de las mejores prácticas agrícolas y el seguimiento de un buen plan de cultivo y cosecha, hasta la implementación de las medidas adecuadas para garantizar una materia prima que cumpla con los estándares de calidad.

1.7. Normativa.

La producción de salsas derivadas del tomate se rige en España por el Real Decreto 858/1984 del 28 de marzo por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la Elaboración, Circulación y Comercio de Salsas de Mesa.

Según esta normativa, las salsas de tomate se definen como el producto formulado a partir de tomate en cualquiera de sus formas de utilización (tomate natural, zumo de tomate, puré, pasta o concentrado de tomate) tal como se definen en el Código Alimentario Español, y sometido a un proceso de cocción con aceite vegetal comestible, con la adición facultativa de determinados ingredientes y envasado en recipientes cerrados herméticamente y conservado mediante el tratamiento térmico adecuado.

Según esta Reglamentación, en el *capítulo II, artículo 9* se exponen las características del producto:

- **Características organolépticas:** El color será el rojo típico del producto elaborado a partir del tomate o sus derivados, obtenidos a partir de los frutos maduros. El color rojo podrá ser más o menos intenso, pero no amarillento.
- **Características físico-químicas:** Contenido de tomate, 25 por 100 mínimo, expresado en concentrado de tomate de 28-30 BRIX. Acidez, de 0,2 por 100 a 0,8 por 100 máximo, expresado en ácido cítrico anhidro. Cloruros, 2,5 por 100 máximo, expresado en cloruro sódico. Ph, 4,6 máximo. Azúcares añadidos, 5 por 100 máximo. Materia grasa extraíble, 3 por 100 mínimo. Consistencia, el aceite podrá estar o no emulsionado. La salsa será prácticamente homogénea y sin grumos, tolerándose únicamente indicios de

separación de suero o de aceite. La consistencia, medida con el consistómetro Bostwick, tendrá un valor máximo de 14 centímetros a 20 centígrados en 30 segundos.

En el *capítulo V, artículo 17* de esta Reglamentación se recogen las condiciones higiénico sanitarias de las materias primas, productos e industrias:

De modo genérico, las industrias y establecimientos de elaboración y manipulación de salsas habrán de reunir las condiciones mínimas siguientes:

- Los locales de fabricación, manipulación o almacenamiento y sus anexos en todo caso, deberán ser adecuados para el uso a que se destinan, con accesos fáciles y amplios situados a conveniente distancia de cualquier causa de suciedad, contaminación o insalubridad y separados rigurosamente de viviendas o locales donde pernocte o haga sus comidas cualquier clase de personal.
- En su construcción o reparación se emplearán materiales idóneos y en ningún caso, susceptibles de originar intoxicaciones o contaminaciones y tendrán sistemas de protección contra incendios. Los pavimentos serán impermeables, resistentes lavables e ignífugos, dotándoles de los sistemas adecuados de desagüe.
- La ventilación e iluminación naturales o artificiales, serán las reglamentarias y en todo caso, apropiadas al destino, capacidad y volumen del local, según la finalidad a la que se destine.
- Dispondrán en todo momento de agua corriente potable en cantidad suficiente para la elaboración, manipulación y preparación de sus productos y para la limpieza y el lavado de locales, instalaciones y elementos industriales, así como para el aseo del personal.
- Habrán de tener servicios higiénicos con lavabo adjunto y vestuarios en número y características acomodadas a lo que prevean, en cada caso, las autoridades sanitarias.
- En los locales donde se manipulen los productos, dispondrán de lavamanos de funcionamiento no manual, en número necesario, con jabón líquido y toallas de un sólo uso o sistemas similares.
- Todos los locales deben mantenerse constantemente en estado de gran pulcritud y limpieza, la que habrá de llevarse a cabo por los métodos más apropiados para no levantar polvo ni originar alteraciones o contaminaciones.
- Todas las máquinas y demás elementos que estén en contacto con las materias primas o auxiliares, artículos en curso de elaboración productos elaborados, serán de características tales que no puedan transmitir al producto propiedades nocivas. Iguales precauciones se tomarán en cuanto a los recipientes, elementos de transporte, envases provisionales y locales de almacenamiento. Todos los elementos estarán contruidos en forma tal, que puedan mantenerse en perfectas condiciones de higiene y limpieza.
- Contarán con instalaciones adecuadas en su construcción y emplazamiento para garantizar la conservación de los alimentos y productos alimentarios en óptimas condiciones de higiene y limpieza evitando su contaminación, así como la presencia de insectos y roedores.

- Deberán mantener la temperatura adecuada, humedad relativa y conveniente circulación de aire, de manera que los productos no sufran alteración o cambio de sus características iniciales. Igualmente, deberán estar protegidos los productos contra la acción directa de la luz cuando ésta les sea perjudicial.
- Permitirán la rotación de las existencias y remociones periódicas en función del tiempo de almacenamiento y condiciones de conservación que exija cada producto.
- Cualesquiera otras condiciones técnicas, sanitarias, higiénicas y laborales establecidas o que establezcan, en sus respectivas competencias, los Organismos de la Administración Pública. [11]

En cuanto al etiquetado, también hay una serie de normas a cumplir según la normativa general de la Unión Europea. [12]

La información obligatoria deberá imprimirse utilizando una fuente con una altura mínima de la x de 1,2 milímetros. Si la superficie máxima del envase es inferior a 80 cm², se podrá utilizar una altura de la x mínima de 0,9 mm.

Si la superficie del envase es inferior a 10 cm², debe indicarse lo siguiente:

- Denominación del producto alimenticio (1).
- Sustancias o productos que causan alergias o intolerancias utilizados en la fabricación o preparación y que sigan estando presentes en el producto acabado (2).
- Cantidad neta del alimento y de cada ingrediente (3).
- La fecha de «consumo preferente» o de «caducidad» (4).



Figura 6. Etiquetado de productos alimenticios.

2. Memoria descriptiva

2.1. Maquinaria del proceso.

Todas las máquinas, utensilios y mobiliario que participan en el proceso de fabricación de salsas de tomate son de acero inoxidable, debido a su alta resistencia y su facilidad para ser limpiado y esterilizado al terminar el proceso. También, al no ser un material poroso, no adopta los sabores y olores de los productos utilizados. La maquinaria que se emplea en el proceso de fabricación de salsas de tomate, se detalla a continuación. [10]

La maquinaria del proceso es la siguiente:

2.1.1. Balsa canal de recepción de tomate a granel.

Se utiliza para la recepción de los tomates procedentes de volcadores de cajas o camiones a granel.

Las balsas son de acero inoxidable AISI 304. Son de gran tamaño, rectangulares y reciben el producto en un baño de agua con fuerte turbulencia generada por el aire soplado desde el fondo y por sopladores de anillo de gran caudal. Esto crea unas burbujas, que hacen que los tomates estén siempre en suspensión, moviéndolos y limpiándolos al mismo tiempo.

El agua entra por el fondo, se distribuye a ras de superficie, y sale por el lado opuesto por una boca de desagüe de tipo pico pato arrastrando el producto.



Figura 7. Balsas de recepción.

2.1.2. Deshojadora.

Consiste en un defoliador de rodillos rotativos fabricado en acero inoxidable AISI 304 que se encarga de separar las hojas, ramas, hierbas, tallos y pequeños cuerpos extraños como insectos o pequeños animales, de los tomates.

Cuenta con una cinta transportadora de rodillos giratorios, un sistema de lavado de ducha grande, un delantal de recogida para la separación del agua de los sólidos, una tova de recolección de agua y un motor que imprime velocidades variables.



Figura 8. Deshojadora.

2.1.3. Mesa de selección y clasificación electrónica de los tomates.

Son mesas de acero inoxidable AISI 304 que se encargan de la inspección, selección y clasificación de los tomates. Cuenta con unos rodillos giratorios que van transportando los tomates y unos dedos neumáticos que se encargan de clasificar los tomates tras una inspección. De esta forma, se deshace de los tomates que estén dañados, descoloridos o no maduros y envía a la siguiente fase los que cumplen los requisitos.



Figura 9. Mesa de selección y clasificación.

2.1.4. Peladora.

Es una cinta con cuchillas rotativas que elimina suavemente la piel exterior del tomate, una vez escaldado con agua caliente, dejando el resto del tomate intacto.

Cuenta también con unos discos de goma que hacen caer las pieles a un depósito en el que un chorro de agua las lava para futuros procesos con ellas.



Figura 10. Peladora de tomates.

2.1.5. Elevadores - transportadores.

Son unas cintas transportadoras fabricadas en acero inoxidable AISI 304 que se encargan del transporte de los tomates. Estas cintas llevan el tomate ya pelado hacia la sala de procesado dosificando el producto a medida que avanza el proceso de producción.



Figura 11. Elevador.

2.1.6. Trituradora.

Es una máquina que reduce los tomates frescos ya lavados y pelados en trozos pequeños, para así mejorar la penetración del calor durante el precalentamiento y la inactivación enzimática.

Esta cortadora-trituradora es una máquina compacta con gran capacidad y velocidad de corte. Los tomates pasan en décimas de segundo, de manera casi inapreciable para el ojo humano.

El rotor está equipado con peines de cuchillas de acero inoxidable AISI 304, mecanizados mediante máquinas rotativas que durante el paso de los tomates se cruzan con un contrapeine fijo lo cual da lugar a un corte homogéneo del tomate. Todo esto accionado por un motor eléctrico con transmisión por correa.



Figura 12. Trituradora.

2.1.7. Precalentador.

Es un tanque construido con acero inoxidable AISI 304, con una balsa en forma de U de contención y acumulación del producto con tapas abatibles estancas. Tiene un serpentín giratorio sumergido en el producto para moverlo en todo momento, evitando que se pegue o se quemé el mismo. El producto es calentado mediante vapor, accionado por un motovariador. Su función es realizar un calentamiento rápido del tomate ya triturado, con el fin de bloquear la acción de las enzimas pectolíticas y obtener un producto de alta viscosidad y consistencia, para posteriormente ser concentrado.



Figura 13. Precalentador.

2.1.8. Mezclador.

Es un tanque de acero inoxidable con una hélice giratoria que mezcla el tomate triturado con el resto de ingredientes, según la variedad de producto, sal, azúcar, especias, aceite, etc.

El proceso de mezclado es muy importante para asegurar que todos los ingredientes se mezclen de manera uniforme y que la salsa de tomate tenga un sabor consistente. Los ingredientes se mezclan durante 20 minutos para asegurar su homogenización.



Figura 14. Mezclador.

2.1.9. Marmita de cocción.

Una marmita es un tanque cilíndrico de acero inoxidable, provisto de un de un mezclador que se utiliza para la cocción de alimentos a altísimas temperaturas y su posterior enfriamiento.

La mezcla de tomate llega a la marmita a través de unas tuberías, y se calienta a altas temperaturas para matar cualquier bacteria o microorganismo presente y así garantizar una mayor vida útil del producto. Tras este proceso, la mezcla se enfría, llamándose todo este proceso con el nombre de pasteurización.



Figura 15. Marmita de cocción.

2.1.10. Llenadora.

La máquina llenadora es la encargada de introducir la salsa de tomate al envase, que en nuestro caso son latas.

Son de acero inoxidable, ya que tienen que ser fácilmente limpiadas y esterilizadas con asiduidad para asegurar las condiciones higiénicas, además de para garantizar la mayor durabilidad y el aprovechamiento de ellas. Está totalmente automatizada, según un control numérico por computadora y para mayor eficiencia, se ha incorporado un sistema de inteligencia artificial para un proceso productivo más preciso y rápido.

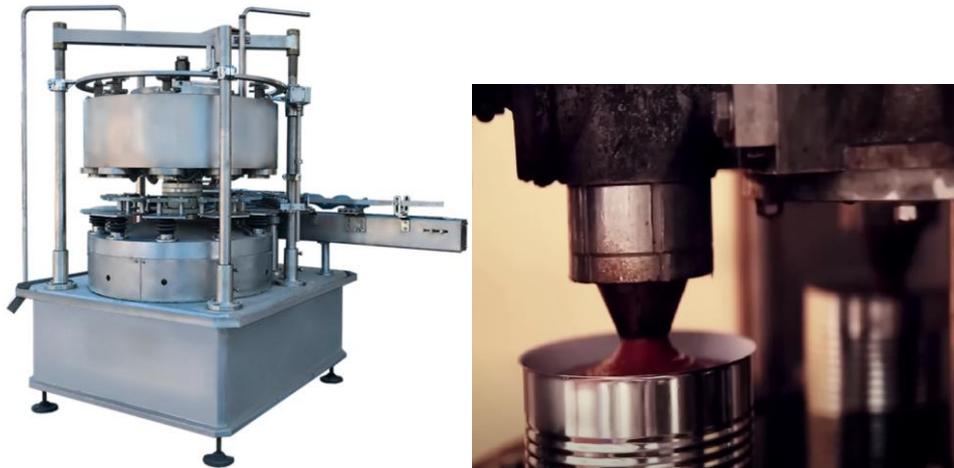


Figura 16. Llenadora.

2.1.11. Selladora.

Una selladora al vacío es una máquina que utiliza el vacío para sellar productos y eliminar el aire de los espacios huecos del envase. Esta máquina se emplea en la industria alimentaria para conseguir que los productos sean más duraderos y facilitar su almacenamiento y distribución. Es automática y una tiene un sistema con impresión de fechas que está instalada en la línea de producción, envasa el producto y, a continuación, imprime la fecha de producción y la fecha de consumo preferente en el envase. La selladora se encarga de eliminar todo el aire de la lata, coloca una tapa y pliega y enrolla los bordes formando un cierre hermético.



Figura 17. Selladora.

2.1.12. Etiquetadora.

Es una máquina que se encarga de etiquetar las latas de salsas de tomate con etiquetas anti falsificación, código de barras, entre otros.

La máquina recibe las latas, las pone de lado, les aplica cola y les coloca la etiqueta.

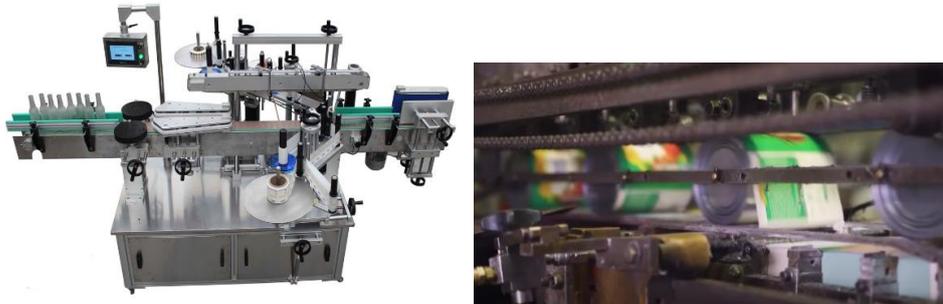


Figura 18. Máquina etiquetadora.

2.2. Etapas del proceso productivo.

En este apartado se describen las etapas por las que pasa nuestro producto, el tomate, desde que empieza el proceso con la llegada del mismo hasta que se produce y se envasa quedando listo para consumir. [13]

Este proceso se detalla en la Figura 19 mediante un diagrama de bloques.



Figura 19. Diagrama de bloques del proceso.

También se adjunta el diagrama de flujo del proceso de producción de las salsas de tomate a continuación, en la Figura 20.

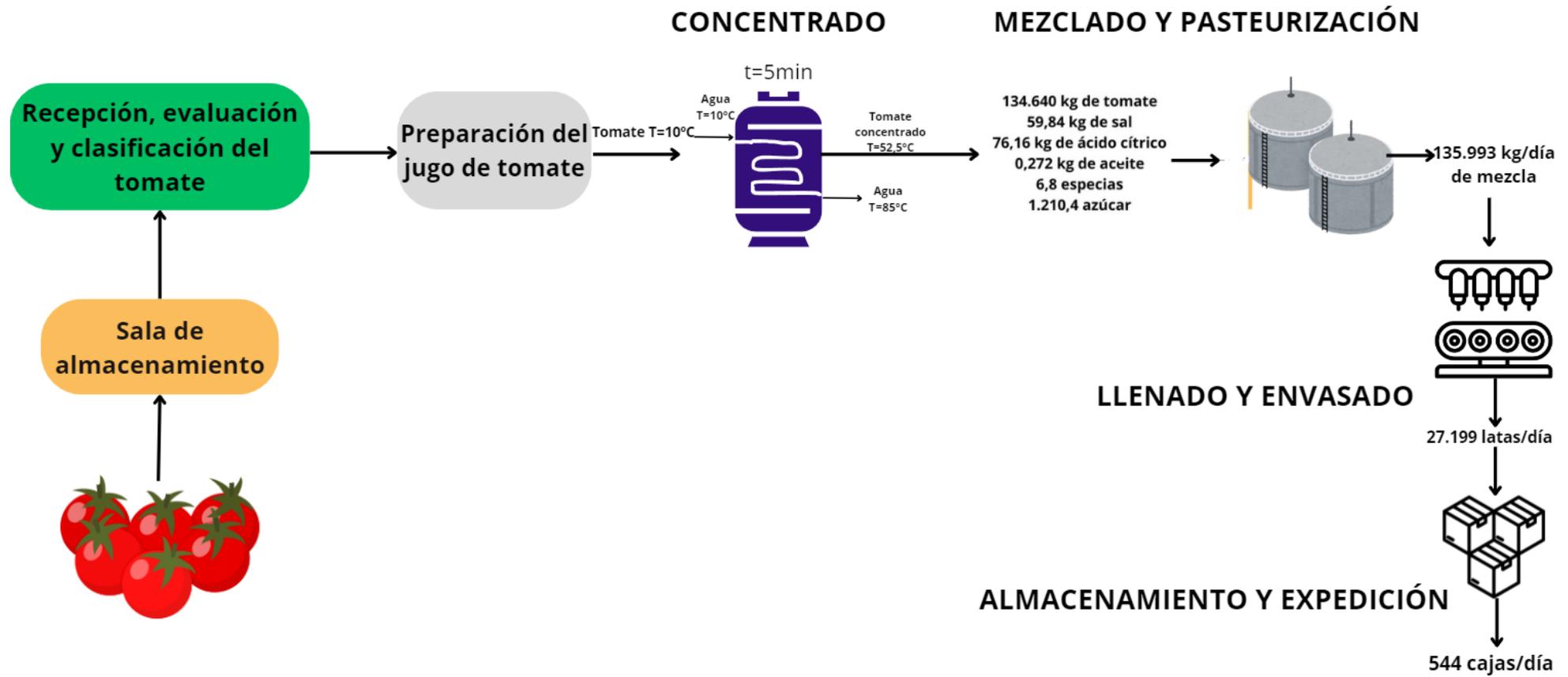


Figura 20. Diagrama de flujo del proceso productivo.

2.2.1. Recepción, evaluación y clasificación del tomate.

La producción de la fábrica es 136.000 kg de salsas de tomate al día. Como la cantidad de materia prima, en este caso el tomate, en el producto final es de 0,99 kg por cada kg de producto, se estima que llegará al proceso productivo la misma cantidad de tomates al día.

La materia prima llega procedente de la sala de almacenamiento, dónde espera en las condiciones óptimas de mantenimiento a que se vaya requiriendo en el proceso productivo, y llega a una balsa de recepción con capacidad para 500L, es decir unos 120.000 tomates, cantidad de tomates necesaria para asegurar el caudal de mayor producción, que es de 6.476 kg/ h,

En la recepción, los tomates se pesan y clasifican, habiendo pasado previamente la evaluación de calidad del producto. Basados en una muestra aleatoria tomada en la carga, todos los tomates que entran en nuestras fábricas son evaluados según los siguientes parámetros de calidad: grado de madurez, color, salubridad del fruto, presencia de inertes, brix y pH. Sólo se aceptarán las frutas que cumplan los criterios de calidad aprobados.

El tomate debe proceder de un proveedor aprobado por la fábrica, de variedades aprobadas (registradas y no modificadas genéticamente), estar sana, integrada y en perfecto estado de madurez. Si la calidad de la fruta no cumple con los requisitos de calidad, la carga será rechazada.

Los tomates cuya calidad cumple con las normas de calidad establecidas se descargan en los muelles de descarga y se transportan a las líneas de producción a través de canales con agua en movimiento para permitir el transporte, a fin de garantizar la integridad de la fruta y al mismo tiempo iniciar el proceso de lavado.



Figura 21. Recepción del tomate.

La fábrica tiene cuatro tipos de productos: tomate concentrado, tomate en dados, salsa para pizza y ketchup. En la producción industrial los procesos para cada producto son comunes, diferenciándose cada uno de ellos en los parámetros de concentración, viscosidad y aditivos.

Las características físico-químicas de los productos derivados del tomate que se fabrican se pueden ver en la Tabla 3.

Tabla 3. Características físico-químicas de las salsas derivadas del tomate.

Parámetro	Rango de aceptación
Contenido de sólidos naturales totales del tomate	➤ 25 %
Acidez(expresada en ácido cítrico anhidro)	0.2 a 0.8 %
pH	< 4.6
Azúcares añadidos	< 5 %
Materia grasa extraíble	> 3%
Cloruro de sodio	< 5%
aceite	< 10

2.2.2. Preparación del jugo de tomate.

Los tomates entran en el proceso de fabricación lavándolos primero, seleccionándolos en una cinta transportadora y luego triturándolos. Inmediatamente después de la trituración, comienza la actividad enzimática en la fruta que debe estancarse por unos segundos con un choque térmico para asegurar la desactivación de las enzimas. En esta etapa de la preparación del jugo es cuando se aplican las diferentes técnicas de fabricación para obtener productos diferenciados en cuanto a consistencia, textura y refinamiento.

Por lo tanto, las temperaturas utilizadas en esta etapa de calentamiento son más altas o más bajas dependiendo de la consistencia y el tipo de producto a obtener:

- Si el producto final que se va a obtener es menos consistente, la temperatura que se va a utilizar será menor y el producto se denomina “Cold Break”.
- Si el producto final que se va a obtener es más consistente, la temperatura que se va a utilizar es mayor y el producto se denomina “Hot Break”.
- Si la consistencia del producto es intermedia, la temperatura que se utiliza es moderada (intermedia) y el producto se denomina “Semi Hot Break” o “Warm Break”.
- Si se quiere un producto muy consistente, la temperatura de fabricación es bastante alta y el producto se llama “Super Hot Break”.

Una vez garantizada la desactivación enzimática, la piel (cáscara) y las semillas se extraen en un tamiz (colador) o en una criba/refinadora de la que saldrá un jugo de tomate. Como su nombre indica, el tomate pasa por un tamiz, que es un filtro con paletas rotativas que separa la piel y las semillas del jugo.

La perforación utilizada en el tamiz será más estrecha o más ancha, dependiendo de si el producto final a obtener debe estar más o menos libre de piel y semillas:

- Productos concentrados y tomate en dados: normalmente utilizan tamices con una perforación de entre 0,5mm y 1,5mm.

- Productos triturados o salsas para pizza: normalmente utilizan tamices con una perforación de entre 0,8 y 4 mm (con algunas semillas y pieles que ya pasan por estos últimos).



Figura 22. Lavado del tomate.

2.2.3. Concentración del tomate.

La concentración del tomate consiste en un proceso en el que, de una manera muy simple y altamente automatizada, el agua es eliminada del jugo usando el vacío y la temperatura. El agua se extrae en forma de vapores y condensación con agua fría.

Podemos promover una optimización del proceso de evaporación utilizando equipos más eficientes y rápidos como los evaporadores de Pre-Concentrado y de triple efecto. Con el uso de tecnología punta podemos ser más eficientes en el uso de la energía y garantizar la obtención de un producto final más rápido, más sostenible con el medio ambiente y más fresco, ya que está menos expuesto a las altas temperaturas, conservando su color y sabor natural.

Los niveles de concentración pueden variar entre el 5% y el 40%, y se consigue aumentando la temperatura del tomate de 10°C a 52,5°C, durante 5 min, que a su vez se consigue aumentando la temperatura del agua que se introduce desde los 10°C hasta los 85°C. De esta manera, se lleva a cabo la concentración del tomate generando un calor total de 1113 kW, que es la suma de 133 kW de calor generado al calentar el agua hasta los 85°C obteniendo vapor, de 22,7 kW de calor generado al calentar el tomate hasta los 52,5°C y de 957 kW de calor de vaporización. Se produce una pérdida de calor del 30%, que se transfiere a las paredes del recipiente, y es de 1146,5 kW.



Figura 23. Cocción para concentración del tomate.

2.2.4. Mezclado y pasteurización.

Una vez que se ha concentrado el tomate, se introduce en el mezclador junto a los demás ingredientes. La mezcla la forman tomates, sal, ácido cítrico, aceite, especias (si lleva) y azúcar. Al final del día de producción se elabora unos 136.000 kg de dicha mezcla.

Tras haberse mezclado todo, dicha mezcla pasa a una marmita de cocción. En ella se lleva a cabo el proceso de pasteurización. La pasteurización consiste en un proceso térmico que se realiza con el objeto de reducir los agentes patógenos que puedan contener, como bacterias, protozoos, mohos y levaduras, etc. El proceso de calentamiento recibe el nombre de su descubridor, el científico-químico francés Louis Pasteur (1822-1895). [14]

La mezcla se somete a un aumento de temperatura, manteniéndose la misma entre 99-120°C durante 10 minutos, generando un calor de 40,1 kW.



Figura 24. Mezclado y pasteurización del producto.

2.2.5. Llenado.

La pulpa de tomate (concentrada o triturada) se coloca en el interior de las latas o bolsas en una cámara de relleno y, para garantizar la seguridad del envasado y la estabilidad del producto.

Del proceso se obtienen 135.993 kg de mezcla de salsa de tomate, lo que corresponde a 145.603 L de salsa de tomate. Esta cantidad, se envasa en latas de 5 kg, por lo que se llenan 27.199 latas al día.



Figura 25. Llenado del producto.

2.2.6. Almacenamiento y expedición del producto.

El almacenamiento de la materia prima se realiza en una sala de almacenamiento, en la que se almacenan los tomates a la espera de ser requeridos en el proceso productivo, asegurándose las condiciones óptimas de mantenimiento, que son de entre 10-15°C de temperatura y una humedad relativa de entre 85-95%.

Posteriormente, el producto terminado se almacenará en cajas y se exportará a las industrias alimentarias o se utilizará para la producción nacional de productos de venta al por menor. Se aseguran tipos de envasado que garanticen la alta calidad y seguridad alimentaria de nuestros productos.

Al día, se almacenan unas 544 cajas de 50 latas de 5 kg cada una.



Figura 26. Envasado del producto en latas.

2.2.7. Proceso de limpiado e higiene de máquinas.

El proceso de limpieza e higiene de la maquinaria del proceso industrial de salsas derivadas del tomate es muy importante para asegurar la salud de las personas que ingerirán dicho producto. Una mala higiene de la maquinaria que se emplea en el proceso industrial, puede provocar alteraciones en los valores del tomate que afecten a la salud y que no cumplirían los estándares alimenticios legales. Por ello, es obligatorio implementar en las fábricas un protocolo periódico de limpieza para así evitar la contaminación del producto y asegurar la higiene adecuada.

Para el proceso industrial de nuestro producto, es necesario realizar una limpieza de la maquinaria entre cambios de sabores, para que estos no se transfieran. Por ejemplo, cuando se fabrica salsa para pizza, que lleva ingredientes especiales (especias, sal, aceite, etc). También es necesario limpiar la maquinaria después de terminar el ciclo productivo.

El procedimiento para limpiar los equipos del proceso son los siguientes:

- Vaciar todos los depósitos y conductos por los que pase el producto.
- Aclarar todas las máquinas que participen en las etapas de producción.
- Introducir en ellas agua caliente a 90-100°C, con detergentes autorizados.
- Vaciar las máquinas.
- Aclarar de nuevo.
- Introducir agua tibia con desinfectantes.
- Vaciar las máquinas.



Figura 27. Limpieza de las máquinas del proceso industrial.

3. Memoria de cálculo

3.1. Producción de la planta.

El tomate frito y triturado es la salsa envasada más consumida en los hogares españoles, con un 44% de las ventas de estos productos, según datos de la Asociación Española de Fabricantes de Salsas y Condimentos Preparados, que engloba al 70% del sector.

Coincidiendo con el inicio de la primavera hasta terminado el verano, que son los meses en los que se lleva a cabo la recolección del tomate, se experimenta el periodo de más producción en la fábrica. Durante estos seis meses la fábrica lleva a cabo una producción estimada de 24.500 toneladas de salsa de tomate, lo que, teniendo en cuenta que se trabaja todos los días de la semana, supone una producción de 136.000 kg de salsa de tomate al día.

Los otros seis meses, la producción es menor y se estima en 10.500 toneladas, lo que supone una producción de 58.000 kg de salsa de tomate al día.

En cuanto a la distribución de la producción, el reparto es equitativo entre los tipos de salsa de tomate. Se produce la misma cantidad de cada tipo de producto.

Respecto a la maquinaria de la planta, ésta se ajusta a los periodos de producción. Los meses de mayor producción funciona a pleno rendimiento, y los de menor producción al 50%. Para ello, en lugar de adquirir y utilizar equipos durante todo el año con capacidad suficiente para los meses de mayor producción, que tendrían que utilizarse el resto de los meses al 50% de ésta, se adquieren dos unidades de los principales equipos para que se adapten a la capacidad de los meses de menor producción.

Por tanto, en la fábrica se establecen dos líneas iguales de producción paralelas de forma que durante los meses de mayor producción se utilizan ambas y durante el resto del año sólo será necesario utilizar una de éstas

Se establecen 3 turnos al día de 8 horas cada uno. Teniendo en cuenta que se necesitan 3 horas al día, para la limpieza de las máquinas y paradas de mantenimiento entre turnos:

Periodo de mayor producción:

$$Caudal = m = \frac{136.000 \frac{kg}{día}}{3 \frac{turnos}{día} \cdot 7 \frac{h}{turno}} = 6.476 \text{ kg/h}$$

Periodo de menor producción:

$$Caudal = m = \frac{58.000 \frac{kg}{día}}{3 \frac{turnos}{día} \cdot 7 \frac{h}{turno}} = 2.762 \text{ kg/h}$$

De esta forma se decide adquirir 2 unidades de los equipos necesarios para las elaboraciones que soporten el caudal menor para que trabajen uno o ambos en función del mes. Así, el proceso es más conveniente ya que si se adquiere un solo equipo con mayor capacidad trabajaría con muchas variaciones y se pueden evitar así posibles paradas por fallos.

3.2. Balance de materia.

En este apartado se explica cómo es el proceso y el balance de materia del mismo para la fabricación en uno de los meses de mayor producción. Este proceso y balance de materia es homónimo para todos los productos que se fabrican en la planta, diferenciándose entre ellos en algunos de los parámetros físico-químicos.

Como se ha indicado en apartados anteriores, los envases en los que se vierte el producto son latas de 5 kg.

De esta forma, en los meses de mayor producción, se producen de cada producto que se fabrica 136.000 kg al día, lo que suponen 27.200 latas; y 4.000 toneladas al mes, lo que supone 816.000 latas.

La fabricación de esta planta, sigue el diagrama de etapas que se muestra en la figura 28.

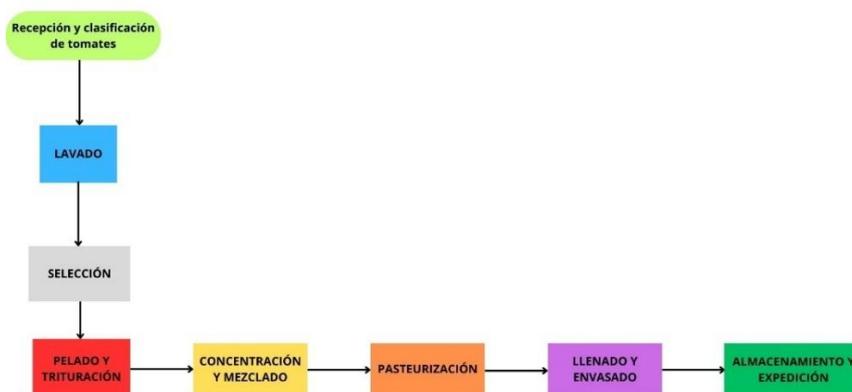


Figura 28. Etapas del proceso de fabricación de la planta.

3.2.1. Recepción y almacenamiento de tomates.

Antes de comenzar los procesos las diferentes materias primas están dispuestas en la balsa de recepción, una vez que llegan desde las distintas salas de almacenamiento, para poder comenzar la fabricación.

Los tomates, al ser un alimento perecedero, requieren una temperatura de conservación entre 10-15°C. Es por esto por lo que necesitan ser almacenados en sala de almacenamiento, en la que se asegure el mantenimiento de la temperatura entre esos valores y, a medida que el proceso va requiriendo el producto, éste se va proporcionando desde ella. El caudal de proporción de tomate de la sala de almacenamiento al proceso es el mismo que el de producción, de 6.476 kg/h en los meses de mayor producción y 2.762 kg/h en los de menor producción, de manera que no hay producto esperando en condiciones desfavorables para el mantenimiento del producto. Esta sala de mantenimiento alberga la cantidad de materia prima necesaria para producir durante tres días, es decir, tiene capacidad de almacenar unos 408.000 kg de tomates.

Con respecto a las cantidades de las materias primas para elaborar 1 kg de los distintos productos, se indican en las siguientes tablas.

Tabla 4. Cantidad de materia prima por kg de tomate concentrado y tomate en dados.

Materia prima	Cantidad (kg)
Tomate	0,999 kg
Sal	0,00044 kg
Aditivo ácido cítrico	0,00056 kg

Tabla 5. Cantidad de materia prima por kg de salsa para pizza y ketchup.

Materia prima	Cantidad (kg)
Tomate	0,99 kg
Sal	0,00044 kg
Aditivo ácido cítrico	0,00056 kg
Aceite	0,000002 kg
Especias	0,00005 kg
Azúcar	0,0089 kg

3.2.2. Mezclado y pasteurización.

Tras el lavado, la selección, el pelado y la trituración de los tomates, se procede a mezclar todos los ingredientes para la posterior pasteurización del producto final.

Conociendo las cantidades necesarias para elaborar 1 kg de producto, al ser la producción diaria de 136.000 kg, se calculan las cantidades que se necesitan de cada ingrediente utilizado.

A continuación, se indican las cantidades diarias y semanales de cada ingrediente por kg de producto.

Tabla 6. Cantidades diarias y semanales de los ingredientes en kg.

	kg por kg de producto	kg/día	kg/semana
Tomate	0,99	134.640	942.480
Sal	0,00044	59,84	418,88
Aditivo ácido cítrico	0,00056	76,16	533,12
Aceite	0,000002	0,272	1,904
Especias	0,00005	6,8	47,6
Azúcar	0,0089	1.210,4	8.472,8

El balance de masa de este proceso será el siguiente:



Figura 29. Balance de materia del proceso de mezclado y pasteurización.

Las densidades (expresada en kg/L) de cada uno de los ingredientes del proceso, utilizadas para calcular el volumen (expresado en litros) vienen reflejadas en la siguiente tabla.

Tabla 7. Densidades de los ingredientes.

Ingrediente	Densidad (kg/L)
Tomate	1,065
Sal	2,16
Aditivo ácido cítrico	1,66
Aceite	0,916
Especias	0,12
Azúcar	1,58

Así se calculan las cantidades, en litros, de cada uno de los ingredientes de la mezcla.

Tabla 8. Cantidades diarias y semanales de cada ingrediente en litros.

	L/día	L/semana
Tomate	143.391,6	100.3741,2
Sal	129,3	904,8
Aditivo ácido cítrico	126,4	884,9
Aceite	0,25	1,74
Especias	0,82	5,712
Azúcar	1.912,4	13.387,024

La mezcla que presenta la mezcla final de ingredientes es de $\rho = 0,934 \text{ kg/L}$, que se obtiene mediante el peso total y el volumen total de la mezcla.

$$\rho = \frac{\text{Masa mezcla}}{\text{Volumen mezcla}} = \frac{135.993}{145.560,77} = 0,934 \text{ kg/L}$$

Para este proceso, se emplea el equipo Mixworking HTST, compuesto por un depósito mezclador y un tanque de precalentamiento capaz de pasteurizar y homogeneizar la mezcla de producto.

3.2.3. Llenado y envasado.

Del proceso anterior de mezclado y pasteurización se obtienen 135.993 kg de mezcla de salsa de tomate, lo que corresponde a 145.603 L de salsa de tomate, ya que la densidad de la misma es de $\rho = 0,934$ kg/L. Esta cantidad, se envasa en latas de 5 kg.

Por tanto, el balance de masa del proceso de llenado y envasado es el siguiente:



Figura 30. Balance de materia del proceso de llenado y envasado.

Una vez envasado el producto en las latas, éstas se almacenan en cajas de 50 unidades, por lo que se obtienen 544 cajas, que a su vez serán embaladas en palets.

3.3. Balance de energía.

En este apartado se realizará el balance de energía que tiene lugar durante la fabricación del producto. En dicha fabricación, tiene lugar dos procesos en los que se genera energía en forma de calor. La concentración del tomate y la pasteurización del producto final.

- **Proceso de concentración del tomate.**

El proceso de concentración del tomate genera tres tipos de energía en forma de calor. Por un lado, el calor que se genera al calentar el agua que se introduce en el proceso para realizar la concentración, el calor que se genera al calentar el producto (tomate) como consecuencia del calentamiento del agua y el calor de vaporización que genera la concentración. Por tanto, el balance de energía de todo este proceso estará formado por las siguientes ecuaciones.

$Q_w = W \cdot C_p \cdot \Delta T$, donde: Q_w =calor necesario del agua.

W =flujo másico del agua a calentar = 0,424 kg/s.

C_p = poder calorífico del agua= 4,186 kJ/kg°C.

T_o =temperatura inicial agua=10°C.

T_f = temperatura final agua=85°C.

$Q_w = 0,424 \frac{kg}{s} \cdot 4,186 \frac{kJ}{kg^\circ C} \cdot (85 - 10)^\circ C = 133 \text{ kW}$ de calor necesario para elevar la temperatura del agua.

$Q_t = m \cdot C_p \cdot \Delta T$, donde: Q_t =calor necesario del tomate.

m =flujo másico del tomate=0,32 kg/s.

C_p =poder calorífico del tomate=1,67 kJ/kg°C.

T_o =temperatura inicial tomate=10°C.

T_f =temperatura final tomate=52,5°C

$Q_t = 0,32 \frac{kg}{s} \cdot 1,67 \frac{kJ}{kg^\circ C} \cdot (52,5 - 10)^\circ C = 22,7 \text{ kW}$ de calor necesario para elevar la temperatura del tomate.

$Q_{vap} = m \cdot \Delta H_{vap}$, donde m =flujo másico del agua que se ha calentado = 0,424 kg/s.

ΔH_{vap} =entalpía de vaporización (a $T=85^\circ C$ y $p=1 \text{ atm}$) = 2.257 J/g.

$Q_{evap} = 0,424 \frac{kg}{s} \cdot 2.257 \frac{J}{g} = 957 \text{ kW}$

Así, se genera un calor total en la realización del proceso de concentración del tomate de:

$$Q_{total} = Q_w + Q_t + Q_{vap} = 133 + 22,7 + 957 = 1113 \text{ kW}$$

El calor perdido estimado es del 30% (paredes del recipiente):

$$Q_{p\acute{e}rdidas} = 1,30 \cdot 1113 = 1146,5 \text{ kW}$$

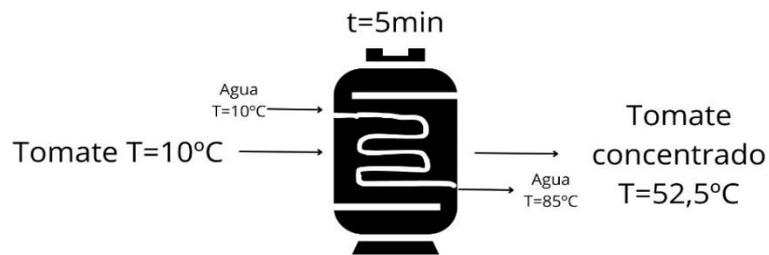


Figura 31. Balance de energía proceso de concentración del tomate.

- **Proceso de pasteurización.**

Para este proceso, el producto, ya envasado y a temperatura ambiente, se somete a un hervido a una temperatura de entre 99°C y 120°C durante 10 minutos. Con esto, se asegura la eliminación de los microorganismos que pueden alterar los alimentos.

El calor necesario en el balance de energía de este proceso de pasteurización será el siguiente:

$Q = m \cdot Cp \cdot \Delta T$, donde: Q =calor necesario.

m =flujo másico del tomate=0,32 kg/s.

Cp =poder calorífico del tomate=1,67 kJ/kg°C.

T_o =temperatura inicial tomate=25°C.

T_f =temperatura final tomate=100°

$$Q = 0,32 \frac{kg}{s} \cdot 1,67 \frac{kJ}{kg^\circ C} \cdot (100 - 25)^\circ C = 40,1 kW$$

4. Mediciones y presupuesto.

En este apartado el TFG se desarrolla una estimación del presupuesto para la adquisición de la maquinaria y equipos necesarios para llevar a cabo el proceso productivo de salsas derivadas de tomate.

En la siguiente tabla se indican únicamente las máquinas necesarias, así como sus características, el número necesario de cada uno de ellas y el precio que tienen.

El presupuesto de equipos y maquinaria necesaria supone una inversión total de 279.315,19 €. Para la estimación de los precios, se ha realizado una investigación para conocer todo el mobiliario y la maquinaria necesarios para llevar a cabo el proceso. Posteriormente se ha buscado uno por uno las máquinas con las características necesarias para la producción de la fábrica y tomando el precio de los mismos a distintos proveedores y fabricantes.

<i>MÁQUINAS</i>	<i>UDS.</i>	<i>PRECIO (€)</i>
Balsa de recepción INOX T6 [15] Tolva de recepción de acero inoxidable con rotor de acero, que asegura un tratamiento menos agresivo (prevención de la rotura de tallos y trituración de pieles y semillas).	1	32.027,19 €
Deshojadora compacta modelo MAXI [16] Equipo de acero inoxidable que separa las hojas del tomate y elimina parte de la suciedad ligera.	2	31.662,68 €
Cinta con rodillos de selección [17] Mesa-cinta de selección con rodillos y selección óptica automática para clasificar frutas y hortalizas.	2	20.000 €
Peladora LMQ-200 [18] Máquina de procesamiento de pelado de tomates, de verduras y raíces en la industria alimentaria.	2	8.927,19 €
Cinta elevadora N25 [19] Cinta elevadora de acero inoxidable con ruedas, regulación de altura por medio de pistón hidráulico de accionamiento manual o mediante polipasto eléctrico, opción variador de la velocidad de la cinta.	2	14.565,38 €
Trituradora MB-CSPS [20] Máquina trituradora de frutas provista de un martillo industrial.	2	4.604,55 €

<p>Pre calentador caldera de vapor CWNS2.1-85 [21] Economizador de calentador pre calentador de caldera de vapor.</p>	2	15.035,27 €
<p>Mezclador KQ100 [22] Tanque de mezcla de líquido heating de vapor.</p>	2	3.288,97 €
<p>Marmita de cocción industrial XINYOU [23] Marmita-industrial Aliment Basculante 500 L Eletrica Marmita Industrial.</p>	2	3.382,94 €
<p>Llenadora Xiepai [24] Máquina de envasado de pasta tomate con sellado con línea completamente automática.</p>	2	20.297,61 €
<p>Etiquetadora industrial GST-115 [25] Máquina aplicadora de etiquetas automática (pegatina adhesiva plana).</p>	2	1.879,41 €

5. Hoja de especificaciones.

En este apartado, se indican las especificaciones técnicas de los equipos que se utilizan en el proceso productivo, que ya se han mencionado en apartados anteriores.

Una hoja de especificaciones técnicas es un documento en el que se recogen las características físicas y técnicas de un equipo, para el conocimiento de proveedores o clientes.

A continuación, se incluyen las fichas técnicas de los equipos:

5.1. Balsa de recepción.

Nombre del equipo	Balsa de recepción INOX T6
Unidades	1
Capacidad	12.000 L
Peso	780 kg
Material	Acero inoxidable AISI 304
Altura	1,35 m
Potencia	7,5 kW



Figura 32. Balsa de recepción INOX T6.[15]

5.2. Deshojadora.

Nombre del equipo	Deshojadora compacta modelo MAXI
Unidades	1
Producción	500 kg/h
Peso	255 kg
Material	Acero inoxidable AISI 304
Dimensiones	3,5x0,93x2,15 m
Potencia	2kW



Figura 33. Deshojadora compacta modelo MAXI.[16]

5.3. Cinta con rodillos de selección.

Nombre del equipo	Cinta de calibración con rodillos Orangemech
Unidades	1
Producción	3-5 t/8h
Peso	1000 kg
Potencia	750 W
Dimensiones	3,6x1x0,85 m
Material	Acero inoxidable AISI 304



Figura 34. Mesa-cinta calibradora de tomates con rodillos.[17]

5.4. Peladora.

Nombre del equipo	Peladora LMQ-200
Unidades	1
Peso	415 kg
Potencia	2,2 kW
Dimensiones	2,6x1,25x1 m
Material	Acero inoxidable AISI 304



Figura 35. Peladora.[18]

5.5. Cinta elevadora.

Nombre del equipo	Cinta elevadora modelo N25 2500mm
Unidades	2
Peso	500 kg
Potencia	0,75 W
Material	Acero inoxidable AISI 304
Dimensiones	2,5x1x1,80 m



Figura 36. Cinta elevadora.[19]

5.6. Trituradora.

Nombre del equipo	Trituradora MB-CSPS
Unidades	1
Capacidad	500 kg/h
Peso	250 kg
Material	Acero inoxidable AISI 304
Dimensiones	1,80x0,90x1,5 m
Potencia	1,1 kW



Figura 37. Trituradora.[20]

5.7. Precalentador.

Nombre del equipo	Precalentador caldera de vapor CWNS2.1-85
Unidades	1
Capacidad	3 t/h
Peso	1000 kg
Material	Acero inoxidable AISI 304
Dimensiones	4,4x1,83x2,5 m
Potencia	7,5 kW



Figura 38. Precalentador.[21]

5.8. Mezclador.

Nombre del equipo	Mezclador KQ100
Unidades	1
Capacidad	1000 L
Material	Acero inoxidable AISI 304
Dimensiones	H=2,5 m D=1,5 m
Potencia	0,5 kW



Figura 39. Mezclador.[22]

5.9. Marmita de cocción.

Nombre del equipo	Marmita de cocción industrial XINYOU
Unidades	1
Capacidad	500 L
Material	Acero inoxidable AISI 304
Dimensiones	H=1,50 m D=1,50 m
Potencia	20 kW



Figura 40. Marmita de cocción.[23]

5.10. Llenadora.

Nombre del equipo	Llenadora XIEPAI
Unidades	1
Capacidad	500 L
Material	Acero inoxidable AISI 304
Peso	350 kg
Dimensiones	2,20x1,50x1,80 m
Potencia	5 kW



Figura 41. Llenadora.[24]

5.11. Etiquetadora-selladora.

Nombre del equipo	Etiquetadora-selladora industrial GST-115
Unidades	1
Capacidad	150 latas/min
Material	Acero inoxidable AISI 304
Peso	200 kg
Dimensiones	1,75x0,85x1,30 m
Potencia	1,5 kW



Figura 42. Etiquetadora.[25]

Referencias

- [1] Origen e historia del tomate (disponible en <https://www.lovemysalad.com/es/blog/el-origen-del-tomate#:~:text=El%20tomate%20es%20originario%20de.espa%C3%B1oles%20lo%20lamaron%20%22tomate%22>).
- [2] Propiedades del tomate (disponible en https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/tomate_tcm30-102712.pdf y <https://www.sanitas.es/biblioteca-de-salud/dieta-alimentacion/alimentos/san005040wr>).
- [3] Estudio acerca del consumo de tomate en España (disponible en [Tomate: consumo en los hogares en España 2010-2022 | Statista](#)).
- [4] Estudio acerca del consumo de salsas de tomate en España (disponible en: <https://www.europapress.es/sociedad/consumo-00648/noticia-tomate-frito-triturado-salsa-ensada-mas-consumida-hogares-espanoles-44-total-20070527111226.html>).
- [5] Estudio acerca del consumo de tomate en los hogares (disponible en: <https://fyh.es/espana-es-el-pais-donde-se-come-mas-tomate-al-dia/>).
- [6] Datos acerca del mercado internacional de tomate (disponible en: <https://lasfrutasyverduras.es/el-tomate-datos-de-la-hortaliza-mas-consumida-en-espana/>).
- [7] Precio del tomate exportado desde España (disponible en <https://hortoinfo.es/record-ingresos-exportacion-tomate-espana/>).
- [8] Flujo comercial del tomate por la Unión Europea (disponible en https://infoagro.com/hortalizas/mercado_tomate.htm).
- [9] Definición de “Horeca” (disponible en <https://www.rentabilibar.es/que-significa-horeca-todos-los-detalles>).

- [10] Maquinaria que interviene en el proceso (disponible en <https://www.pellacini.com/es/instalaciones/lineas-automaticas-de-produccion-de-tomate-concentrado-y-tomate-triturado/>).
- [11] Normativa del tomate (disponible en <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1984-10112>).
- [12] Normativa de etiquetado en la Unión Europea (disponible en https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/food-labelling/general-rules/index_es.htm).
- [13] Vídeo explicativo del proceso de fabricación de la salsa de tomate (disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=E-vYUQ51c2I&t=7s>).
- [14] Definición de pasteurización (disponible en <https://libbys.es/blog/habitos-saludables/pasteurizacion-de-los-zumos/4381>).
- [15] Característica balsa de recepción (disponible en <https://www.tiendainvia.com/es/tolva-de-recepci%C3%B3n-inox-via/2195-4000-x-2000mm-altura-800-1350mm.html>).
- [16] Características de la deshojadora (disponible en <https://www.tiendainvia.com/es/deshojado/1918-deshojado-elevado-lavado.html>).
- [17] Características de la cinta transportadora con rodillos de selección (disponible en <https://www.tiendainvia.com/es/elevado-por-cinta/1722-modelo-n25-2500-mm.html>).
- [18] Características de la peladora (disponible en <https://spanish.alibaba.com/product-detail/Hot-62052945919.html?spm=a2700.7724857.0.0.24b5425drZ2rFc>).
- [19] Características de la cinta elevadora (disponible en <https://www.tiendainvia.com/es/elevado-por-cinta/1722-modelo-n25-2500-mm.html>).

[20] Características de la trituradora (disponible en https://spanish.alibaba.com/p-detail/Industrial-1600998835372.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.395d5867d04GGw).

[21] Características del precalentador (disponible en https://spanish.alibaba.com/p-detail/2.1MW-60708041729.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.3eed48f4irbpgm).

[22] Características del mezclador (disponible en <https://spanish.alibaba.com/p-detail/Sanitary-60535460330.html?spm=a2700.details.0.0.62e4e8b1N8eTqF>).

[23] Características de la marmita de cocción (disponible en https://spanish.alibaba.com/p-detail/Candy-62493610110.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.39302461O4zzQU)

[24] Características de la llenadora (disponible en https://spanish.alibaba.com/p-detail/Factory-1600562083475.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.51686eddiK7nrg).

[25] Características de la etiquetadora (disponible en https://spanish.alibaba.com/p-detail/Industrial-1600431887491.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_image.225b389cPgJxfq).

