

**ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA**



**PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE
VALPARAÍSO**

**DISEÑO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN PARA
ELABORACIÓN DE PASTA DE TOMATE A PARTIR DE
PULPA DESECHADA EN LA INDUSTRIA
PRODUCTORA DE SEMILLAS**

Carlos Strange Leiva

Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniero Mecánico

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

Profesor Guía : GUSTAVO MORALES PAVEZ

Profesor Co-Guía : RAFAEL GUERRA SILVA

2020

RESUMEN

La presente memoria tiene como finalidad diseñar una línea de producción para la elaboración de pasta de tomate a través de recuperación de pulpa desechada en la industria productora de semillas.

Comienza con una descripción de la cadena de producción de tomate, enfatizando el rol actual que cumple este fruto en el mercado nacional ya sea para su consumo tanto fresco como procesados.

Posteriormente, se determina la factibilidad técnica del proyecto, dándole un uso alternativo a este desecho orgánico, desarrollando la ingeniería del proyecto asociada a las capacidades de las máquinas y equipos a adquirir, continuando con el diseño de la planta y a su vez con el diseño del tornillo transportador helicoidal para el sistema de transporte del material.

Finalmente se concluye con un estudio de factibilidad económica para la transformación y distribución de pasta de tomate en la Comuna de Quillota, el cual se evaluó en la Empresa El Espino, dedicada a la producción semillas de tomate en la Ciudad de Quillota, Región de Valparaíso.

Palabras Claves; Pasta de tomate, producción de semillas, desecho de tomate, pulpa desechada y tornillo transportador helicoidal.

ABSTRACT

The purpose of this paper was to design a production line to elaborate tomato puree by recovering the wasted pulp from the production industry of tomato seeds.

It begins with a description of the tomato production chain, emphasizing the actual role played by this fruit in the national market used either fresh or processed.

Later, the technical feasibility of the project is determined, giving this organic waste an alternative use, developing the engineering aspects of the project related to the competency of the machines and equipment needed, to continue with the design of the plant as well as with the design of the helicoidal conveyor screw for the material transportation system.

Finally, it concluded with a financial feasibility study for the transformation and distribution of the tomato puree in the district of Quillota. The study assessed at El Espino Enterprise, firm where tomato seeds are produced in the city of Quillota, Valparaiso, V Region.

Keywords: tomato puree, seeds production, tomato waste, wasted pulp, helicoidal conveyor screw.

INDICE DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	- 11 -
1.1	Objetivo general.....	- 13 -
1.2	Objetivos específicos	- 13 -
2.	ANTECEDENTES GENERALES	- 14 -
2.1	Producción nacional e internacional de tomate.....	- 14 -
2.2	Características de tomate	- 18 -
2.3	Origen del tomate riñón.....	- 19 -
2.4	Valores nutricionales del tomate riñón.....	- 19 -
2.5	Definición de concentrado de tomate	- 20 -
2.6	Designación de Productos	- 21 -
2.7	Análisis de alternativas presentes	- 21 -
2.8	Métodos de Análisis para las posibles soluciones	- 22 -
2.8.1	Diagrama de Ishikawa.....	- 22 -
2.8.2	Matriz de selección.....	- 24 -
2.8.3	Análisis de datos de la matriz de selección.	- 26 -
2.8.4	Análisis de las posibles soluciones.....	- 27 -
3.	MARCO TEÓRICO	- 28 -
3.1	Fases del proyecto.....	- 30 -
3.1.1	Fase de pre-diseño.....	- 31 -
3.1.2	Fase de construcción del proyecto.....	- 32 -
3.1.3	Puesta en marcha	- 32 -
3.1.4	Producción y almacenamiento.....	- 32 -
3.1.5	Cierre de temporada de producción	- 32 -
3.1.6	Venta y post venta	- 33 -

3.2	Alcances del proyecto.....	- 33 -
3.3	Fases de elaboración de pasta de tomate	- 35 -
3.3.1	Descripción de los procesos para elaboración de pasta de tomate	- 36 -
3.4	Carta Gantt de la fase constructiva y operativa del proyecto	- 38 -
4.	DISEÑO DE LA PLANTA.....	- 39 -
4.1	Localización del Proyecto	- 39 -
4.2	Definir el tamaño y capacidad de la planta	- 40 -
4.3	Diseño del sistema de transporte tipo tornillo de Arquímedes bajo las características y requerimientos del material a transportar	- 46 -
4.3.1	Definir y determinar las características físicas del material a transportar	- 47 -
4.3.2	Establecer los factores requeridos	- 50 -
4.3.3	Clasificación de material.....	- 53 -
4.3.4	Cálculo de la capacidad de diseño.....	- 54 -
4.3.5	Determinar el diámetro y la velocidad	- 55 -
4.3.6	Análisis del diámetro mínimo del helicoidal por limitaciones en el tamaño de partícula.	- 55 -
4.3.7	Cálculo de rodamientos.....	- 57 -
4.3.8	Cálculo de potencia	- 59 -
4.3.9	Análisis de tensión y fatiga en el eje	- 65 -
4.3.10	Cálculo de soldadura:	- 69 -
4.3.11	Selección de canalón.	- 72 -
4.3.12	Diseño de tornillo transportador helicoidal en software Inventor.	- 72 -
4.3.13	Análisis de resultados del diseño del tornillo transportador	- 73 -
4.4	LayOut de la planta con la distribución de equipos.....	- 74 -
5.	ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO DEL PROYECTO	- 74 -
5.1	Presupuesto de inversión	- 75 -

5.2	Egresos.....	- 76 -
5.3	Ingresos.....	- 76 -
5.4	Depreciación de los activos	- 77 -
5.5	Valor residual	- 78 -
5.6	Tabla de interés y tipo de financiamiento.....	- 79 -
5.7	Flujo de caja para el proyecto con 75% de financiamiento.....	- 80 -
CONCLUSIONES		- 82 -
BIBLIOGRAFÍA.....		- 84 -
ANEXOS		- 87 -
Anexo B: Tabla de helicoidales.		- 88 -
Anexo C: Carga de artesa		- 89 -
.....		- 89 -
Anexo D: Rodamiento seleccionado.....		- 90 -
Anexo E: Factor de eficiencia de las transmisiones.....		- 93 -
Anexo F: Gráfico para determinar factor de sobrecarga		- 93 -
Anexo G-3: Primera tensión principal.		- 95 -
Anexo G-5: Desplazamiento.		- 96 -
Anexo H: Maqueta realizada en software Autodesk Inventor		- 97 -
Anexo H-1: Diseño de tornillo helicoidal en software Autodesk Inventor		- 97 -
Anexo H-2: Imagen de tornillo transportador helicoidal en software Autodesk Inventor.....		- 97 -
Anexo I: Distribución de la planta de elaboración de pasta.		- 98 -
Anexo I-1: Plano en vista frontal de la planta de elaboración de pasta de tomate, diseñado en Autocad.....		- 98 -
.....		- 98 -
.....		- 98 -

Anexo I-2: Layout de la planta de elaboración de pasta de tomate diseñado en Autocad. .-	99
-	
.....	- 99 -
Anexo J: Lista de equipamiento e inversión.....	- 100 -
Anexo K: Tabla de vida útil para bienes físicos del activo SII.	- 102 -
REFERENCIAS.....	- 103 -

INDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Principales exportadores de productos procesados de tomate 2013 – 2017 (Toneladas). Fuente: ITC-TradeMap	- 16 -
Tabla 2-2: Valor Nutricional del Tomate. Fuente Alimentacion-sana.org.....	- 20 -
Tabla 2-3: Tabla de priorización. Fuente: Autor.....	- 26 -
Tabla 4-1: Procedimiento para diseño de transportadores de tornillos helicoidales. Fuente: Martin Conveyor Engineering.....	- 49 -
Tabla 4-2: Características del material. Fuente: Martin Screw Conveyor.....	- 50 -
Tabla 4-3: Característica para la clasificación de un material a granel. Fuente: Martin Screw Conveyor.....	- 51 -
Tabla 4-4: Tamaños máximos de partículas. Fuente: (Martin Conveyor Engineering, 2007) -	56 -
Tabla 4-5: Coeficiente de relleno según tipo de carga. Fuente: Martin Screw Conveyor	- 59 -
Tabla 4-6: Coeficiente de disminución de flujo del material en función del ángulo de inclinación.....	- 60 -
Tabla 4-7: Factor del diámetro del transportador: Fuente: Martin Screw Conveyor.....	- 62 -
Tabla 4-8: Factor del buje colgante: Fuente: Martin Screw Conveyor.....	- 62 -
Tabla 4-9: Factor del helicoidal por porcentaje de cagar. Fuente: Martin Screw Conveyor -	63 -
Tabla 4-10: Tabla de datos para cálculo de torsión y pandeo. Fuente: Autor	- 65 -
Tabla 4-11: Valores físicos del eje. Fuente: Autor	- 66 -
Tabla 4-12. Configuración de la malla en software Inventor. Fuente. Autor.....	- 67 -
Tabla 4-13. Material de diseño del eje macizo. Fuente: Autor	- 67 -
Tabla 4-14. Fuerza y pares de reacción en restricciones. Fuente. Autor	- 68 -
Tabla 4-15. Resumen de resultados. Fuente: Autor	- 69 -
Tabla 4-16. Propiedades mecánicas acero AISI 316. Fuente: Software Inventor.....	- 69 -
Tabla 4-17. Tabla de datos para el cálculo del cordón de soldadura. Fuente: Autor	- 71 -
Tabla 5-1. Tabla de costos de inversión. Fuente: Autor	- 75 -
Tabla 5-2. Tabla de egresos del proyecto. Fuente: Autor.....	- 76 -
Tabla 5-3. Depreciación de los activos. Fuente: Autor.....	- 78 -
Tabla 5-4. Valor residual de los activos. Fuente: Autor	- 79 -

Tabla 5-5: Tabla de intereses. Fuente: Autor	- 80 -
Tabla 5-6. Flujo de caja del proyecto. Fuente: Autor	- 80 -

INDICE DE FIGURAS

Figura 2-1: Gráfico de la evolución de la superficie de cultivo de tomate para consumo fresco. Fuente: Odepa, con información del INE 2015.....	- 14 -
Figura 2-2: Gráfico de la evolución de las exportaciones Chilenas de productos procesados de tomate 1998-2017 (Toneladas). Fuente: Odepa	- 17 -
Figura 2-3: Diagrama Ishikawa. Fuente: Autor.....	- 24 -
Figura 3-1: Kg de tomates procesado y kg de pulpa generada. Fuente: Autor	- 29 -
Figura 3-2 Fases del proyecto. Fuente: Autor	- 31 -
Figura 3-3: Flujograma de proceso de productivo. Fuente: Autor.....	- 35 -
Figura 4-1: Imagen satelital de las naves de producción. Fuente: Autor.....	- 40 -
Figura 4-2: Diagrama de flujo del proceso. Fuente: Autor.....	- 41 -
Figura 4-3: Imagen Bins Polipropileno. Fuente: Google.com	- 42 -
Figura 4-4: Estanque de sumersión. Fuente: Alibaba.com.....	- 42 -
Figura 4-5: Máquina separadora de semillas. Fuente: Alibaba.com.....	- 43 -
Figura 4-6: Imagen referencial Tornillo transportador helicoidal. Fuente: Alibaba.com.....	- 44 -
Figura 4-7: Triturador industrial. Fuente: Alibaba.com	- 44 -
Figura 4-8: Olla eléctrica. Fuente: Alibaba.com	- 45 -
Figura 4-9: Estanque de enfriamiento referencial. Fuente: Alibaba.com	- 45 -
Figura 4-10: Máquina embotelladora semi automática. Fuente: Alibaba.com	- 46 -
Figura 4-11: Descripción del código del Material. Fuente: Martin Screw Conveyor	- 53 -
Figura 4-12: Tabla de capacidades para transportadores helicoidales. Fuente: Martin Screw Conveyor.....	- 54 -
Figura 4-13: Helicoidales de paso estándar. Fuente: Martin Screw Conveyor	- 54 -
Figura 4-14. Diagrama de cuerpo libre del eje. Fuente: Diseño del autor en Software Autodesk Inventor.....	- 68 -

Figura 4-15. DCL de la descomposición de las fuerzas en la hélice del tornillo. Fuente:
Prototipo de tornillo de transporte para fluidos granulares hiperconcentrados, Manuel Perez *N.*
..... - 70 -

Figura 5-1: Tablas de ingresos mensuales. Fuente: Autor.....**¡Error! Marcador no definido.**

1. INTRODUCCIÓN

El tomate es la hortaliza más importante del mundo, ganando en el último siglo la preferencia de los consumidores. En la actualidad se consume en todas partes como producto fresco o procesado. (Tomic, Tonci;, 1990). Es un alimento de origen vegetal que tiene un bajo contenido en proteínas y grasas. También es rico en minerales, vitaminas y compuestos antioxidantes, lo que hace que este fruto y, por consiguiente, los productos derivados, tengan propiedades beneficiosas para la salud (Garcia-Alonso, Jacob, Olivares, Bernal, & Dolores, 2009). Posee una rica fuente de potasio, ácido fólico, beta caroteno, vitamina C, vitamina E, flavonoides y licopeno. Varias de estas moléculas presentan actividad antioxidante (Palomo G, Fuente Q, Carrasco S, Gonzales R, & Moore-Carrasco , 2010).

Esta planta, perteneciente a la familia de las solanáceas, fue la principal hortaliza cultivada en el país. Según cifras del VI Censo Nacional Agropecuario, en la temporada 1996/97 se cultivaron 17.581 hectáreas (Tapia Cruz, 2001), concentrándose el 88% de la superficie productiva entre la región V y VII.

El mercado de los productos derivados del tomate (Franco , 2006, pág. 2) ha tenido un incremento considerable respecto a los últimos años (Casierra-Posada & Aguilar Avendaño, 2008, pág. 3), los cuales hacen que sea un mercado muy atractivo y a su vez competitivo.

En la presente memoria, se evalúa la factibilidad técnica y viabilidad económica de desarrollar un subproducto a partir de lo que actualmente es un desecho orgánico de la empresa El Espino S.A, la cual se dedica a la producción de semillas de tomate y pimentones en la Ciudad de Quillota. Con el fin de obtener un producto que genere un beneficio para la empresa.

El Espino S.A. es una empresa dedicada únicamente a la producción de semillas de tomate y pimentones, siendo una problemática para ellos el retiro de la pulpa desechada en su proceso productivo. Bajo esta condición se desarrolló el diseño de una planta de recuperación de pulpa de tomate para posteriormente elaborar pasta de tomate a partir de lo que actualmente es un desecho orgánico.

Para el diseño de la planta de elaboración de pasta de tomate, se realizó la recolección de información sobre capacidad de cultivo, kilogramos procesados y kilogramos desechados, los cuales fueron los datos de partida para el estudio del diseño del sistema de transporte del material y selección de los equipos requeridos para la fabricación de pasta de tomate.

De acuerdo con los datos de caracterización económica y cadena agroalimentaria del tomate de uso industrial, se determina que el producto más transado es la pasta de tomate, esta se ofrece en diferentes presentaciones en función del contenido de sólidos del concentrado, el cual se mide en grados Brix. (Valenzuela Molina M. S., 2018)

El proceso que se describe en este proyecto es propuesto a partir de otros procesos industriales de elaboración de pasta de tomate.

1.1 Objetivo general

Diseñar el proceso productivo para elaborar pasta de tomate a partir de lo que actualmente es un desecho orgánico, generado en las plantas de producción de semillas, el cual será la materia prima del producto final. Este se analizará en la empresa *El Espino S.A* ubicada en Quillota, Chile.

1.2 Objetivos específicos

- Definir estratégicamente el proceso productivo de transformación del producto de acuerdo a las condiciones de infraestructura actual de la empresa.
- Determinar la factibilidad técnica del proyecto, considerando los costos asociados para la implementación y elaboración del subproducto en la empresa El Espino S.A.
- Establecer la ingeniería del proyecto, realizando los cálculos requeridos para la adquisición de los equipos y máquinas.
- Diseño del sistema de transporte de tornillo helicoidal bajo las características y requerimientos del material a transportar.
- Confección de los planos necesarios para el diseño del sistema de transporte de tornillo helicoidal.
- Diseño de una línea de elaboración de pasta de tomate.
- Análisis del costo-beneficio del proyecto

2. ANTECEDENTES GENERALES

2.1 Producción nacional e internacional de tomate

A nivel mundial la producción de tomate fresco alcanza a 160 millones de toneladas, comparativamente, se cultiva tres veces más tomates que papas y seis veces más que arroz en todo el mundo. De ello, aproximadamente, un cuarto de la producción está destinada a la industria procesadora, lo cual deja al tomate como líder indiscutido entre los vegetales procesados. Aproximadamente 35 millones de toneladas de tomate se procesan anualmente, las principales regiones productoras corresponden a zonas templadas, concentrando el hemisferio norte el 91% de la producción. En esa zona el producto es procesado entre los meses de julio y diciembre. Por otro lado, el hemisferio sur procesa el restante 9% entre los meses de enero y junio, la producción a nivel mundial tiene un alto grado de concentración aun cuando hay muchos países que tienen empresas procesadoras, los diez más importantes en el rubro concentran el 84% de la producción mundial y los principales productores-procesadores a nivel mundial son Estados Unidos (California), China, Italia y España. (Valenzuela Molina M. S., 2018)

De acuerdo a los datos de la INE el 2015, el tomate para consumo fresco es el tercer cultivo hortícola con mayor superficie, con una participación de 7%, después del choclo y la lechuga. Según las estimaciones del INE, la superficie de tomate en 2014 aumentó sólo 3%, y se puede observar que en los últimos años se ha mantenido sin grandes variaciones (Grafico. 1) (Odepa, 2015)

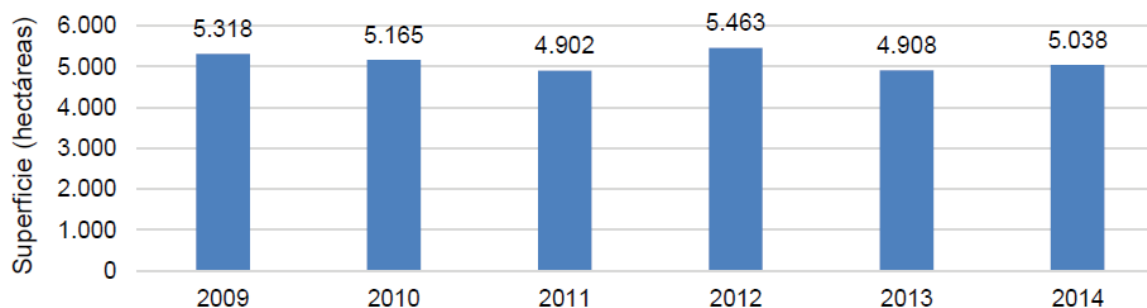


Figura 2-1: Gráfico de la evolución de la superficie de cultivo de tomate para consumo fresco.
Fuente: Odepa, con información del INE 2015

El tomate presenta un contenido importante de licopeno, un carotenoide que posee propiedades antioxidantes y actúa protegiendo a las células humanas del estrés oxidativo causado por los radicales libres, que están entre los principales responsables de enfermedades cardiovasculares, del cáncer y del envejecimiento.

El licopeno es un nutriente esencial para los humanos y se puede obtener en la dieta a través del consumo de tomate y sus derivados. Esto ha generado un desarrollo con base en este producto en la industria nutracéutica mundial. También la industria alimentaria lo está utilizando como un colorante natural, aportando a la tendencia global de producir alimentos más sanos, evitando colorantes artificiales (Odepa, 2015).

El consumo de productos de tomate está concentrado en Europa, Estados Unidos y la región de Asia Pacífico. Esto se traduce en que los flujos de comercio se dirijan también a esos destinos, existiendo un alto comercio al interior de Europa. El consumo a nivel mundial se encuentra en un rango de 20 a 28 kg per cápita al año.

El producto más transado es la pasta de tomate, que se ofrece en diferentes presentaciones en función del contenido de sólidos del concentrado, el cual se mide en grados Brix. La presentación más transada es la pasta de tomate con 30° a 32° Brix. La pasta de tomate es el insumo base para producir salsas, ketchup, aderezos de conservas y jugo, entre otros. El primer exportador es China, que destina sus envíos a los países de Asia y luego Italia, que dirige sus exportaciones al resto de Europa, siendo Alemania el destino más importante. En tercer lugar, figura Estados Unidos, que tiene una matriz exportadora más amplia, con un tercio de su exportación a Norteamérica (México y Canadá), y diversificando a Europa y Japón, entre otros destinos. (Valenzuela Molina M. S., 2018)

El mayor proveedor de tomate en conserva es Italia, que concentra el 78% de las exportaciones, siendo los principales destinos Europa, Estados Unidos y Japón.

Chile está séptimo en el ranking mundial de países exportadores de pasta de tomate. Durante el año 2017, hizo envíos de 131 mil toneladas, por un monto total de 117 millones de dólares. Es considerado el proveedor natural de Sudamérica, ya que es el que mantiene la mayor producción en esta parte del continente. Igualmente tiene envíos a Japón y Arabia Saudita.

País	2013	2014	2015	2016	2017
Mundo	6.001.295	6.147.108	6.246.032	6.449.897	6.216.583
Italia	1.968.049	1.936.652	1.989.218	2.130.913	2.106.461
China	989.934	876.138	994.242	930.230	853.949
Estados Unidos	816.189	918.823	913.495	898.876	779.402
España	417.825	464.851	500.124	483.406	544.909
Portugal	255.936	244.226	263.472	276.469	297.218
Países Bajos	190.397	241.306	249.560	209.215	235.021
Turquía	122.868	156.286	131.023	159.324	168.962
Chile	93.784	101.058	118.012	116.854	125.659
Otros países	1.146.313	1.207.768	1.086.886	1.244.610	1.105.002

Tabla 2-1: Principales exportadores de productos procesados de tomate 2013 – 2017 (Toneladas). Fuente: ITC-TradeMap

La industria del tomate en Chile se inició en el año 1975 con empresas que ingresaron al rubro con la idea de exportar. En el año 1992 existían 13 plantas procesadoras, y ocho de ellas concentraban el 85% de la producción. Sin embargo, la mayor competencia internacional, junto con un ciclo de bajos precios, hizo que se redujeran y se fueran comprando unas a otras, alcanzando a mediados de la década del 2000 un escenario con dos empresas grandes que concentraban el 95% de la producción. Aconcagua Foods (Tres Montes Lucchetti) y Agrozzi (Carozzi), lideraron el crecimiento de las exportaciones de pasta de tomate hasta 2012. Ese año el crecimiento se revitalizó con el ingreso a Chile de Sugallid Industrial de Alimentación SA (empresa portuguesa) quien compró las plantas de proceso de tomates y frutas ubicadas en Talca y Quinta de Tilcoco a Tresmontes Lucchetti Agroindustrial (Aconcagua Foods), con el objetivo de ampliar su matriz productiva, teniendo un total de cinco plantas en ambos hemisferios y convirtiéndose en uno de los cinco procesadores de pasta de tomate en Chile con un enfoque exportador. Actualmente, el grupo Sugall se ubica en el cuarto lugar en ranking mundial de procesadores de tomate, con 1,8 millones de toneladas de materia prima procesada, mientras que Agrozzi está en el lugar 28 con 385 mil toneladas. Sugallid desarrolló un modelo de negocio distinto, al producir pasta de tomate para exportación, sin participar en la etapa de segundo ciclo. Es decir, sin producción de salsas ni ketchup, ni considerar el mercado interno.

En el año 2017 se reincorporó la empresa Iansa, que ya había participado antes en el rubro. (Valenzuela Molina M. S., 2018)

El objetivo de Iansa también es exportar pasta de tomate, pero con la diferencia de que lo hace a partir de producción propia de tomates y no comprando a productores externos, como las otras dos empresas. (Valenzuela Molina M. S., 2018)

Este crecimiento ha sido impulsado por el aumento de las exportaciones. Como se presenta en el Gráfico N°17 estas han tenido un crecimiento importante en la última década, después de su nivel más bajo en el año 2008 prácticamente se ha duplicado al año 2017. Esto ha sido acompañado de un alza en el precio del principal producto exportado, la pasta de tomate.

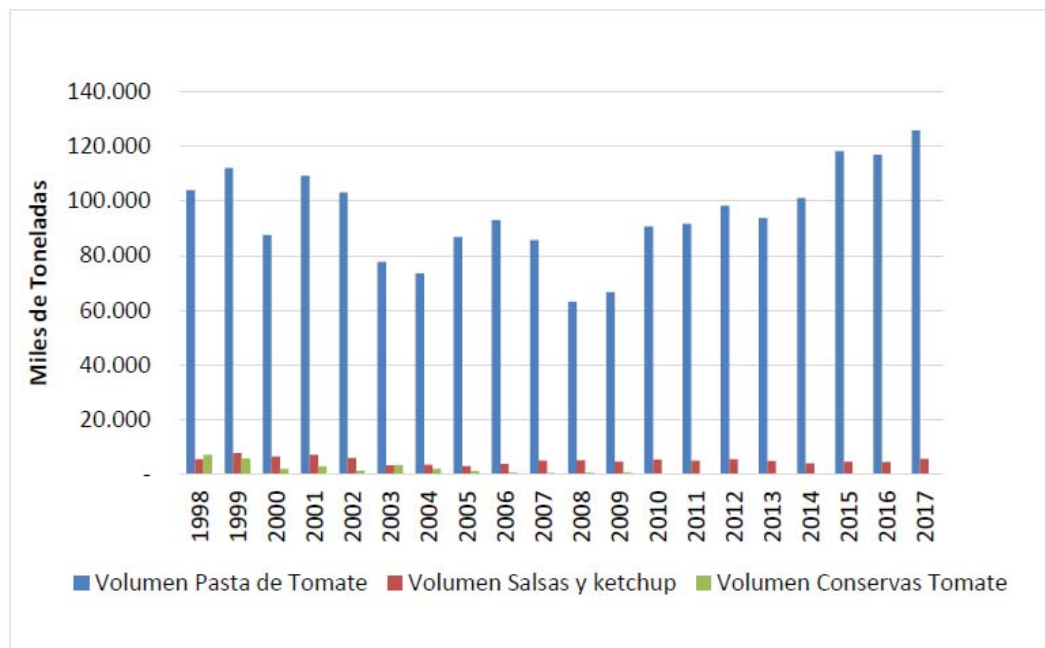


Figura 2-2: Gráfico de la evolución de las exportaciones Chilenas de productos procesados de tomate 1998-2017 (Toneladas). Fuente: Odepa

Chile se ubica en el séptimo lugar entre los principales países exportadores de pasta de tomate del mundo, lugar que no debería variar significativamente dados los equilibrios de los grandes productores a nivel mundial. Sin embargo, en los últimos cinco años se observa una tendencia de crecimiento en las exportaciones. Chile exportó 101 mil toneladas en el año 2014 (de los cuales el 75% fueron Hot Break, 20% Cold Break y 5% otras calidades), más de 118 mil toneladas un año después y en 2017 alcanzó las 131 mil toneladas.

Los volúmenes procesados en 2018 ascendieron a aproximadamente 1 millón de toneladas, cosechadas sobre una superficie de 12 mil hectáreas, incluido el 20% que están equipadas con sistemas de riego por goteo, y el 80% restante, donde todavía se aplica el riego por canales de regadío. Una vez que el tomate ingresa a la planta de proceso, pasa por una serie de etapas en las cuales sufre distintas transformaciones hasta llegar a un producto intermedio, como es la pasta o concentrado, o a un producto final como es el caso de las líneas de proceso de conservas y congelados (Valenzuela Molina M. S., 2018).

De la producción nacional podemos concluir que Chile exporta entre el 70% y el 85% de su producción. Sin embargo, es esperable que este porcentaje varíe por año y por empresa, ya que, por ejemplo, Sugat Chile, mantiene una orientación hacia la producción de pasta de tomate para exportación, en cambio otras como Empresas Agrozzi, participa en el mercado nacional de salsas y ketchup.

A continuación, una breve descripción del tomate y sus variedades las cuales se encuentran en el mercado nacional.

2.2 Características de tomate

Se denomina como *Lycopersicon esculentum*, más conocido como tomate al fruto comestible de la *Solanum Lycopersicum*, planta popularmente conocida como tomatera. Es originario de América y en la actualidad se cultiva en todo el mundo para su consumo, que puede realizarse de modo fresco, en salsas, jugos, etc. (Duarte Gabriel, 2010)

El tomate riñón en su etapa temprana es una planta herbácea mientras que al finalizar su etapa de crecimiento su tallo es leñoso. El cultivo de tomate requiere de tutores, es decir que se debe sostener a la planta amarrando el tallo con una estaca plástica para tensarla sobre una línea de

alambre, con ello se evita que la planta entre en contacto con el suelo, además se puede tener varios pisos de crecimiento de la planta y así poder aprovechar de mejor manera su producción.

2.3 Origen del tomate riñón.

El tomate riñón es una planta perteneciente a la familia de las Solanaceas y su nombre botánico es *Lycopersicum Solanum*. Su origen es americano, el centro primario de origen del tomate y las especies emparentadas es el Geocentro Sudamericano, que comprende las regiones situadas a lo largo de la cordillera de los andes. Desde el sur de Ecuador hasta el norte de Chile, esta es la zona considerada como el punto de partida de la historia del tomate. El *Lycopersicum esculentum*, es considerado como el antepasado silvestre de las variedades cultivada, y es la única especie silvestre encontrada fuera de la zona sudamericana de origen del género. Siendo el tomate de origen americano, fueron los españoles quienes lo introdujeron a Europa en el siglo XVI como especie ornamental, conservándose con el mismo nombre con que era conocido en la lengua nahuatl por los aztecas como tomatl, y no se empezó a cultivar con fines alimenticios hasta el siglo XVIII. Pero no es sino hasta el año 1900 cuando el cultivo del tomate adquirió importancia considerable, cuando la industria conservera empezó su actividad principalmente en Italia. En la actualidad, su cultivo ocupa en todo el mundo unos tres millones de hectáreas, que suponen una producción de casi 85 millones de toneladas. Los principales cultivadores son Europa y América Central y del Sur, con producciones de 400.000 y 330.000 t. El tomate es considerado como un activador de la movilidad de la secreción gástrica, su aroma estimula el apetito, aumenta la salivación, y hace más apetecibles los alimentos insípidos, pero con alto valor nutritivo. (Carla Carvajal Rivera, 2013)

2.4 Valores nutricionales del tomate riñón.

Es un alimento poco energético, dos tomates medianos tan sólo aportan 22 calorías. Aproximadamente el 95% de su peso es agua, cerca de un 4% son hidratos de carbono. Se le considera una fruta-hortaliza ya que contiene mayor cantidad de azúcares simples que otras verduras, lo que le confiere un ligero sabor dulce. También es fuente importante de ciertas sales minerales (potasio y magnesio, principalmente). De su contenido en vitaminas destacan la B1, B2, B5, vitamina C y carotenoides como el licopeno (pigmento que da el color rojo característico al tomate). Estas dos últimas sustancias tienen carácter antioxidante con función protectora de

nuestro organismo. Durante los meses de verano, el tomate es una de las fuentes principales de vitamina C. (Alimentación Sana , 2004)

VALOR NUTRICIONAL POR 100 G DE SUSTANCIA COMESTIBLE	
Residuos (%)	6
Materia seca (g)	6.2
Energía (kcal)	20
Proteínas (g)	1.2
Fibra (g)	0.7
Calcio (mg)	7
Hierro (mg)	0.6
Caroteno (mg)	0.5
Tiamina (mg)	0.06
Riboflavina (mg)	0.04
Niacina (mg)	0.6
Vitamina C (mg)	23
Valor Nutritivo Medio (VNM)	2.39
VNM por 100 g de matéria seca	38.5

Tabla 2-2: Valor Nutricional del Tomate. Fuente Alimentacion-sana.org

Basándonos en los estudios realizados, este proyecto entrega una solución alternativa para el uso de la pulpa de tomate desechada en el proceso de producción de semillas de tomate, el cual entregará las herramientas y conocimientos necesarios para elaborar pasta de tomate.

A continuación, se muestra la definición de pasta de tomate bajo la regulación de las Normas Internacionales de los Alimentos. (Codex Alimentarius STAN 57, 1981)

2.5 Definición de concentrado de tomate

Se entiende por concentrado de tomate elaborado el producto:

- (a) Preparado mediante la concentración de la pulpa o del zumo (jugo) obtenido de tomates rojos convenientemente sanos y maduros (*Lycopersicon/Lycopersicum esculentum* P. Mill) que ha sido filtrado o sometido a otras operaciones para eliminar del producto terminado pieles, semillas y otras sustancias gruesas o duras; Conservado por medios físicos.
- (b) La concentración de sólidos solubles naturales totales deberá ser igual o mayor al 7%, pero sin llegar al grado de deshidratación del polvo seco o en copos.

2.6 Designación de Productos

El concentrado de tomate podrá considerarse “puré de tomate” o “pasta de tomate” cuando el concentrado cumple con los siguientes requisitos.

“Puré de tomate” - es el concentrado de tomate que contiene por lo menos el 7%, pero no más del 24% de sólidos solubles naturales totales.

“Pasta de tomate” - es el concentrado de tomate que tiene un contenido igual o mayor al 24% de sólidos solubles naturales totales. El pH deberá ser inferior a 4,6.

El producto que se desarrolló en esta memoria será elaborado bajo los parámetros definidos por la Norma Codex, desde su elaboración hasta su almacenamiento, considerando una holgura entre los 24 hasta los 32 °Brix para considerarlo pasta de tomate. (Codex Alimentarius STAN 57, 1981)

2.7 Análisis de alternativas presentes

Es necesario que la presente memoria responda la siguiente interrogante:

¿Es viable elaborar un producto derivado del tomate a partir de la utilización de los desechos orgánicos de la industria de producción de semillas?

Para responder parte de la interrogante y a la vez cumplir con los objetivos específicos planteados, es necesario realizar en primera instancia algunos análisis que permitan a través de sus métodos visualizar la resolución del problema, estos permitirán respaldar la decisión tomada.

Para responder a esta pregunta, se utilizó un método de resolución de problemas llamado análisis de causa raíz también conocido como diagrama Ishikawa o diagrama espina de pescado. Paralelamente se analizó esta interrogante con el análisis de las posibles soluciones y por último con una matriz de selección, los cuales nos permitirán buscar posibles soluciones y a su vez visualizar las alternativas presentes, ponderándolas de acuerdo a criterios que agreguen valor al momento de tomar la decisión.

2.8 Métodos de Análisis para las posibles soluciones

Se inicia con un análisis de causa raíz o RCA, el cual se utilizó para buscar alguna alternativa y darle solución a la necesidad descrita. Este se abordó de forma inversa, desarrollando un diagrama Ishikawa o espina de pescado, en donde se identificaron las principales categorías asociadas a las causas de dicha necesidad.

Si bien este análisis es un método de resolución de problemas dirigido a identificar sus causas o acontecimientos de un determinado suceso (método reactivo), también se utiliza como un método proactivo, esto significa que el análisis causa raíz es capaz de evaluar la posibilidad de un evento y también para identificar soluciones a problemas propuestos.

2.8.1 Diagrama de Ishikawa

A continuación, se definen las causas y conceptos que se utilizaron para el desarrollo del diagrama de Ishikawa.

- **Materia prima:** Pulpa de tomate desechada del proceso de extracción de semillas de tomate, la cual debe tener una limpieza previa, en la cual se retire el pedúnculo y se asegure que la limpieza del tomate sea efectiva. Esta tiene un costo cero de adquisición ya que es un desecho.
- **Proceso:** Para el diseño del proceso o filosofía de operación de la planta de elaboración pasta de tomate, se consideraron métodos ya descritos en otras tesis, los cuales se modificaron de acuerdo a la necesidad actual. Se generó un procedimiento nuevo el cual está desarrollado bajo la norma Codex para elaboración de concentrado de tomate. Cabe

destacar que no existe un método para la elaboración de pasta de tomate a partir de desechos de la industria de producción de semillas de tomate.

- **Maquinaria o equipos:** En base a una investigación realizada no se encontraron equipos específicos para este proceso, es decir, un equipo o máquina que separé por un lado la semilla y continué con el proceso de elaboración de pasta de tomate a partir del producto generado en la fase anterior. Sin embargo, existen equipos y máquinas que realizan el trabajo que se requiere para la elaboración de pasta de tomate, los cuales se deberán adquirir de acuerdo con el requerimiento descrito en los próximos capítulos. A Su vez se diseñará el sistema de transporte de pulpa desde una fase a otra.
- **Medición:** Para llevar a cabo la propuesta, será necesario realizar encuestas a los potenciales consumidores y a los productores locales de pasta de tomate, con el fin de realizar un análisis de los datos obtenidos. Este campo en particular no se analizó en esta memoria debido a que se consideró pertinente realizarlo una vez aceptada la propuesta.
- **Medio Ambiente:** Para generar un cambio significativo y minimizar la carga orgánica sólida es necesario darle un uso alternativo a la pulpa desechada, con esto minimizaremos los residuos industriales generados en el proceso de extracción de semillas. Es importante mencionar que la elaboración de pasta de tomate no genera residuos orgánicos debido a que toda la materia prima se utiliza en el proceso y tiene un bajo impacto ambiental desde el punto de vista energético ya que se requieren equipos eléctricos de bajo consumo.
- **Impacto social:** Desde el punto de vista social, el proyecto tiene un impacto positivo dentro de la comunidad ya que generaría nuevas fuentes laborales para las personas de la zona.

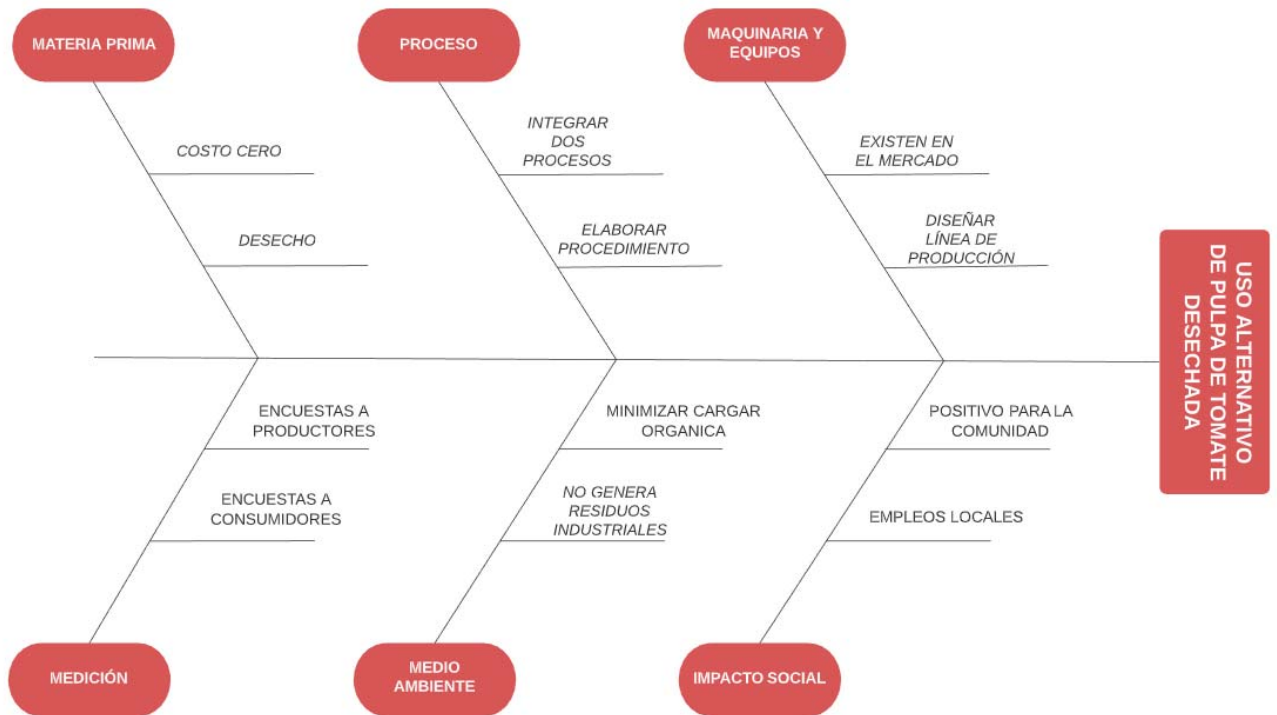


Figura 2-3: Diagrama Ishikawa. Fuente: Autor

Analizando el diagrama, se concluye que la solución adecuada para el problema es darle un uso alternativo a la pulpa de tomate desechada en la industria de producción de semillas. Los factores preponderantes de esta alternativa son principalmente tres, dentro de estos se consideran de gran importancia el costo cero de la materia prima, el impacto social positivo para las comunidades y personas aledañas al proyecto; y por último, la maquinaria que se requiere.

2.8.2 Matriz de selección

La matriz de selección o matriz de priorización consiste en realizar un análisis de clasificación jerárquica para evaluar las posibles alternativas y soluciones, basadas en criterios específicos de ponderación.

En la creación de la matriz de selección, se consideraron cuatro posibles alternativas para darle un uso a la pulpa desechada, las cuales consisten en la elaboración de pasta de tomate, elaborar capsulas de licopeno, elaboración de tomate en conserva y por último realizar compost con este desecho orgánico.

A continuación, se definen los criterios de ponderación:

- Costo de Materia Prima: Este criterio refiere al costo de adquisición de las materias primas necesarias obtener los productos de las posibles soluciones. ¿Cuál de estos 4 productos tiene el mejor costo de adquisición de materia prima? (considerado mejor el que tiene menor costo)
- Costo de fabricación: Costo que se debe considerar para la fabricación de los productos. ¿Cuál de estos 4 productos tiene el mejor costo de adquisición de materia prima? (considerado mejor el que tiene menor costo)
- Penetración de mercado: Corresponde a la dificultad de ingresar al mercado. ¿Cuál de estas 4 soluciones tiene mejor penetración de mercado?
- Viable técnicamente: Evalúa si la posible solución es viable técnicamente desde el punto de vista de equipos, instrumentos, repuestos y permisos. ¿Cuál de estas 4 soluciones tiene una mayor viabilidad técnica?
- Impacto Ambiental: Impacto ambiental que podría generar el desarrollo del proyecto en la localidad. ¿Cuál de estas 4 soluciones generan un menor impacto ambiental?
- Incertidumbre Tecnológica: La tecnología necesaria se encuentra en Chile o se debe importar. ¿Cuál de estas 4 soluciones tiene una menor incertidumbre tecnológica?
- Merito Innovador: El proyecto tiene alcance a nivel Nacional o regional, en que aspecto se visualiza la innovación del producto, proceso y forma de comercialización respecto a

lo que ya existe en el mercado de destino. ¿Cuál de estas 4 soluciones tiene una menor incertidumbre tecnológica?

- Potencial de escalabilidad o separabilidad: Qué potencial de escalabilidad tendría esta solución en caso de ser ejecutada. ¿Cuál de estas 4 soluciones tiene una mejor separabilidad?

Peso / Ponderación:

Para este apartado se utilizarán tres posibles puntuaciones (1, 2 o 3), siendo estas asignadas respecto al grado de importancia que las opciones presentan (Baja, Media o Alta importancia respectivamente). Se eligen estos valores para el análisis ya que son de fácil manejo y entendimiento; por ejemplo, si un criterio se puntúa 3, este será considerado más importante, que uno con una puntuación 1. Cabe destacar que el puntaje asignado fue determinado de acuerdo al criterio del autor, en base a recomendaciones de la empresa.

Criterio	Peso / Ponderación	Pasta tomate		Capsulas de licopeno		Tomate en conserva		Compost	
		Puntaje	Ponderación	Puntaje	Ponderación	Puntaje	Ponderación	Puntaje	Ponderación
Costo de materia prima	3	3	9	1	3	2	6	4	12
Costo de fabricación	3	3	9	1	3	2	6	4	12
Penetración de mercado	2	4	8	1	2	2	4	3	6
Viable técnicamente	1	3	3	1	1	2	2	4	4
Impacto ambiental	1	2	2	3	3	1	1	4	4
Incertidumbre Tecnológica	2	3	6	1	2	2	4	4	8
Merito Innovador	3	1	3	4	12	2	6	3	9
Potencial de escalabilidad (separabilidad)	2	4	8	3	6	2	4	1	2
SUMATORIA			48		32		33		57

Tabla 2-3: Tabla de priorización. Fuente: Autor

2.8.3 Análisis de datos de la matriz de selección.

De acuerdo con los datos obtenidos de la matriz de selección se puede visualizar que el compost de desechos sólidos de tomate es la mejor opción para darle un uso alternativo a la pulpa de tomate residual generada en la industria de producción de semillas.

Dado que es una alternativa que no se había considerado en el inicio de la memoria debido a que la investigación se basó en la elaboración de pulpa de tomate, se omitirá la primera solución, utilizando la segunda solución como opción para abordar y resolver el problema planteado.

2.8.4 Análisis de las posibles soluciones.

¿Por qué hacer pasta de tomate y no vender la pulpa directamente a la industria procesadora?

La industria procesadora compra el tomate fresco y preferentemente de las variedades más carnosas y de piel más resistente al roce. Esto se recibe en las plantas y se procesa a través de diferentes líneas de elaboración, obteniendo distintos productos tales como: Pasta o concentrado de tomate (producto intermedio) y tomate en conserva (producto final). Bajo esta condición no es factible vender la pulpa a la industrial ya que el fruto viene semi triturado.

¿Por qué darle un uso alternativo a la pulpa y no desecharla?

Principalmente porque aumentaría las utilidades de la empresa y a la vez se tendrá una cadena continua del proceso, desde la cosecha hasta el producto final. Por otro lado, se minimizará la carga orgánica y el impacto al medio ambiente dándole un uso alternativo al desecho sólido que genera la empresa en su etapa de extracción de semillas.

¿Por qué no deshidratarla y hacer capsulas de licopeno¹?

El licopeno en capsula es un subproducto del tomate que se obtienen principalmente de la piel, nuestro objetivo es utilizar el 100% de la pulpa y no solo la piel. Además, cabe mencionar que es un mercado relativamente nuevo, y si bien existen estudios recientes que validan lo beneficioso que es para el organismo humano, se considera que requiere de una investigación

¹ Licopeno: Es un carotenoide responsable del color rojo de los tomates, esta sustancia existe de forma natural y ha atraído la atención debido a que varios estudios demuestran que previene el desarrollo de enfermedades crónicas como el cáncer, enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativas, e hipertensión, entre otras. (Nieman DC, s.f.)

extensa para evaluar esta posible solución ya que se debe contar con bastantes conocimientos del ámbito químico.

3. MARCO TEÓRICO

Este capítulo define el problema que se abordó en la memoria y la estrategia del proceso productivo de transformación del producto, comenzando desde indicar el tonelaje que procesa actualmente el Espino en periodo de cosecha, para avaluar y calcular la capacidad de los equipos y máquinas que se deben adquirir, los cuales deben ser acorde a las condiciones de infraestructura de la empresa, considerando las dimensiones necesarias para el montaje de los equipos y el área de trabajo a lo largo de la línea de elaboración de pasta de tomate, y por último el espacio para almacenamiento y despacho del producto final.

La empresa El Espino S.A, está ubicada en el sector rural de Rauten, en la Quinta región, comuna de Quillota. Actualmente en el periodo de cosecha de semillas de tomate, comienza a partir de la segunda semana de diciembre y finaliza en a fines de febrero, se tamiza 3.500 kg de tomates semanales, de los cuales el 65% del peso la materia prima se convierte en pulpa, siendo esta desechada del proceso de producción de semillas ya que se le ha extraído gran parte de la totalidad de estas. La pulpa que se obtiene después de la trilla es almacenada en cajones plásticos de tomates y apilados para su posterior retiro. Este desecho orgánico genera un problema debido a su rápida descomposición ya que el fruto se encuentra semi triturado lo cual hace que su proceso de pudrición sea de forma acelerada, la cual comienza entre las primeras 12 a 15 horas a una temperatura ambiente mayor a 25°C en periodo de verano.

Consideraremos que los alimentos se descomponen o pudren por dos tipos de causas, las cuales se definen por fenómenos vitales y fenómenos no vitales.

Las principales causales de la descomposición por fenómenos vitales son los microorganismos como las bacterias del medio ambiente y las enzimas presentes en los alimentos. Por otro lado, la descomposición por agentes no vitales vendría siendo todo lo externo que influye y beneficia este proceso, los cuales pueden ser excesos de temperatura mayor a 25°C, la humedad del medio,

la luz, el oxígeno y el tiempo. Todos estos factores provocan diversos cambios físicos y químicos, que se manifiestan por alteraciones de color, olor, sabor, consistencia o textura (Meliza Saucedo, 2014)

La figura 3-1 ilustra el promedio de la cantidad de kilogramo tomate que se cosecha semanalmente en *El Espino* y la cantidad de pulpa que se genera finalizado el proceso.

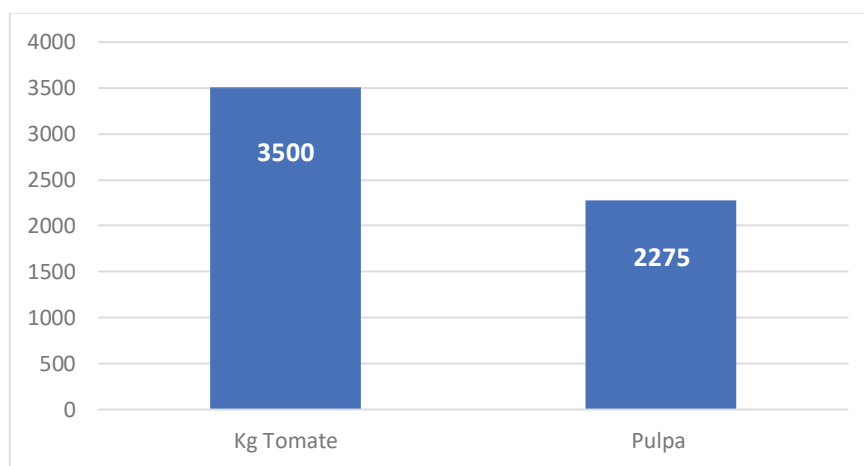


Figura 3-1: Kg de tomates procesado y kg de pulpa generada. Fuente: Autor

El retiro de la pulpa se realiza de dos formas, una de las alternativas es retirarla y trasladarla hacia una fosa la cual tiene una capacidad máxima 40 m³ dejando que se descomponga y deshidrate. La segunda alternativa es que una vez que se extraen las semillas del fruto, campesinos del sector de Rauten la retiran pulpa de tomate en bins y la utilizan para alimentar a las vacas en las parcelas aledañas, pero debido a la informalidad de esta práctica muchas veces que se debe botar la pulpa a la fosa para su descomposición.

El Espino S.A. tiene una superficie de 2 Ha con invernaderos, los cuales logran tener alrededor de 28.800 plantas por Ha, estas se dividen en 24.000 plantas hembra y 4.800 plantas macho, de las cuales solo producen frutos las plantas hembra ya que los machos se utilizan para la polinización de estas.

Con el proceso de extracción de semillas que tiene la empresa, para lograr obtener 1 kg de semillas de tomate secas, requiere de 680 kg de tomate aproximadamente, de los cuales 442 kg se convierten en desecho de pulpa de tomate. Consideraremos que el promedio de gramos de semillas por fruto es de 0,25 g y un fruto pesa alrededor de 170 g.

Por otro lado, en temporada de cosecha se procesan alrededor 100.800 kg de tomate por Ha, y esta cantidad de kilogramos puede aumentar o disminuir según la variedad a cosechar en ese año.

El promedio semanal de procesamiento para extracción de semillas es de 3.500 kg de tomate, y que una vez trillado el 35% del peso total cae por cilindro perforado junto con las semillas, la otra parte es descargada como pulpa por la zona frontal del equipo. Es decir, de los 3.500 kg de tomate procesado, el 65% equivale a 2.275 kg que se convierten en pulpa.

Para el análisis del proyecto, se consideró comenzar con el 40% de la pulpa desechada, esto debido a que trabajar con un porcentaje mayor, implicaría un exceso de materia prima para realizar el análisis sobre la factibilidad del estudio de mercado; por lo tanto, se realizarán los cálculos de masa con 910 [kg/semanales] para la elaboración de pasta de tomate y en base a estos parámetros de producción se desarrolló y evaluó el proyecto. Cabe destacar que la meta de producción por temporada es de 24.000 litros, por lo tanto, el último mes de elaboración de pasta tomate se incrementará en 20% su tonelaje productivo, lo que equivale una utilización del 60% de la pulpa desechada.

Para el segundo y tercer año de elaboración se espera un aumento de la demanda, por lo tanto, nos permitirá trabajar con un 60% y 80%, respectivamente, de la materia prima utilizada. Estas estimaciones fueron propuestas y conversadas en conjunto con la empresa proveedora de la pulpa de tomate.

3.1 Fases del proyecto

En este capítulo se desarrolló una de las fases de gran importancia de la memoria, ya que se establece la metodología del proyecto, la estructura y la teoría que va a fundamentar los

siguientes capítulos, con base al planteamiento del problema que se analizará en profundidad en los próximos capítulos.

- Fases del proyecto
- Identificación y descripción del proceso
- Fases de elaboración de pasta de tomate
- Enunciar la estructura legal del proyecto, leyes y normativas vigentes
- Diseñar Carta Gantt de la fase de construcción del proyecto

A continuación, en la figura 3-2 se describen las etapas secuenciales del proyecto.



Figura 3-2 Fases del proyecto. Fuente: Autor

3.1.1 Fase de pre-diseño

Esta es la primera fase donde se desarrolla el proyecto de forma global, evaluando el diseño de la planta mediante una visualización macro del proceso, también se realizaron los cálculos para la adquisición de equipos y maquinarias, dentro de estos se consideran los cálculos requeridos para el diseño del tornillo transportador, los cuales se consideraron en capítulos posteriores, además de los costos asociados a la construcción del proyecto, estimación y ajuste de los flujos

de producción, estudio de viabilidad técnica y prefactibilidad económica, aspectos legales y autorizaciones. Estos dos últimos, no están considerados en esta memoria.

3.1.2 Fase de construcción del proyecto

En esta etapa se desarrolló una carta Gantt, estimando el tiempo planificado para la etapa de construcción, montaje y precomisionamiento, considerando desde el inicio de la construcción hasta la puesta en marcha.

3.1.3 Puesta en marcha

Esta etapa previa a la operación se considera para la validación y difusión de los procedimientos y protocolos de trabajo, contratación de personal, difusión de políticas de seguridad y riesgos asociados al trabajo, políticas ambientales de la empresa, capacitación al personal sobre el uso de la maquinaria y realizar las pruebas de secuencia y lógica de operación, entre otras. Dentro del desarrollo de esta memoria, esta etapa no se analiza en profundidad, solo se menciona como un pilar dentro de la ejecución del proyecto, es decir, se debe desarrollar una vez aceptada la propuesta en la empresa.

3.1.4 Producción y almacenamiento

En esta fase se debe cumplir con las metas de producción estimadas, es decir realizar lo que se definió en el análisis técnico, ya que esto ayuda a tener un proceso productivo en equilibrio, considerando que los objetivos y metas se fijaron teniendo presente el costo de producción, mano de obra, entre otros. Se debe ser prolijo en cumplir las metas de producción y de ventas, debido a que el no cumplimiento, podría conllevar a una serie de problemáticas financieras, lo cual generaría la inestabilidad en la empresa. También es importante destacar que se integraron los datos de la capacidad productiva de la planta para tomar la decisión debido a que es uno de los factores preponderantes.

3.1.5 Cierre de temporada de producción

El cierre de temporada de elaboración de pasta de tomate inicia en mayo y finaliza en septiembre, debido a que durante el periodo invernal no hay cosecha de fruta.

En estos meses se continua con la distribución y venta del producto, es decir se mantienen las ventas cubriendo la demanda del año. Por lo tanto, el cumplimiento de las metas de producción son claves para el éxito del proyecto.

3.1.6 Venta y post venta

Este pilar es parte fundamental de la atención al cliente, donde se reúnen las estrategias necesarias para mejorar la experiencia post venta y mantener una relación con el cliente. En relación con lo mencionado, se debe habilitar un correo electrónico y un número de celular para abordar las consultas de los clientes. Esto permite contar con la retroalimentación para identificar puntos a mejorar.

3.2 Alcances del proyecto

En este capítulo se describen las etapas necesarias para la transformación y elaboración del producto, considerando todos los aspectos para obtener un producto de calidad y que sea competitivo en el mercado. Para lograr el objetivo, se debe enfatizar en el control de calidad en la materia prima ya cosechada, debido a que este es el primer proceso en el cual hay que garantizar que la materia prima tenga la calidad y la higiene que se requiere previo al proceso de extracción de semillas. Uno de los aspectos importantes a considerar es la calidad del producto final y post venta, para asegurar la satisfacción del cliente.

Se define pasta de tomate al concentrado de esta fruta el cual tendrá entre 24 – 32° Brix o sólidos solubles naturales totales. A diferencias con las salsas o purés de tomate el contenido de agua o el porcentaje de concentración de la materia sólida varia, aunque hay que decir que, dependiendo del país, pueden variar algunas fórmulas y denominaciones. Para estandarizar el proceso se trabajará con la norma CODEX para el concentrado de tomate elaborado (CODEX STAND 57-1981 y a modo de contextualizar, los grados Brix son una unidad de cantidad y sirven para determinar el cociente total de materia seca disuelta en un líquido, por ejemplo, una solución de 25° Brix contiene 25 g de sólido disuelto por 100 g de disolución total. El producto será envasado en botellas de 1 litro y también en bolsas plásticas de alta densidad con capacidad de 3 litros.

Este producto se elaborará a partir de pulpa de tomate la cual proviene del proceso de extracción de semillas en la Empresa el Espino S.A. Esta pulpa dentro del negocio es considerada actualmente un desecho que no genera beneficios dentro de la cadena de valor, es decir, no aporta valor al producto final. Es por esto que en esta memoria se desarrolló un proyecto que nos permitirá reutilizar esa materia prima y darle un uso alternativo a esta. Bajo este contexto, es que se determinó la elaboración de un subproducto a partir de lo que hoy en día es un residuo orgánico que no genera valor dentro de la empresa. Como se mencionó en el capítulo anterior, este producto corresponde a pasta de tomate.

La pasta de tomate deberá tener un buen sabor, aroma y un color claramente rojo. Además, poseer una concentración de sólidos solubles y acidez dentro de los márgenes que nos indica la norma CODEX, es por eso que para impedir que la sedimentación de las partes sólidas, se homogeniza el producto moliendo las partículas lo más finamente posible.

La manipulación del producto dentro de las distintas etapas del proceso se realizará bajo el *Código de Prácticas - Principios Generales de Higiene de los Alimentos (CAC/RCP 1-1969) Codex Alimentarius*, el llenado del envase, clasificación de los envases, aceptación del lote, etiquetado y almacenamiento se realizarán bajo la misma norma. Todo esto con el objetivo de satisfacer las necesidades del consumidor y desarrollar un alimento listo para consumir el cual no requiere de aditivos inorgánicos.

Antes de comenzar con la descripción del proceso, se debe tener presente la cinética de deterioro del producto a elaborar, esto quiere decir una estimación de la vida útil de la pasta de tomate, lo cual permitirá visualizar un horizonte del vencimiento del producto.

De la investigación realizada se destaca la siguiente cita:

En base a los estudios físico-químicos realizados, la pasta de tomate tiene una vida útil de 18 meses a temperaturas entre 20°C y 30°C. (Garcia, Chacón, & Molina, 2011), esto considerando la pasta de tomate sin preservantes, es decir, tomate y sal. Esto considerando un sellado al vacío sin agentes oxidantes.

Todas las etapas deben cumplir con las normas y los estándares de calidad que aplican para la elaboración de productos alimenticios, este corresponde al Reglamento Sanitario de los

Alimentos Codex Alimentarius STAN 57 y el Reglamento Sanitario de Alimentos, del Ministerio de Salud del Gobierno de Chile, inciso Rotulado de productos alimenticios para el consumo humano, el cual establece las condiciones sanitarias que deberá limitarse o atenerse la producción, importación, elaboración, envase, almacenamiento, distribución y venta de alimentos para consumo humano, con el objeto de proteger la salud y nutrición de la población, garantizando el suministro de alimentos sanos e inocuos.

3.3 Fases de elaboración de pasta de tomate

A continuación, se detalla el proceso productivo que se desarrolló para la elaboración de pasta de tomate en la empresa El Espino S.A.

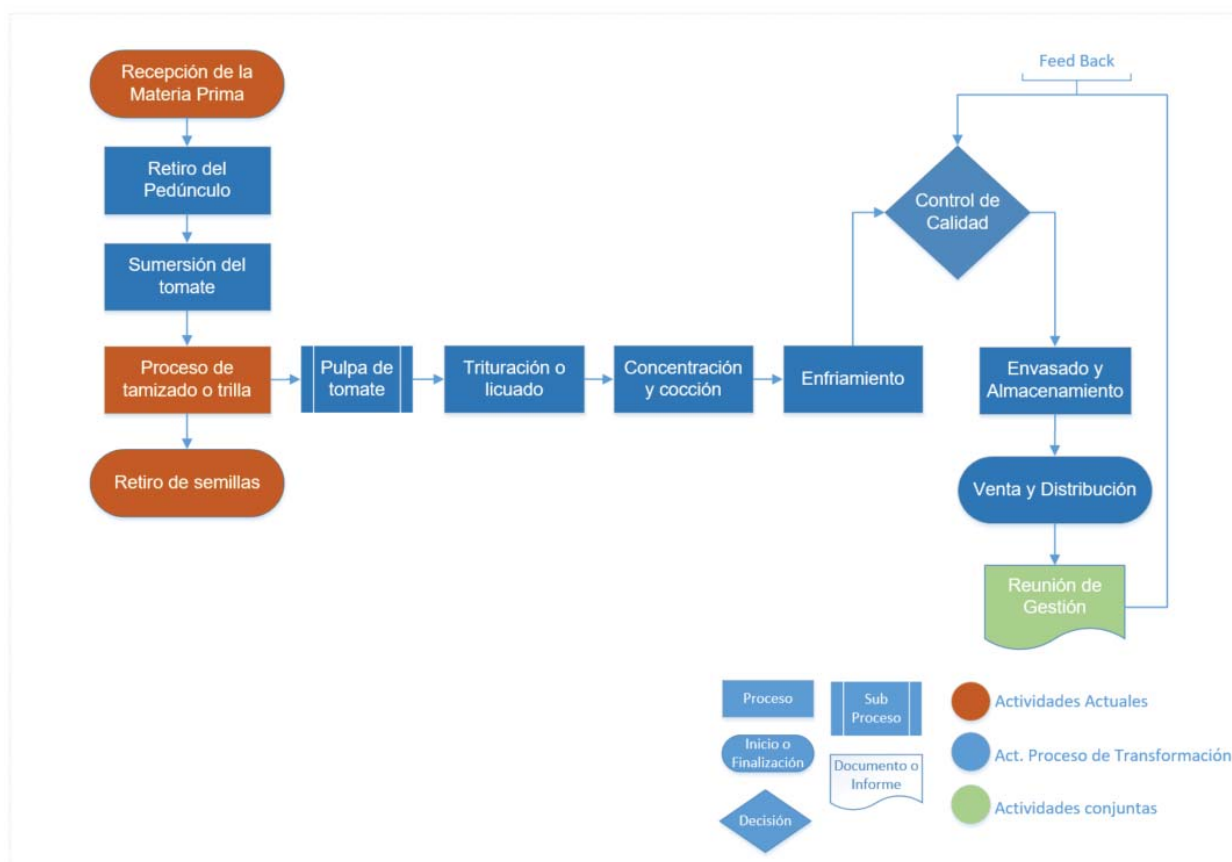


Figura 3-3: Flujograma de proceso de productivo. Fuente: Autor

3.3.1 Descripción de los procesos para elaboración de pasta de tomate

1.- Recepción de la materia prima:

Se recibe el tomate en colosos de volteo de 500 kg los cuales se traspasan a bins en el interior de la planta de procesos, el tomate debe venir con el pedúnculo para poder identificar las semillas a obtener, debe tener un buen grado de madurez y color. En esta fase, con una balanza se deben pesar los bins con los tomates para llevar un control de lo que se va a procesar.

2.- Retiro de pedúnculo:

Dos personas deben retirar manualmente el pedúnculo del fruto y dejar el tomate en una batea para su posterior lavado.

3.- Lavado:

Este proceso se realiza en una batea de lavado. Una vez ingresado el tomate mediante inmersión, se eliminará la mayor cantidad de agentes externos y sólidos que puedan traer los tomates, esta etapa es clave para minimizar la carga microbiana de la materia

4.- Proceso de tamizado o trillado (separador de semillas):

Posteriormente vaciado el tomate en la batea (proceso anterior), manualmente se toma el fruto y se eleva hacia la zona alta del equipo. En la zona alta se produce la trituración, luego baja hacia la zona media, la cual separa las partículas mediante un cilindro perforado de movimiento rotatorio. En este proceso las semillas quedan en el cilindro y la pulpa fluye hacia la zona baja del equipo o descarga de material, donde el tornillo transportador helicoidal la eleva hasta la siguiente etapa.

5.- Licuado:

Finalizado el proceso de molienda y trillado, la pulpa es transportada desde la trilladora hacia la licuadora industrial de 60 litros. En esta fase se tritura la materia prima para homogenizar las partículas y prepararlas para el proceso posterior.

6.- Concentración y cocción:

Por gravedad cae la pulpa triturada hacia un acopio de 1.000 litros, ubicado previo a la olla eléctrica de acero inoxidable, la cual tiene una capacidad de 400 litros. Esta pulpa se cocina durante 50 min a 140°C. Se debe controlar que la pasta deba tener entre 24 a 32° Brix (Sólidos solubles naturales totales).

7.- Etapa de enfriamiento:

Luego de cocinar la pasta de tomate, esta se vacía en una batea de acero inoxidable de 800 litros, dando inicio al proceso de enfriamiento a temperatura ambiente durante 45 min hasta llegar a las 50°C.

8.- Control de calidad:

En esta etapa se verifica que el producto a envasar cumpla con los estándares y parámetros de calidad y que no superen los 32° Bx, según la norma CODEX.

Esto se realiza con un refractómetro digital, el cual mide la solución de azúcar expresado en grados Brix. Antes de utilizar, se debe chequear previamente con el patrón de calibración.

9.- Fase de envasado:

La pasta de tomate es envasada a 50°C en botellas de vidrios de 1 litro, las cuales han sido previamente esterilizadas en agua a 110°C y en bolsas plásticas de alta densidad con capacidad de 3 litros. Este proceso lo realiza una máquina de llenado semi automática, la cual tiene una capacidad de salida de 6 botellas cada 15 segundos, inmediatamente se procede a tapar las botellas, las cuales al enfriarse crean un ambiente de vacío el cual maximiza la vida útil del producto. Además, se contará con un sistema para el llenado de bolsas plásticas de 3 litros, lo cual permitirá contar un segundo formato para la venta de pasta de tomate a restaurantes y pizzerías.

10.- Almacenamiento y distribución:

Las botellas se almacenarán en pack de 6, 12 y 24 unidades y las bolsas de 3 litros serán almacenadas en cajas de 6 unidades. La distribución se realizará de forma semanal, dentro de

los días hábiles, considerando rutas semanales en la Provincia de Quillota, las cuales están constituidas por 5 comunas (Quillota, La Cruz, La Calera, Nogales e Hijuelas)

3.4 Carta Gantt de la fase constructiva y operativa del proyecto

A continuación, se muestra la carta Gantt del proyecto el cual contempla las etapas más relevantes.

Se inicia en la etapa de pre-diseño en la cual se deben validar los requerimientos mencionados en los capítulos anteriores, contemplando posteriormente la fase de construcción, puesta en marcha, producción y almacenamiento. Además, se considera el cierre de temporada de cosecha, el cual es de suma relevancia para comenzar a definir las necesidades para la preparación de la nueva temporada.

Cabe destacar que está es una estimación cercana a los tiempos preparación y construcción de algunas etapas, si se desea profundizar en los tiempos asociados a esta etapa, se debe hacer un análisis en puntual de la fase de construcción.²

² Ver Anexo A. *Carta Gantt de la fase constructiva y operativa del proyecto.*

4. DISEÑO DE LA PLANTA

En el presente capítulo se contemplan los aspectos técnicos y operativos necesarios para el uso eficiente de los recursos en el cual se determina el tamaño óptimo de la planta, localización, equipos, capacidades, organización requeridos o estructura jerárquica.

A continuación, se describen los objetivos del presente capítulo:

- Determinar la localización del proyecto.
- Definir el tamaño y capacidad de la planta, realizando los cálculos requeridos para la adquisición de los equipos de cocina y máquinas auxiliares a utilizar.
- Diseño del sistema de transporte tipo tornillo de helicoidal bajo las características y requerimientos del material a transportar.
- Elaborar un LayOut de la planta con su distribución de equipos y diseño de instalaciones.
- Especificar el presupuesto de inversión en el cual se definan los recursos materiales, humanos y financieros necesarios para la óptima operación de la planta.

4.1 Localización del Proyecto

El proyecto se ubicará en el sector rural de Rauten, y se realizará en la empresa El Espino S.A, la cual cuenta con servicios de agua de pozo y potable de comunidad, fosa séptica y servicio de energía eléctrica.

Cabe mencionar que la fuente de materia prima se encuentra en el mismo terreno, lo cual facilita el traslado de la pulpa considerablemente, además la empresa cuenta con vías de acceso directo al galpón de forma peatonal y vehicular, visualizando futuros retiros y transporte de pasta de tomate.



Figura 4-1: Imagen satelital de las naves de producción. Fuente: Autor

4.2 Definir el tamaño y capacidad de la planta

En este capítulo se estableció la ingeniería del proyecto, realizando los cálculos requeridos para la adquisición de los equipos.

Se inicia describiendo los equipos que se requieren utilizar para el proceso, detallando las características más relevantes de cada uno y su capacidad, con relación a la necesidad del proceso. Cabe mencionar que algunos equipos se encuentran en el mercado, lo cual facilita su adquisición. Por otra parte, hay otros que se deben diseñar en función a las dimensiones y requerimientos de la planta.

Para definir el tamaño y la capacidad de la planta, en primera instancia se debe comenzar con definir las etapas del proceso productivo, el cual realizo mediante un diagrama de flujo.

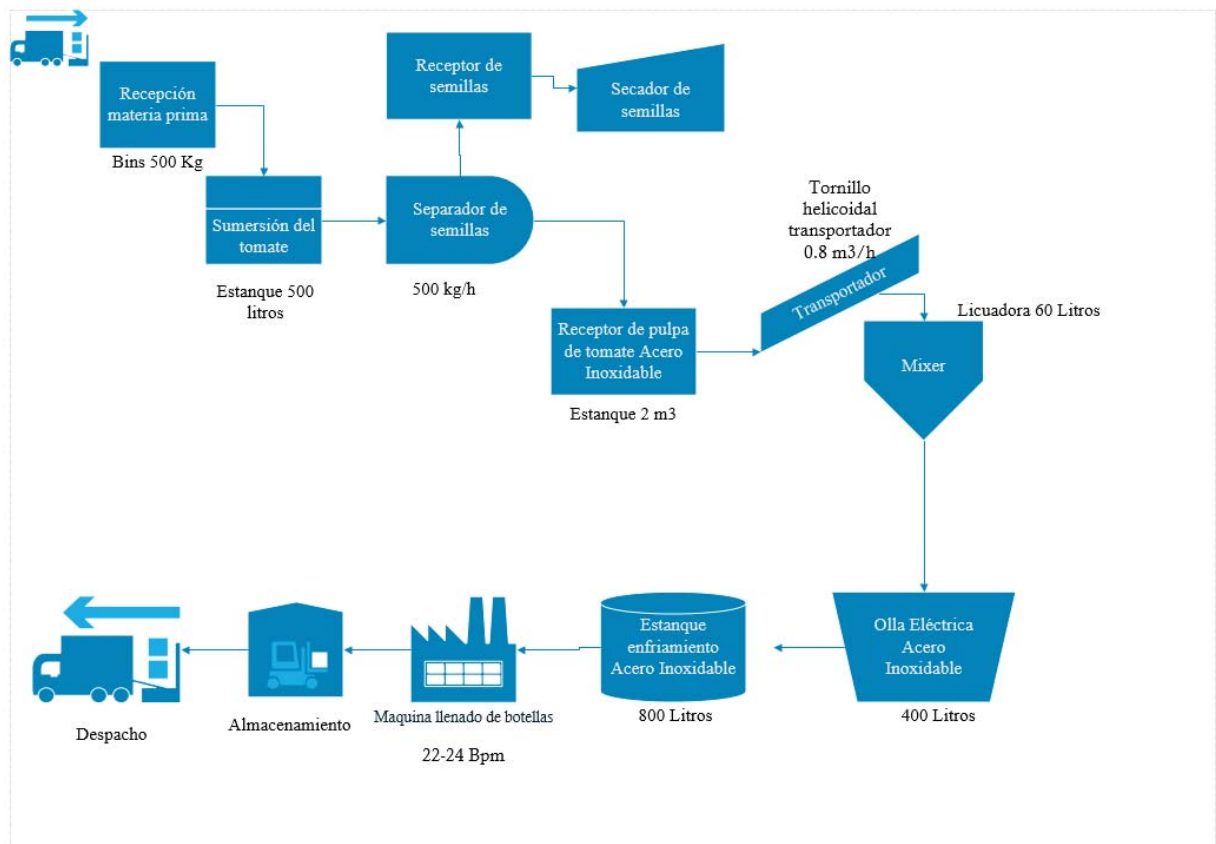


Figura 4-2: Diagrama de flujo del proceso. Fuente: Autor

El balance de materia se desarrolló considerando los 3.500 kg procesados semanalmente, los cuales tienen una pérdida en el proceso de retiro de semillas del 35% de su peso, por lo tanto, se consideran 2.275 kg para el proceso de cocción de pasta. En este proceso se genera una pérdida del 7%, este porcentaje será equivalente en kilogramos dependiendo del total de pulpa que entre al proceso de cocción.

Bins de recepción

Se requiere la adquisición de 1 bins para el proceso previo a la extracción de semillas

- Material: Polipropileno 100%
- Forma: Cuadrado.
- Volumen: 855 litros.
- Capacidad: 500 kilos.
- Dimensiones: Alto 77,5 cm, ancho 122 cm y largo 122 cm. Altura base 20 cm corresponden a estructura de soporte.



Figura 4-3: Imagen Bins Polipropileno. Fuente: Google.com

Estanque de sumersión

- Material: Acero inoxidable 316-L, para procesos alimenticios, espesor 2 mm.
- Forma: Rectangular.
- Volumen: 500 litros.
- Dimensiones: Alto 60 cm, ancho 50 cm y largo 140 cm.



Figura 4-4: Estanque de sumersión. Fuente: Alibaba.com

Máquina separadora de semillas

- Capacidad: 0,5 T/h
- Dimensión: Largo 1.900 mm, ancho 670 mm y Alto 1.695 mm.
- Potencia Motor: 2 HP



Figura 4-5: Máquina separadora de semillas. Fuente: Alibaba.com

Transportador de tornillo helicoidal

- Material: Acero inoxidable 316-L, para procesos alimenticios.
- Capacidad: 0,85 m³/h.
- Potencia de requerida: 0,5 HP.
- Largo: 3,8 metros.
- Alto: 2,69 metros.
- Pendiente: 45°.
- Diámetro helicoide: 9 pulgadas.



Figura 4-6: Imagen referencial Tornillo transportador helicoidal. Fuente: Alibaba.com

Licuada industrial

- Material: Acero inoxidable 316-L para procesos alimenticios, espesor 2 mm.
- Capacidad: 60 litros.
- Potencia: 0,5 Hp.
- Dimensiones: 46 cm de ancho x 46 cm de largo x 118 cm de altura.



Figura 4-7: Triturador industrial. Fuente: Alibaba.com

Olla eléctrica

- Material: Acero inoxidable 316-L, para procesos alimenticios, espesor 3 mm.
- Capacidad: 400 Litros.
- Potencia Motor: 2 HP
- Temperatura máx.: 230 °C.
- Área calentamiento: 1 m²
- Dimensiones: Largo 1.500 mm, ancho 1.150 mm y Alto 1.425 mm.



Figura 4-8: Olla eléctrica. Fuente: Alibaba.com

Estanque de enfriamiento

- Material: Acero inoxidable 316-L, para procesos alimenticios, espesor 2 mm.
- Volumen: 800 litros



Figura 4-9: Estanque de enfriamiento referencial. Fuente: Alibaba.com

Máquina de llenado de botellas

Máquina automática de llenado de botellas Neostarpack FG5650 de 6 cabezales.

- Capacidad: 22-24 botellas por minuto.
- Velocidad máxima de llenado: 200 ml/s.
- Peso: 410 kg.
- Dimensiones: (Largo) 1.000 mm, (Ancho) 700 mm, (Alto) 1.600 mm.
- Unidad neumática de 30 psi.



Figura 4-10: Máquina embotelladora semi automática. Fuente: Alibaba.com

4.3 Diseño del sistema de transporte tipo tornillo de Arquímedes bajo las características y requerimientos del material a transportar

Actualmente en la industria existen variados sistemas transportadores de material, dentro de los más utilizados se encuentran: Correa transportadora, transportador de tornillo sinfín, elevador de cangilones y transportador de cadena, entre otros.

El presente diseño busca un sistema idóneo para transportar tomate semi partido, desde un depósito que se encuentra en la parte inferior hacia una zona superior donde comienza el siguiente proceso. Desde el punto A al punto B, existe una distancia horizontal entre la descarga

del separador de semillas y la olla de cocción de pasta de tomate de aproximadamente 2,67 m y una elevación de 2,69 m. Esto implica una inclinación de 45° y un largo de 3,79 metros.

Después de haber analizado los variados tipos de sistemas de transporte que se encuentran en el mercado, se concluye que el sistema más adecuado para transportar la pulpa de tomate es el tornillo transportador helicoidal, debido a la versatilidad de su diseño, lo cual permite una fácil instalación. También se destaca la amplia gama de materiales de construcción, los cuales facilitan el diseño del equipo favoreciendo la hermeticidad que se requiere en todo su recorrido. Por otro lado, el costo de fabricación, adquisición y mantenimiento son relativamente bajos, lo cual hace que sea muy atractivo al momento de adquirir este tipo de sistemas. Finalmente, el factor preponderante es el gran espectro de materiales que se pueden transportar, entre los cuales podemos encontrar, granos, polvos, pellets, incluyendo algunos fluidos.

4.3.1 Definir y determinar las características físicas del material a transportar

Una vez tomada la decisión sobre qué sistema de transporte se utilizará en la planta de transformación de tomate, se inicia el diseño del equipo.

Esta etapa es trascendental dentro de la memoria, debido a que se realizó un diseño de un tornillo transportador, el cual permitirá transportar la materia prima de un proceso a otro, considerando los requerimientos del proceso, tipo de material a transportar, capacidades de carga, volúmenes, distancia y cualquier otro factor adicional que pueda afectar el tornillo transportador en su normal operación.

Para el diseño del sistema de transporte del material se trabajó en sistema inglés, esto debido a que el estudio tomado como guía, cuyos resultados demostraron ser válidos, se trabajó con dicho sistema de unidades; por lo mismo todos los cálculos asociados al diseño fueron realizados bajo el mismo sistema, realizando las conversiones de unidades necesarias para el desarrollo de los análisis.

Un punto importante que se abordó previo al diseño del transportador fue definir algunas propiedades del material que se requiere transportar, las cuales podrían afectar el funcionamiento del equipo en el largo plazo.

A continuación, se describen las propiedades mencionada:

- **Tamaño de partículas:** Esta característica particular de cada material puede limitar el desarrollo del tornillo, debido a que si se requiere transportar un material donde sus dimensiones y peso son extremadamente altas, se debe considerar otro sistema de transporte más adecuado para esas características. Para el diseño del tornillo que se requiere para la planta de elaboración de pasta de tomate, el tamaño de partícula se definirá de acuerdo la tabla de (Martin Conveyor Engineering, 2007).
- **Abrasividad:** Esta propiedad del material a transportar es una de las más adversas a las que puede estar expuesto un transportador ya que ocasiona desgaste en los componentes que se encuentran en contacto con él. Es por eso que para el transporte de este tipo de materiales se recomienda disminuir la velocidad de giro del tornillo y el área de contacto entre el material y el tornillo. Esta propiedad es prácticamente despreciable en el material que se va a transportar, ya que el tomate en contacto con el acero no genera un desgaste abrasivo considerable.
- **Corrosión:** Los materiales altamente corrosivos pueden ocasionar problemas en el desempeño del tornillo, debido a que si no se determina apropiadamente el material que se utilizara para su construcción, se corre un alto riesgo de fallas y daños prematuros. El material de fabricación para el tornillo que se requiere utilizar en el proceso de elaboración de pasta de tomate es un acero inoxidable AISI 316, el cual corresponde a un acero inoxidable austenítico de cromo-níquel con un 2 o 3% de molibdeno, el cual aumenta la resistencia de la corrosión.
- **Altas temperaturas:** Este es otro factor crítico que afecta el desempeño del tornillo, ya que puede ocasionar deformaciones y dilataciones en componentes. Este factor también es despreciable para el caso del tornillo transportador que se requiere en la planta procesadora.

Como guía de apoyo para el diseño del transportador, se utilizó el manual *Screw conveyor for bulk materials* (CEMA, 2009) y el Procedimiento para el Diseño de Transportadores Helicoidales de Martín, el cual contiene una guía de 10 pasos para seleccionar adecuadamente

un transportador de tornillo helicoidal. Esta guía permitió diseñar y detallar el transportador helicoidal para la aplicación requerida.

Paso 1	Establecer los factores conocidos	1. Material a Transportar. 2. Tamaño máximo de partícula. 3. Volumen en porcentaje de tamaños de partícula. 4. Capacidad requerida en pies cúbicos por hora. 5. Capacidad requerida en libras por hora. 6. Distancia a la que se debe transportar el material. 7. Cualquier otro factor que pueda afectar el transportador en su operación.
Paso 2	Clasificación de material	Clasificar el material de acuerdo al sistema mostrado en la Tabla 4-2.
Paso 3	Determinar la capacidad de diseño	Determinar la capacidad de diseño de acuerdo a lo descrito en la figura 4-14.
Paso 4	Determinar el diámetro, carga de artesa y velocidad	Utilizando la capacidad requerida en pies cúbicos por hora y la clasificación de la materia. Determinar el porcentaje de carga de artesa, el diámetro y la velocidad en la figura 4-12.
Paso 5	Análisis el diámetro mínimo del helicoidal	Analizar el diámetro mínimo del helicoidal por limitaciones en el tamaño de partículas, utilizando el diámetro conocido del helicoidal y el porcentaje de tamaño de partícula, revisar el diámetro mínimo del helicoidal en la Tabla 4-4.
Paso 6	Determinar el tipo de rodamiento	Determinar rodamiento a utilizar de acuerdo a la aplicación.
Paso 7	Determinar la potencia	En la Tabla 4-7 determinar el Factor del Material, “Fm” del producto a transportar. Para calcular la potencia se utiliza la ecuación 4-4.
Paso 8	Análisis de la capacidad torsional y soldadura	Utilizar la potencia requerida calculada en el paso 7 y realizar análisis de tensión y fatiga en el eje.
Paso 9	Selección de canalón	Seleccionar los componentes básicos en las Tablas 1-8, 1-9 y 1-10 de acuerdo con la serie de componentes para el material a transportar indicado en la Tabla 1-2.

Tabla 4-1: Procedimiento para diseño de transportadores de tornillos helicoidales. Fuente: Martin Conveyor Engineering

4.3.2 Establecer los factores requeridos

Clase	Características de Material	Código
Densidad	Densidad a Granel, Sin Compactar	Libras por pie cúbico
Tamaño	Muy Fino Malla No. 200 (.0029") y menor Malla No. 100 (.0059") y menor Malla No. 40 (.016") y menor	A ₂₀₀ A ₁₀₀ A ₄₀
	Fino Malla No. 6 (.132) y menor	B ₆
	Granular ½" y menor (malla 6" a ½") 3" y menor (½" a 3") 7" y menor (3" a 7")	C _½ D ₃ D ₇
	Terrones 16" y por debajo (0" a 16") Arriba de 16" a ser especificado X=Tamaño Máximo	D ₁₆ D _X
	Irregular Fibroso, Cilíndrico, etc.	E
Fluidez	Fluido Muy Libre	1
	Fluido Libre	2
	Fluido Promedio	3
	Fluido Lento	4
Abrasividad	Abrasividad Media	5
	Abrasividad Moderada	6
	Abrasividad Extrema	7
Propiedades Misceláneas o Peligrosas	Acumulación y Endurecimiento	F
	Genera Eléctrica Estática	G
	Descomposición — Se Deteriora en Almacenamiento	H
	Inflamabilidad	J
	Se Hace Plástico o Tiende a Suavizarse	K
	Muy Polvoso	L
	Al Airearse Se Convierte en Fluido	M
	Explosividad	N
	Pegajoso — Adhesión	O
	Contaminable — Afecta Uso	P
	Degradable — Afecta Uso	Q
	Emite Humos o Gases Tóxicos Peligrosos	R
	Altamente Corrosivo	S
	Medianamente Corrosivo	T
	Higroscópico	U
	Se Entrelaza, Enreda o Aglomera	V
	Presencia de Aceites	W
	Se Comprime Bajo Presión	X
	Muy Ligero — Puede Ser Levantado por el Viento	Y
	Temperatura Elevada	Z

Tabla 4-2: Características del material. Fuente: Martin Screw Conveyor

1.- Material a transportar:

Se requiere transportar pulpa de tomate o tomate semi partido, la cual tiene una densidad promedio de 20 lb/ft³ equivalentes a 320,369 kg/m³.

2.- Tamaño Máximo de la partícula

De acuerdo con el análisis realizado, la partícula tiene un tamaño granular de ½ a 3 pulgadas (D₃).

Clase		Característica de Material	Código
Densidad		Densidad a granel, sin Compactar	Libras por pie cubico
Tamaño	Muy fino	Malla No. 200 (.0029") y menor	A200
		Malla No. 100 (.0059") y menor	A100
		Malla No. 40 (.016") y menor	A40
	Fino	Malla No. 6 (.132) y menor	B6
	Granular	1/2" y menor (malla 6" a 1/2"	C1/2
		3" y menor (1/2" a 3")	D3
		7" y menor (3" a 7")	D7
	Terrones	16" y por debajo (o" a 16")	D16
		Arriba de 16" a ser especificado	
		x= Tamaño Máximo	DX
Fluidez	Irregular	Fibroso, Cilíndrico, etc.	E
	Fluido Muy Libre		1

Tabla 4-3: Característica para la clasificación de un material a granel. Fuente: Martin Screw Conveyor

3.- Configuración del tornillo del tornillo helicoidal

Para la planta procesadora se utilizará una disposición de Tornillo horizontal de 1 entrada y 1 salida, el cual cumple con los requerimientos del proceso.

4.- Capacidad requerida

Se requiere desplazar desde un punto a otro 30 ft³/h equivalente a 0,849 m³/h para poder abastecer el siguiente proceso, el cual contempla un equipo de capacidad de llenado de 60 litros con un tiempo de vacío de su tolva de 4 min.

$$849 \text{ [l/h]} = 14,15 \text{ [l/min]}$$

$$14 \times 4 = 56 \text{ litros cada 4 min.}$$

5.- Distancia a la que se debe transportar el material

Existe una distancia horizontal entre la descarga del separador de semillas y la tolva de almacenamiento previa a la olla de cocción de pasta de tomate de aproximadamente 2,67 m y una elevación de 2,69 m. Esto implica una inclinación de 45° y un largo total de 3,8 m.

6.- Determinar algún factor que pueda afectar el funcionamiento del tornillo:

Dentro de los principales factores críticos que pueden afectar la operación del transportador, se encuentra la corrosión, la cual se podría generar por el tipo de material a transportar, debido a que un material orgánico el cual posee una alta concentración de humedad. Es por esto que se determinaron algunas consideraciones relacionadas a este factor, la cuales se pueden revisar en la sección 4.3.14.

Otro punto para considerar es la temperatura del material a transportar, ya que podría generar dilatación de los elementos. En este proceso la temperatura del material no supera los 27°C, por lo tanto, se considera despreciable para el diseño.

4.3.3 Clasificación de material

Para clasificar el material, se utilizó la tabla 4-2 y tabla 4-3, las cuales especifican el código del material a transportar.

A continuación, se muestra una figura explicativa para leer el código de material de acuerdo con Martin Conveyor Engineering, 2007.

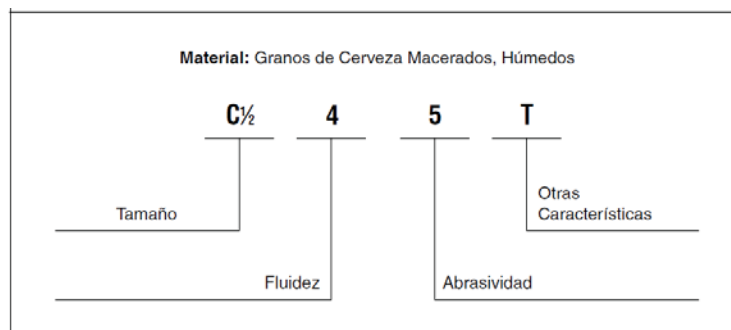


Figura 4-11: Descripción del código del Material. Fuente: Martin Screw Conveyor

El material que se va a transportar ya fue definido previamente y corresponde a pulpa de tomate o tomate semi partido, el cual tiene una codificación del material según la Norma CEMA correspondiente a 20D₃ 35Q.

Es decir, es un fluido libre con una densidad promedio de 20 lb/ft³ equivalentes a 320,369 kg/m³, clasificación D₃ de tamaño granular de ½ a 3 pulgadas equivalentes a 0,0127 m a 0,0762 m, de fluidez promedio 3, abrasividad media 5 y de propiedades degradables Q.

4.3.4 Cálculo de la capacidad de diseño

A continuación, se define el tamaño y la velocidad, para un material de clasificación D₃ de tamaño granular de ½ a 3 pulgadas.

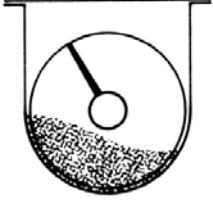
Carga de Artesa		Diámetro del Helicoidal (Pulgadas)	Capacidad Pies Cúbicos por Hora (Paso Completo)		Máx. RPM
			A 1 RPM	A Máx. RPM	
30% B		4	0.41	29	72
		6	1.49	90	60
		9	5.45	300	55
		10	7.60	418	55
		12	12.90	645	50
		14	20.80	1040	50
		16	31.20	1400	45
		18	45.00	2025	45
		20	62.80	2500	40
		24	109.00	4360	40
		30	216.00	7560	35

Figura 4-12: Tabla de capacidades para transportadores helicoidales. Fuente: Martin Screw Conveyor³

Para una carga de artesa de un 30% y un diámetro exterior del helicoidal de 9 pulgadas, se determina una capacidad 5,45 ft³/h a 1 rpm y 300 ft³/h a 55 rpm, la que es su máxima velocidad angular.

A modo de contextualizar lo analizado, se menciona que los tornillos transportadores helicoidales con paso igual al diámetro son considerados estándar, los cuales son adecuados para manejar una gran variedad de materiales.

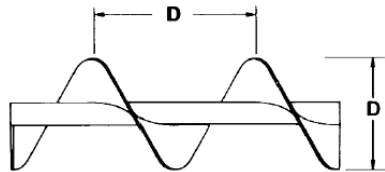


Figura 4-13: Helicoidales de paso estándar. Fuente: Martin Screw Conveyor

³ Ver Anexo C.

Para el cálculo de velocidad (N), se determinó que el paso es estándar y helicoidal sencillo. En base a esto, la velocidad angular del tornillo puede ser calculada con la Ecuación 4-1.

$$N = \frac{\text{Capacidad Requerida en pies cúbicos por hora}}{\text{Pies cúbicos por hora @ 1 rpm}} \quad (4-1)$$

$$N = \text{Revoluciones por minuto del helicoidal}$$

(esta velocidad no debe ser mayor a la velocidad máxima recomendada)

$N = \text{Capacidad requerida } 30 \text{ ft}^3/\text{h} / 5,45 \text{ ft}^3/\text{h} * 1 \text{ rpm}.$

$N = 5,5 \text{ rpm}.$

Para los cálculos donde se requiera utilizar rpm se trabajará con un $N = 6 \text{ rpm}.$

4.3.5 Determinar el diámetro y la velocidad

El diámetro exterior del helicoidal se determinó anteriormente, corresponde a 9 pulgadas y una velocidad de 6 rpm para la capacidad requerida.

4.3.6 Análisis del diámetro mínimo del helicoidal por limitaciones en el tamaño de partícula.

Cuando se define el tamaño de un transportador de tornillo helicoidal, no solo se debe conocer la capacidad requerida, también es necesario conocer el tamaño máximo de la partícula a transportar, ya que un sobre tamaño podría generar una serie de problemas en el funcionamiento del tornillo y en sus componentes. Para el caso de esta memoria, se definió previamente el tamaño máximo de la partícula el cual corresponde a 3 pulgadas.

Para revisar las limitaciones por tamaño de partícula, se hace referencia a lo siguiente:

Existen 3 clases de mezclas en función al tamaño de partículas, las cuales son mencionadas en el manual de diseño de (Martin Conveyor Engineering, 2007)

- Clase 1: Es una mezcla de partículas grandes y finas en donde no más del 10% son partículas con un tamaño máximo de la mitad del máximo; y 90 % son partículas menores a la mitad del tamaño máximo.
- Clase 2: Es una mezcla de partículas grandes y finas en donde no más del 25% son partículas con un tamaño máximo de la mitad del máximo; y 75 % son partículas menores a la mitad del tamaño máximo.
- Clase 3: Es una mezcla de únicamente partículas grandes en donde el 95% son partículas con un tamaño máximo de la mitad del máximo; y 5% o menos son partículas menores a una décima parte del tamaño máximo.

Diámetro de Helicoidal (Pulgadas)	Eje D.E. (Pulgadas)	Separación Radiales (Pulgadas)	Clase 1 10% de partículas Partícula máxima (pulgadas)	Clase 2 25% partículas Partícula máxima (pulgadas)	Clase 3 95% partículas Partícula máxima (pulgadas)
6	1	2 ½	1 ¼	¾	½
9	1½	3 ¾	2 ¼	1 ½	¾
9	1½	3 ¾	1 ½	1 ½	¾
12	2 ¾	5 ¼	2 ¾	2	1

Tabla 4-4: Tamaños máximos de partículas. Fuente: (Martin Conveyor Engineering, 2007)

De acuerdo con la tabla 4-4, para una mezcla clase 2, se recomienda la utilización de un tornillo helicoidal de 9” de diámetro exterior y un eje de diámetro exterior de 1 ½” macizo, de acero AISI 316.

4.3.7 Cálculo de rodamientos.

Para el análisis de rodamiento se utilizará uno de los apoyos, el cual corresponde al apoyo más solicitado del eje. Con esto se determinó que el rodamiento seleccionado satisface el requerimiento del sistema.

A continuación, se realiza el análisis para determinar el tipo de rodamiento a utilizar.

Mediante la ecuación 4-2, se despeja la carga dinámica presente en el componente rotatorio.

$$Lh = \frac{1000000}{60 \cdot n} * (C/P)^{\rho} \quad (4-2)$$

Donde:

L_h : Duración en horas de servicio. En este diseño se busca un rodamiento para 20.000 horas de servicio.

n : Velocidad de rotación (rpm).

C : Carga dinámica (N)

P : Carga equivalente (N). Se utilizó el módulo del eje de Inventor, donde se agregaron las sollicitaciones externas del eje.

ρ : Exponente, depende del tipo de rodamiento. Para este caso, rodamiento rígido de bolas se utiliza exponente 3.

Se determinó un rodamiento rígido de bolas de acero inoxidable SKF blue line para un diámetro interior de 1" y 6 RPM, el cual tiene designación YAR 208-108-2LPW/SS y un pillow block F2BC 108-TPSS⁴.

Para el diseño se requiere un rodamiento con una vida útil superior a las 20.000 horas de servicio. De acuerdo con las características del rodamiento seleccionado, el valor de p corresponde a 2.

Con ecuación 4-2, se determinó la carga equivalente presente en los descansos del eje.

⁴ Ver Anexo D. Designación rodamiento seleccionado

De acuerdo al análisis realizado en Software *Autodesk Inventor*⁵ se determina que el rodamiento más solicitado es el que se encuentra en la zona de carga de material, por lo tanto, se determinara la carga equivalente para el rodamiento mencionado.

$$P = \sqrt{Ax^2 + Yx^2} \text{ (4-3)}$$

$$P = \sqrt{480,314^2 + 640,706^2}$$

$$P = 800,753 \text{ N}$$

Remplazando los valores en la ecuación 4-2 y despejando C, se obtiene un valor de la carga dinámica de:

$$20.000 = \frac{1.000.000}{60 * 6} * (C/800,753)^3$$

$$C = 1.546,237 \text{ N} = 1,54 \text{ kN}$$

En base a lo resuelto, se determina que el rodamiento seleccionado cumple con las solicitudes respecto a carga dinámica del sistema; por catálogo, el rodamiento resiste una carga dinámica de 24,7 kN⁶.

Complementando la descripción del elemento seleccionado, se argumenta que el rodamiento fue diseñado para ser utilizado en líneas de procesamiento de alimentos, el cual reduce el riesgo de contaminación en el proceso, soportando cargas radiales y axiales en ambos sentidos lo cual hace que sean bastante atractivo para este tipo de aplicaciones. Están compuesto por componentes de acero inoxidable, que incluyen aros, jaulas, placas de protección y placas de apoyo del sello. Se encuentran prelubricados con una grasa de alta calidad certificado por NSF

⁵ Ver Sección

⁶ Ver Anexo D-2: *Dimensiones y capacidades del rodamiento seleccionado.*

para la categoría H. Posee un sello de color azul de caucho de nitrilo, el cual entrega una protección contra la corrosión.

La siguiente figura muestra la designación SKF del rodamiento elegido.

4.3.8 Cálculo de potencia

Para el cálculo de la potencia, se requiere calcular el área de llenado que ocupa el material del tornillo transportador. Para lo anterior se define la siguiente ecuación:

$$S = \lambda * \frac{\pi * D^2}{4} ft^2 \quad (4-4)$$

Donde:

S: Área de relleno del transportador

λ : Coeficiente de relleno de la sección. Tabla 4-4.

D: Diámetro de la sección de relleno ft. Diámetro del helicoidal menos el diámetro del eje.

$$D = (9 - 1,5) * 0,0833 = 0,625 \text{ ft.}$$

Tipo de carga	Coeficiente de relleno
Pesada y abrasiva	0.125
Pesada y poco abrasiva	0.25
Ligera y poco abrasiva	0.32
Ligera y no abrasiva	0.4

Tabla 4-5: Coeficiente de relleno según tipo de carga. Fuente: Martin Screw Conveyor.

$$S = 0,4 * \frac{\pi * 0,625^2}{4} = 0,123 \text{ ft}^2$$

Cálculo de la velocidad de desplazamiento. Ecuación 4-5

$$V = \frac{p * n}{60} \quad (4-5)$$

Donde:

V: Velocidad de desplazamiento de material del transportador en ft/s.

p: Paso del tornillo en ft.

n: Velocidad tangencial del tornillo en rpm.

$$V = \frac{0.75 * 6}{60} = 0,075 \text{ ft/s}$$

Cálculo de la capacidad de transporte de mineral en lb/h. Ecuación 4-6.

$$Q = 3600 * S * V * \rho * i \quad (4-6)$$

Donde:

Q: Capacidad de transporte de mineral en lb/h.

S: Área de relleno del transportador en ft².

V: Velocidad de desplazamiento de material del transportador en ft/s.

ρ : Densidad del material transportado en lb/ft³.

i: Coeficiente de disminución de flujo del material por inclinación del equipo. Tabla 4-6.

Inclinación del Transportador en grados °	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	45°
Coeficiente de disminución de flujo de material (i).	1	0.9	0.8	0.7	0.65	0.42	0.3	0.2	0.1

Tabla 4-6: Coeficiente de disminución de flujo del material en función del ángulo de inclinación

$$Q = 3600 * 0,123 \text{ [ft}^2\text{]} * 0,075 \text{ [ft/s]} * 20 \text{ [lb/ft}^3\text{]} * 0,1$$

$$Q = 66,42 \text{ [lb/h]}$$

Para determinar la potencia requerida, se consideró el tornillo transportador helicoidal en plano inclinado, los valores de capacidad requerida, la diferencia de altura a la cual se debe elevar el material y el trabajo necesario para mover el material 1 rpm.

Este cálculo de potencia total de accionamiento considera los parámetros a obtener de la potencia de accionamiento en vacío, potencia para el accionamiento horizontal con carga, y la potencia requerida para desplazamiento del tornillo inclinado. (Ecuación 4-7)

Entonces:

$$HP_T = \frac{(HP_f + HP_m + HP_i) * (Fo)}{e} \quad (4-7)$$

Donde:

HP_T: Potencia total en HP

HP_f: Potencia de accionamiento en vacío

HP_m: Potencia de desplazamiento horizontal del material

HP_i: Potencia de desplazamiento inclinado

Se inicia calculando la potencia de accionamiento del transportador en vacío (Ecuación 4-8)

$$HP_f = \frac{L * N * Fd * Fb}{1.000.000} \quad (4-8)$$

Donde:

L: Longitud total del transportador (en pies).

N: Velocidad de operación (rpm).

Fd: Factor del diámetro del transportador (Tabla 4-7).

Fb: Factor del buje para colgantes (Tabla 4-8). Este factor no aplica para el diseño propuesto. Por lo tanto, se asume que 1 para no afectar cálculos posteriores.

Entonces:

$$HP_f = \frac{L * N * F_d * F_b}{1.000.000} = \frac{8,76 [ft] * 6 [rpm] * 31 * 1}{1.000.000}$$

$$HP_f = 1,63 * 10^{-3} HP$$

Factor del Diámetro del Transportador, F_d			
Diámetro del Helicoidal (Pulgadas)	Factor F_d	Diámetro del Helicoidal (Pulgadas)	Factor F_d
4	12.0	14	78.0
6	18.0	16	106.0
9	31.0	18	135.0
10	37.0	20	165.0
12	55.0	24	235.0

Tabla 4-7: Factor del diámetro del transportador: Fuente: Martin Screw Conveyor

Factor del Buje para Colgante		
Tipo de Buje		Factor del Buje para Colgante F_b
B	Rodamiento de Bolas	1.0
L	Bronce <i>Martin</i>	2.0
S	* Bronce Grafitado * Bronce, Impregnado en Aceite * Madera, Impregnado en Aceite * Nylatron * * Nylon * Teflón * UHMH * Uretano	2.0
	* Hierro Endurecido <i>Martin</i>	3.4
H	* Superficie Endurecida * Stellite * Cerámica	4.4

Tabla 4-8: Factor del buje colgante: Fuente: Martin Screw Conveyor

Cálculo de potencia para mover el transportador con material (Ecuación 4-9)

$$HP_m = \frac{C * L * W * Ff * Fm * Fp}{1.000.000} \quad (4-9)$$

Donde:

C: Capacidad en pie cúbicos por hora = 30 ft³/h.

W: Densidad del material en libras por pie cúbico = 20 lb/ft³.

Ff: Factor del helicoidal (Tabla 4-9)

Fm: Factor del material (Figura 4-11) previamente calculado, corresponde a 20D₃ 35Q, es decir, es un fluido libre con una densidad promedio de 20 lb/ft³ equivalentes a 320,369 kg/m³, clasificación D₃ de tamaño granular de ½ a 3 pulgadas equivalentes a 0,0127 m a 0,0762 m, de fluidez promedio 3, abrasividad media 5 y de propiedades degradables Q.

Fp: Factor de las paletas. Para el diseño propuesto no aplica este factor.

Tipo de Helicoidal	F _f Factor por porcentaje de carga de transportador			
	15%	30%	45%	95%
Estándar	1.0	1.0	1.0	1.0
Helicoidal con Corte	1.10	1.15	1.20	1.3
Con Corte y Doble	N.R.*	1.50	1.70	2.20
Helicoidal de Listón	1.05	1.14	1.20	—
*No recomendada				

Tabla 4-9: Factor del helicoidal por porcentaje de cargar. Fuente: Martin Screw Conveyor

$$HP_m = \frac{C * L * W * Ff * Fm * Fp}{1.000.000} = \frac{30 \left[\frac{ft^3}{h} \right] * 8,76 [ft] * 20 \left[\frac{lb}{ft^3} \right] * 1 * 0,25 [ft]}{1.000.000}$$

$$HP_m = 13,14 * 10^{-3} HP$$

Cálculo de potencia requerida para transportador inclinado. (Osorio Orellana, 2018) (Ecuación 4-10)

$$HP_i = \frac{Q * \gamma * H}{2.000.000} \quad (4-10)$$

Donde:

Q: Capacidad requerida de material a transportar. 30 ft³/h.

ρ: Densidad del material. 20 lb/ft³.

H: Altura máxima del transportador en pies. 8,82 ft.

$$HP_i = \frac{Q * \rho * H}{2.000.000} = \frac{30 \left[\frac{\text{ft}^3}{\text{h}} \right] * 20 \left[\frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} \right] * 8,82 [\text{ft}]}{2.000.000}$$
$$HP_i = 2,646 * 10^3$$

Cálculo de potencia requerida total utilizando la ecuación 4-7.

$$HP_T = \frac{(HP_f + HP_m + HP_i) * (Fo)}{e}$$

Donde:

$$e = 0,88^7$$

F_o = Se sumaron las potencias calculadas (HP_f + HP_m + HP_i) = 0,00559 . Posteriormente se visualizó el valor en el eje horizontal en la tabla, subiendo hasta interceptar con pendiente.⁸

$$Fo = 3$$

$$HP_T = \frac{(1,63 * 10^{-3} + 13,14 * 10^{-3} + 2,646 * 10^{-3}) * (3)}{0,88}$$

$$HP_T = 0,019 HP$$

⁷ Ver Anexo E. *Factor de eficiencia de transmisión.*

⁸ Ver Anexo F. *Gráfico para determinar factor de sobrecarga.*

Cálculo de torque requerido: Ecuación 4-8

$$T = \frac{HP_t}{N} = \frac{HP_t}{2\pi \cdot \frac{N}{60}} \quad (4-11)$$

Donde:

$$HP_T = 0,019 \text{ HP}$$

$$N = 6 \text{ rpm}$$

$$T = \frac{0,019}{2\pi \cdot \frac{6}{60}} = 0.03 \text{ Nm}$$

$$T = 0,266 \text{ Lbf in}$$

4.3.9 Análisis de tensión y fatiga en el eje

Para el cálculo de tensión se asumirá el eje macizo de diámetro exterior de 1 ½” con cambio de sección en los extremos reduciendo su diámetro exterior a 1” con una distancia de 2” en los extremos. Para este cálculo también se consideró el eje sin helicoidales y se desarrolló software de diseño mecánico Inventor.

A continuación, se definen los parámetros requeridos.

Diámetro externo eje macizo	1 ½”
Diámetro en los extremos (Descansos)	1”
Longitud	12.5 ft
Esfuerzo de fluencia del acero AISI 316	207 MPa
Módulo de elasticidad del acero AISI 316	210 GPa
Torque nominal del motor	T = 0.266 Lbf in
Peso total del tornillo	69.88 Lb

Tabla 4-10: Tabla de datos para cálculo de torsión y pandeo. Fuente: Autor

El análisis estático⁹ de tensión en el eje, como se mencionó anteriormente, se realizó en el software inventor, donde inicialmente se hizo la equivalencia de todas las unidades de sistema ingles a sistema internacional.

De acuerdo al análisis de tensión realizado en software inventor, se visualiza que los componentes cumplen con los requerimientos necesarios para el proceso de elaboración de pasta de tomate, siendo la máxima tensión de Von Mises de 24,83 MPa.

Analizando el cálculo obtenido del coeficiente de seguridad, se puede visualizar que hay un máximo de 15 [-]¹⁰ y un mínimo de 8,34 [-], es decir, se considera que el elemento tiene un factor de seguridad de 2, el cual es un valor admisible para este tipo de componente.

El cálculo realizado consideró una carga distribuida en el eje, contemplando el material a transportar y el peso total de los anillos del helicoidal, lo que se traduce en la sumatoria de estas cargas.

Los valores físicos entregados fueron los siguiente:

Masa	31,7118 kg
Área	4295,9 cm ²
Volumen	4039,73 cm ³
Centro de gravedad	x=270,01 cm y=12,1307 cm z=31,8613 cm

Tabla 4-11: Valores físicos del eje. Fuente: Autor

⁹ Ver Sección

¹⁰ Ver Anexo G-6

Configuración de malla en software Inventor.

Tamaño medio de elemento (fracción del diámetro del modelo)	0,1
Tamaño mínimo de elemento (fracción del tamaño medio)	0,2
Factor de modificación	1,5
Ángulo máximo de giro	60 grados
Crear elementos de malla curva	No
Usar medida basada en pieza para la malla del ensamblaje	Sí

Tabla 4-12. Configuración de la malla en software Inventor. Fuente. Autor

Nombre	Acero AISI 316	
General	Densidad de masa	7,85 g/cm ³
	Límite de elasticidad	207 MPa
	Resistencia máxima a tracción	345 MPa
Tensión	Módulo de Young	210 GPa
	Coeficiente de Poisson	0,3 su
	Módulo cortante	80,7692 GPa
Nombre(s) de pieza	Eje transportador	

Tabla 4-13. Material de diseño del eje macizo. Fuente: Autor

En la figura 4-14 podemos observar el DCL del eje analizado.

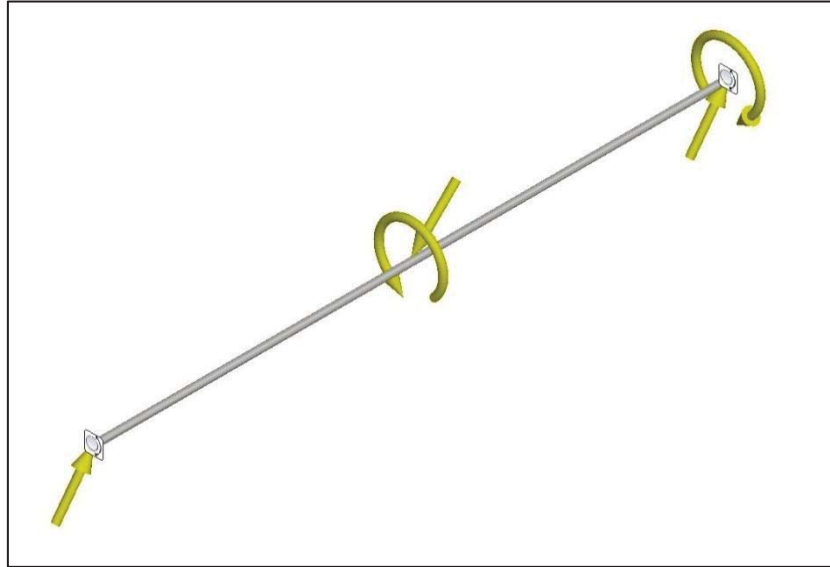


Figura 4-14. Diagrama de cuerpo libre del eje. Fuente: Diseño del autor en Software Autodesk Inventor.

Análisis de resultados¹¹.

Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componente (X, Y, Z)	Magnitud	Componente (X, Y, Z)
Restricción de pasador:1	326,207 N	-7,991 N	4,911 N m	0 N m
		-326,109 N		4,911 N m
		0 N		0 N m

Tabla 4-14. Fuerza y pares de reacción en restricciones. Fuente. Autor

¹¹ Ver Anexo G

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	4039730 mm ³	
Masa	31,71 kg	
Tensión de Von Mises	0 MPa	24,83 MPa
Primera tensión principal	-6,53 MPa	22,52 MPa
Tercera tensión principal	-26,9 MPa	6,9 MPa
Desplazamiento	0 mm	1,949 mm
Coeficiente de seguridad	8,34	15

Tabla 4-15. Resumen de resultados. Fuente: Autor

4.3.10 Cálculo de soldadura:

Para el estudio de soldadura de la unión soldada entre el eje y los discos helicoidales, se realizó un cálculo del esfuerzo cortante ejercido sobre la soldadura y el esfuerzo cortante máximo permisible de acuerdo a las características geométricas del cordón, con un electrodo Indura 316, considerando una resistencia a la tracción de 580 Mpa de la soldadura.

Primero se determinó los cálculos estructurales de la hélice, diseñado en un acero AISI 316L, representados en la siguiente tabla.

Espesor de la hélice	b = 3 mm
Huella de la hélice	l = 28 mm
Resistencia a la fluencia del Acero AISI 316	Sy = 345 MPa
Módulo de elasticidad del Acero AISI 316	E = 210 GPa

Tabla 4-16. Propiedades mecánicas acero AISI 316. Fuente: Software Inventor

La siguiente figura muestra el diagrama de cuerpo libre, el cual representa la descomposición de las fuerzas sobre el helicoidal del tornillo. Estas serán utilizadas para el cálculo de las fuerzas que ejerce la masa en ese punto.

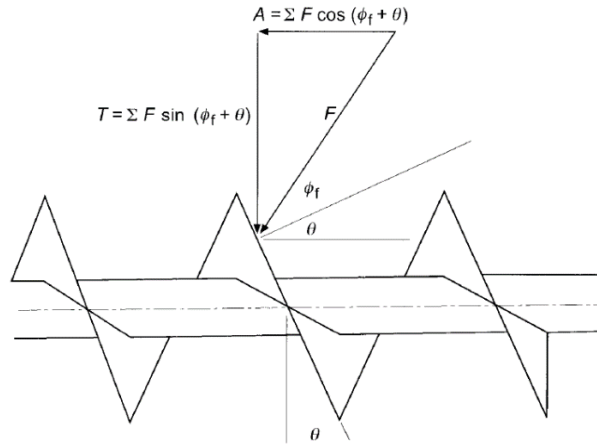


Figura 4-15. DCL de la descomposición de las fuerzas en la hélice del tornillo. Fuente: Prototipo de tornillo de transporte para fluidos granulares hiperconcentrados, Manuel Perez N.

Utilizando las siguientes ecuaciones, se determinan las componentes de las fuerzas:

Con la ecuación 4-12 se determinó el ángulo de inclinación de la hélice (ver figura 4-15).

Con la ecuación 4-13 se calculó el esfuerzo generado sobre la superficie de contacto de la hélice en dirección perpendicular de esta.

$$\theta = a \tan\left(\frac{P}{\pi * D}\right) \quad (4-12)$$

$$F = \frac{(P * S * d * N * g) 907,185}{1} N \quad (4-1)$$

$$\theta = a \tan \frac{9}{9 * \pi}$$

$$\theta = 17,66^\circ$$

$$F = \frac{q * w}{\pi * (D^2 / 4)}$$

$$F = 114,635$$

$$Fa = 114,635 \cos (17,66 + 20)$$

$$Fa = 90,65 \text{ N}$$

Los datos necesarios para determinar ambos esfuerzos anteriormente mencionados son los siguientes:

Peso, por máximo de material a transportar	$W = 20 \text{ lb}_f/\text{ft}^3$
Fuerza aplicada sobre el extremo exterior de la hélice	$Fa = 90,65 \text{ N}$
Esfuerzo de corte admisible Electrodo Indura 316	$Su = 205 \text{ MPa}$
Vértice de la garganta de la soldadura	$h = 3 \text{ mm}$
Espesor de la hélice	$b = 3 \text{ mm}$
Distancia entre el borde interior y exterior de hélice	$l = 76,2 \text{ mm}$
Área de relleno	$S = 0.011 \text{ m}^2$
Paso de la hélice	$P = 0.2286 \text{ m}$
Densidad	$d = 0.3531 \text{ T/m}^3$
Espacios efectivos	$N = 14$
Gravedad	$g = 9,80665 \text{ m/s}^2$

Tabla 4-17. Tabla de datos para el cálculo del cordón de soldadura. Fuente: Autor

A continuación, se detallan las ecuaciones 4-14 y 4-15 con las que se calculan los valores de esfuerzo máximo permisible y esfuerzo ejercido sobre la soldadura.

$$T_s = \frac{Fa}{b \cdot l} \quad (4-2)$$

$$h = (T_s \cdot F_s) / Su \quad (4-3)$$

$$T_s = \frac{90,65 \text{ [N]}}{0,003 \text{ [m]} \cdot 0,0762 \text{ [m]}}$$

$$T_s = 396544 \text{ [Pa]}$$

$$h = (T_s \cdot F_s) / Su$$

$$F_s = 1550$$

Como se visualiza en la resolución de las ecuaciones 4-14 y 4-15, despejando de esta última el factor de seguridad, se concluye que el cordón de soldadura satisface los parámetros requeridos para la operación del tornillo.

4.3.11 Selección de canalón.

Se seleccionó un canalón de 10" de diámetro con tapa superior sin buje colgante, el cual tiene un espesor de 3 mm, fabricado en un acero AISI 316L. En base al análisis realizado en Autodesk Inventor¹², se determina que el eje no requiere de buje colgante, pues la máxima deflexión no alcanza valores para requerir de uno.

El diámetro de los pernos de sujeción del descanso es de ½" grado 2 ASTM A-307 hexagonales.

4.3.12 Diseño de tornillo transportador helicoidal en software Inventor.

Como se mencionó anteriormente, el diseño 3D del tornillo transportador helicoidal se realizó en el software Inventor¹³, el cual permitió evaluar la factibilidad del prototipo mediante los cálculos de esfuerzos realizados, y a la vez, determinar optimizaciones de espesores en los componentes, las cuales se argumentarán al final de este capítulo.

El diseño contempla un buzón fijo de alimentación y de descarga idéntico en dimensiones y espesores, el cual se acopla a una manga flexible con el otro equipo. Se debe considerar prolongar el eje 3 pulgadas y profundizar en el diseño y análisis de la chaveta para el acoplamiento con el motorreductor. Referente a este punto se aconseja utilizar acoplamientos Omega de elastómero, los cuales son flexibles y poseen una excelente capacidad de amortiguación de vibraciones.

La estructura de soporte del conjunto no se contempla en esta memoria, debido al análisis realizado entre la fabricación y adquisición de un equipo de estas características en el mercado.

¹² Ver Anexo H-1

¹³ Ver Anexo H-2

Referente a lo mencionado anteriormente, se determina la adquisición de un tornillo transportador helicoidal que cumpla los requerimientos del proceso.

Otro punto importante a mencionar, hace referencia a la expansión térmica que podría sufrir algunos componentes del equipo, debido a altas temperaturas. En función a lo mencionado anteriormente se concluye que, para la condición de trabajo del tornillo transportador, este factor se considera nulo para efectos de cálculos, debido a que se trabajará con un material a temperatura inferior a 27°C. Y debido a la sección longitudinal del tornillo y a la relación peso volumen, se determinó que no requiere rodamiento colgante intermedio.

4.3.13 Análisis de resultados del diseño del tornillo transportador

De acuerdo con los análisis para determinar las características de cada componente, se concluye que este diseño satisface notablemente los requerimientos del proceso; esto se puede justificar al observar los resultados del análisis de tensión realizado en *Autodesk Inventor*¹⁴, basta con referirnos al coeficiente de seguridad¹⁵, que toma un mínimo valor de 8,34, esto indica que el sistema puede soportar sin problemas las cargas a las que será sometido; además ningún análisis arroja fallas o puntos críticos a los que tomarle mayor cuidado. Sin embargo, se puede analizar en profundidad los aspectos relacionados con espesores de algunos componentes para disminuir el peso del conjunto y evitar el sobredimensionamiento de estos.

Dentro de las recomendaciones, se indica disminuir el espesor de la hélice y el vértice de la garganta de la soldadura, ya que el factor de seguridad del cordón de soldadura satisface de forma excesiva la carga.

Otra recomendación para disminuir el peso del conjunto corresponde a realizar análisis de tensión con un eje hueco, iterando con distintos espesores hasta lograr satisfacer las cargas del sistema. Si bien, se puede realizar esta operación con los rodamientos en los extremos, para este

¹⁴ Ver Anexo G.

¹⁵ Ver Anexo G-2

ejercicio, se recomienda utilizar un tercer rodamiento, el cual debe ser colgante para minimizar la flexión del eje.

Referente al análisis realizado entre la fabricación del equipo versus la adquisición de un tornillo transportador helicoidal completo, se concluye que la mejor alternativa es realizar la compra de este equipo considerando todos los aspectos analizados anteriormente integrando las mejoras propuestas, ya que en mercado nacional existen empresas con amplia experiencia en este campo.

4.4 LayOut de la planta con la distribución de equipos¹⁶.

Se realizó el diseño de la planta a escala en software Autocad, el que permitió visualizar las dimensiones requeridas de la planta, las cuales son de suma importancia para la construcción del galpón. La superficie será distribuida de tal forma que todas las áreas para la elaboración de pasta de tomate estén conectadas en su interior, desde la separación de semillas, proceso de elaboración de pasta de tomate, bodega de almacenamiento producto, oficina de administración y despacho del producto final, por lo tanto, se dispondrá de 105 m² de superficie para la operación del proyecto.

5. ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO DEL PROYECTO

En este capítulo se detalla de forma acotada el estudio financiero realizado, este contempla la inversión necesaria para realizar el proyecto, evaluando los costos para la adquisición de equipos, obras civiles, equipamiento general, ingresos, egresos, depreciación de los activos, valor residual y flujo de caja, entre otros puntos relevantes para la determinar el costo-beneficio de la inversión.

Para los datos que se encuentre en unidades de fomento, se consideró un valor de UF de \$28.683 de acuerdo al valor visualizado en servicio de impuestos internos el 14 de Julio de 2020.

¹⁶ Ver Anexo I

5.1 Presupuesto de inversión

El siguiente análisis fue realizado contemplando los costos de inversión asociados a la construcción del proyecto, adquisición de equipos y máquinas para el primer año de operación de la planta, los que fueron descritos de forma detallada en el anexo C costo de equipamiento e inversión total.

El equipamiento fue seleccionado de forma apropiada para cumplir las normativas vigentes, según la establece el ministerio de salud basados en el reglamento sanitario de los alimentos, que establece estándares sanitarios deseados para la elaboración de productos alimentarios.

Dentro del presupuesto de inversión se consideró la adquisición de un tornillo transportador helicoidal con los requerimientos necesarios para el proceso, considerando los valores y dimensiones analizados anteriormente.

Fuera del presupuesto de inversión se determinó considerar un Budget de \$2.000.000 para el mantenimiento de los equipos e imprevistos para el primer año de operación y precomisionamiento, este se carga en el año cero, como costo mensual dentro del flujo de caja, asumido solo una vez.

En la tabla 5-1 se puede visualizar el resumen del costo total de inversión del proyecto¹⁷.

Infraestructura	\$12.700.000
Máquinas y equipos	\$8.267.000
Equipamiento general	\$330.000
Sanitarios	\$2.000.000
Muebles	\$1.500.000
Insumos	\$3.758.000
Línea Blanca	\$1.283.000
Computación	\$290.000
Vehículo	\$4.000.000
Costos legales	\$120.000
TOTAL	\$34.248.000

Tabla 5-1. Tabla de costos de inversión. Fuente: Autor

¹⁷ Para el detalle del costo total de inversión, ver Anexo J

5.2 Egresos

De acuerdo al análisis realizado, los egresos se dividieron en dos grupos, el primero corresponde los insumos mensuales y el segundo a los costos mensuales, los cuales se encuentran detallados en la tabla 5-2. Además, se visualiza un incremento proyectado a 5 años de los egresos correspondiente a la variación del índice de precios al consumidor de 0,75%.

			AÑO 1											
INSUMOS MENSUALES	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PERIODO DE TRABAJO				DISTRIBUCIÓN					PERIODO DE TRABAJO		
			ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1 Botellas de vidrio con tapa 1[l]	200	3.300	660.000	660.000	660.000							660.000	660.000	660.000
Bolsas HD de 3 [l]	220	500	110.000	110.000	110.000							110.000	110.000	110.000
2 Buzos tyvek 100 unidades	900	20	18.000	18.000	18.000							18.000	18.000	18.000
3 Guantes nitrilo 100 unidades	3.900	4	3.900	3.900	3.900							3.900	3.900	3.900
4 Etiquetas adhesivas	20	4.000	80.000	80.000	80.000							80.000	80.000	80.000
5 Polietileno termocogible	60.000	2	60.000									60.000		
6 Gorro de reddecilla 100 unidades	5.000	4	5.000	5.000	5.000							5.000	5.000	5.000
7 Cubre calzado desechable	4.990	4	4.990	4.990	4.990							4.990	4.990	4.990
8 Materia prima por kilogramo	10	4.000	40.000	40.000	40.000							40.000	40.000	40.000
TOTAL	75.240	11.834	981.890	921.890	921.890	0	0	0	0	0	0	981.890	921.890	921.890
COSTOS MENSUALES			ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1 Agua			60.000	60.000	60.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	60.000	60.000	60.000
2 Luz			80.000	80.000	80.000	80.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	80.000	80.000	80.000
3 Telefono			15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000
4 Sueldo mano de Obra 2 Pers L-V			700.000	700.000	700.000	700.000						700.000	700.000	700.000
5 Petroleo			120.000	120.000	120.000	120.000	120.000	120.000	120.000	120.000	120.000	120.000	120.000	120.000
6 Insumos menores			60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000
7 Sueldo administrativo			370.000	370.000	370.000	370.000	370.000	370.000	370.000	370.000	370.000	370.000	370.000	370.000
8 Concepto de marketing bimensual			20.000		20.000		20.000		20.000		20.000		20.000	
9 Cuota Crédito			706.939	706.939	706.939	706.939	706.939	706.939	706.939	706.939	706.939	706.939	706.939	706.939
10 Costos legales														
11 Budget de mtto e imprevistos			2.000.000											
TOTAL			4.131.939	2.111.939	2.131.939	2.071.939	1.326.939	1.306.939	1.326.939	1.306.939	1.326.939	2.111.939	2.131.939	2.111.939
TOTAL INSUMOS ANUALES	5.651.340													
TOTAL COSTOS ANUALES	23.398.268													
SUAMATORIA TOTAL ANUAL	29.049.608		5.113.829	3.033.829	3.053.829	2.071.939	1.326.939	1.306.939	1.326.939	1.306.939	1.326.939	3.093.829	3.053.829	3.033.829
TOTAL UF	1.013													

VARIACIÓN IPC 0,75%	0,75%	1	2	3	4	5
TOTAL		29.049.608	29.267.481	29.485.353	29.703.225	29.921.097
TOTAL EN UF		1012,781	1020,3772	1027,9731	1035,569	1043,1648

Tabla 5-2. Tabla de egresos del proyecto. Fuente: Autor

5.3 Ingresos

Los ingresos del proyecto están calculados en base a las ventas totales mínimas para el que el proyecto sea rentable y atractivo para el inversionista. Si bien, se debe realizar un estudio de mercado para determinar la demanda, en esta memoria se determinan las ventas mínimas para que el flujo de caja sea positivo. Cabe mencionar que, para profundizar en este punto, se requiere realizar un análisis de mercado para estimar la demanda (dicho análisis no se contempla en esta memoria).

A continuación, se visualiza la ilustración ## con los ingresos mensuales y proyectados en 5 años, con un incremento por cuota de mercado del 0,55%, asumiendo el precio de venta acorde a la plaza de \$1.500 el litro y una cantidad de venta mensual continua de 2.000 litros de pasta de tomate.

ITEM	INGRESOS MENSUALES											
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Ventas	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000
TOTAL INGRESOS	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000
TOTAL	36.000.000											
TOTAL UF	1.255											

Precio venta \$	1.500
ventas mensuales Litros	2.000
ventas anuales	24.000

Periodo		1	2	3	4	5
Incremento por cuota mercado	0,55%	36.000.000	36.198.000	36.396.000	36.594.000	36.792.000
Total en UF		1.255	1.262	1.269	1.276	1.283

Figura 5-1. Tablas de ingresos mensuales. Fuente: Autor

5.4 Depreciación de los activos

La depreciación de los activos corresponde al horizonte en el tiempo de la vida útil de un activo, donde puede ser utilizado y puede generar una renta. Toda compañía o empresa, para poder generar un bien, requiere de activos que, se deprecian y desgastan incluso hasta el punto de quedar inutilizables.

De acuerdo a la tabla de depreciación que entrega servicios de impuestos internos podemos depreciar los activos de forma acelerada o lineal, dependiendo del tipo de proyecto.

Esto con la finalidad de utilizar esta depreciación de activos como escudo fiscal dentro del flujo de caja y rebajar la cantidad de impuesto a pagar.

Por otra parte, la depreciación se puede restar de los ingresos para reducir la utilidad y con esto, reducir el impuesto a pagar.

Basado en la tabla de depreciación de los activos del servicio de impuestos internos, se desarrolló la tabla 5-3, donde se observa la depreciación de los activos de forma acelerada, esta se encuentra en años y se realizó para todos los activos que estén afectos a esto.

DEPRECIACIÓN	Depreciacion Acelerada	Valor Inicial	1	2	3	4	5
Automóviles							
Peugeot Partner	2	4.000.000	2.000.000	1.000.000			
Equipos							
Horno microondas, refrigerador y congelador	3	735.000	245.000	245.000	245.000		
Olla Industrial Eléctrica	5	3.900.000	780.000	780.000	780.000	780.000	780.000
Licuada industrial	5	437.500	87.500	87.500	87.500	87.500	87.500
Estanque de acero inoxidable	5	600.000	120.000	120.000	120.000	120.000	120.000
Esterilizador de botellas	5	450.000	90.000	90.000	90.000	90.000	90.000
Batea de acero inoxidable	5	180.000	36.000	36.000	36.000	36.000	36.000
Tapadora semiautomática para tapa rosca 30-90 cm	5	150.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
Traspaleta de tijera	5	500.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
Llenadora botellas de 4 boquillas	5	1.100.000	220.000	220.000	220.000	220.000	220.000
Tornillo transportador helicoidal	5	650.000	130.000	130.000	130.000	130.000	130.000
Construcción							
Construcción (Galpón y losa de homigón)	26	11.200.000	430.769	430.769	430.769	430.769	430.769
Instalaciones electricas	3	1.500.000	500.000	500.000	500.000		
TOTAL		25.402.500	4.769.269	3.769.269	2.769.269	2.024.269	2.024.269
TOTAL UF		886	166	131	97	71	71

Tabla 5-3. Depreciación de los activos. Fuente: Autor

5.5 Valor residual

Corresponde a la recuperación de parte del costo de adquisición de un bien, mediante la venta del activo al final de su vida útil de acuerdo al proyecto, es decir que independiente que el activo este depreciado en su totalidad de acuerdo a la tabla de servicios de impuestos internos, se puede comercializar y vender para generar ingresos.

Cabe destacar que el valor residual del activo se determina en base a la depreciación del bien, es decir, si un activo cuesta \$10 y su depreciación es acelerada en 5 años, el valor residual del activo al quinto año será de \$2.

Para el proyecto se considerará el valor residual para el fin del periodo evaluado, es decir, al quinto año, en el cual se incorporará el valor total descrito en la tabla 5-4.

Item	Valor Unitario (\$)	Cantidad	% Recuperacion	Valor Residual
Estanteria Repisas Industrial	120.000	6	20%	24.000
Meson Mural Acero Inoxidable	130.000	2	20%	26.000
Estantes articulos personales	120.000	1	20%	24.000
Microondas	55.000	1	20%	11.000
Campana Extractora acero inox	320.000	1	20%	64.000
Pistola de calor	48.000	1	20%	9.600
Refrigerador	230.000	1	20%	46.000
Congeladora horizontal	450.000	1	20%	90.000
Notebook	250.000	1	20%	50.000
Impresora	40.000	1	20%	8.000
Olla Industrial Eléctrica	3.900.000	1	20%	780.000
Licadora industrial	437.500	1	20%	87.500
Estanque de acero inoxidable	600.000	1	20%	120.000
Esterilizador de botellas	450.000	1	20%	90.000
Batea de acero inoxidable	180.000	1	20%	36.000
Tapadora semiautomática para tapa rosca 30-90 cm	150.000	1	20%	30.000
Traspaleta de tijera	500.000	1	20%	100.000
Llenadora botellas de 4 boquillas	1.100.000	1	20%	220.000
Tornillo transportador helicoidal	650.000	1	20%	130.000
Peugeot Partner	4.000.000	1	20%	800.000
TOTAL VALOR RESIDUAL			20%	2.746.100
TOTAL VALOR RESIDUAL UF			20%	96

Tabla 5-4. Valor residual de los activos. Fuente: Autor

5.6 Tabla de interés y tipo de financiamiento

La evaluación financiera del proyecto se realizó estipulando un financiamiento del 75% por parte de un banco, correspondiente a \$25.686.000, y el 25% restante deberá ser asumido por el inversionista, este monto es de \$8.562.000. Es decir, el costo total de la inversión es de \$34.248.000.-

Dentro de las opciones financieras se optó por realizar la simulación del crédito con el Banco de Chile ya que ofrece la mejor tasa de interés de acuerdo al análisis realizado.

Se considero una tasa de interés de 19,44 anual y una tasa de 1,62% mensual para realizar la tabla de financiamiento al 75%.

A continuación, en la tabla 5-5 se detallan los valores de los intereses y el valor de la cuota anualizada para un periodo de 5 años.

En relación a lo mencionado, se calcula una cuota mensual de \$706.939, obteniendo un costo total del crédito de \$42.416.342.

FINANCIAMIENTO 75 %					
PERIODO	SALDO	AMORTIZACIÓN	INTERESES UF	INTERESES	CUOTA
0	25.686.000,00				
1	22.196.089,91	3.489.910,09	174,09	4.993.358,40	8.483.268,49
2	18.027.741,29	4.168.348,62	150,43	4.314.919,88	8.483.268,49
3	13.049.065,70	4.978.675,59	122,18	3.504.592,91	8.483.268,49
4	7.102.535,58	5.946.530,12	88,44	2.536.738,37	8.483.268,49
5	-0,00	7.102.535,58	48,14	1.380.732,92	8.483.268,49

Tabla 5-5: Tabla de intereses. Fuente: Autor

5.7 Flujo de caja para el proyecto con 75% de financiamiento

Como se determinó en el inicio del capítulo, el proyecto se analizó para un periodo de 5 años con un 75% de financiamiento bancario, a partir de esa base se realizó el flujo de caja en UF el cual se puede ver en la tabla 5-6.

VALOR UF	28.683,00					
Año	0	1	2	3	4	5
(+) Ingresos		1.255,10	1.262,00	1.268,90	1.275,81	1.282,71
(-) Egresos		-1.012,78	-1.020,38	-1.027,97	-1.035,57	-1.043,16
(=) Margen		242,32	241,62	240,93	240,24	239,55
(-) Depreciación		-166,28	-131,41	-96,55	-70,57	-70,57
(+) Valor Residual						95,74
(=) Utilidad antes de impuestos		76,04	110,21	144,38	169,67	264,71
(-) Impuestos		-14,45	-20,94	-27,43	-32,24	-50,30
(=) Utilidad después de Impuestos		61,59	89,27	116,95	137,43	214,42
(+) Depreciación		166,28	131,41	96,55	70,57	70,57
(-) Activos fijos e implementación	-1.194,02					
(-) Instalación, Imprevistos y puesta en marcha						
(-) Capital de trabajo	-298,50					
(=) Flujo de Caja	-1.492,52	227,87	220,68	213,50	208,00	284,99
(+) Crédito largo plazo	895,50					
(=) Flujo de Caja Neto	-597,02	227,87	220,68	213,50	208,00	284,99
(=) Flujo de Caja Actualizado	-597,02	189,89	153,25	123,55	100,31	114,53
(=) Flujo de Caja Acumulado	-597,02	-407,13	-253,88	-130,33	-30,02	84,52
VAN (Valor Actual Neto) en UF	84,52					
TIR (%) (Tasa Interna de Retorno)	26%					
PRI (Periodo de recuperación de la inversión)	5					
TASA DESCUENTO INVERSIONISTA (%)	20%	37,98	67,43	89,95	107,69	170,46
IMPUESTO	19%					

Tabla 5-6. Flujo de caja del proyecto. Fuente: Autor

Analizando del flujo de caja, se puede concluir que tiene un VAN positivo de 84.52 UF, un TIR sobre la tasa de descuento del inversionista de un 26% con un PRI al quinto año de la inversión.

Un proyecto con estos valores se considera viable y recomendable para su ejecución, si bien, no es altamente rentable, al quinto año se puede comenzar a ver un margen de utilidad bastante atractivo.

También se puede concluir que el inversionista al cuarto año de operación recupera su capital invertido, por consecuencia el quinto año sería un 100% de utilidad recibiendo 170,46 UF.

CONCLUSIONES

En la presente memoria se visualizaron algunas posibles alternativas para dar solución al problema abordado, debido a esto, se realizaron metodologías para determinar la mejor opción y darle un uso alternativo a la pulpa de tomate desechada, dentro de los cuales, preponderó la metodología llamada “*Matriz de selección*”, por lo que se identificó la mejor solución de acuerdo con los criterios descritos y las ponderaciones estimadas para cada punto. Una vez determinado la elaboración de pasta de tomate, como uso alternativo del desecho orgánico producido por la empresa *El Espino*, se comenzó con el diseño de la planta de elaboración de pasta de tomate, donde se analizaron los aspectos técnicos de los equipos a utilizar y las capacidades requeridas para lograr una producción continua, evitando lo que comúnmente se conoce como cuello de botella y sus consecuencias, tales como incremento en los tiempos de espera y reducción de la productividad del proceso. En relación a lo mencionado anteriormente, se concluye que la planta podría aumentar su capacidad de producción, considerando que el promedio semanal de procesamiento de tomate es igual 3.500 kg, de los que el 65% corresponde a pulpa, equivalente a 2.275 kg de materia prima; de estos solo se utilizará el 40%, equivalente a 910 kg semanales para elaborar pasta de tomate, por lo tanto, desde el punto de vista de materia prima, es factible incrementar la producción de pasta de tomate.

En cuanto a la capacidad de la línea de producción, los equipos fueron seleccionados para procesar los 2.275 kg de la materia prima desechada, por consiguiente, para lograr este objetivo en un mediano plazo, y erradicar completamente el problema de la empresa, se debe realizar un estudio de mercado para estimar la demanda y poder determinar si es factible y viable trabajar con el 100% de la materia prima.

Si bien la producción inicial contempla utilizar un 40% de la materia prima, la maquinaria considerada permite trabajar con el 100% de esta, la razón de ello, es que se parte trabajando con menor porcentaje ya que la demanda del producto es incierta, sin embargo, se espera aumentar la producción más adelante, y no tener que modificar la línea.

Referente al estudio y diseño del tornillo transportador helicoidal, se determinó que el equipo debe ser comprado bajo los requerimientos y las especificaciones descritas en el capítulo 4.3. Es relevante tener presente las consideraciones recomendadas al final del capítulo, las cuales hacen mención a reducir los espesores del eje, helicoidales y canalón.

Finalmente, analizando los resultados obtenidos en el flujo de caja se puede visualizar que la creación de una línea de elaboración de pasta de tomate aportaría en gran parte a disminuir la carga orgánica desechada al ambiente, y a su vez, generaría un producto que agregue valor e ingresos a la empresa. En relación a los datos obtenidos en el flujo de caja, se concluye que es un proyecto bastante atractivo, no solo desde el punto de vista económico, sino también desde el punto de vista de la economía verde, ya que se le daría un uso a la pulpa desechada en el proceso de producción de semillas. Lo mencionado anteriormente se puede revisar en detalle en el capítulo 5.7. Otro factor importante a considerar es que, dentro de la Quinta Región, existen a lo menos 10 empresas que se dedican a la producción de semillas, por lo tanto, el proyecto generaría un impacto positivo en el rubro y en la región, ya que se podría expandir el proyecto en los distintos campos de producción.

BIBLIOGRAFÍA

Alimentación Sana . (2004). Obtenido de www.alimentacion-sana.org:

<http://www.alimentacion-sana.org/informaciones/novedades/tomate2.htm>

Ballesteros Godoy, M. C. (2017). *Desarrollo de un producto derivado del tomate y su proceso de transformación en la finca productora*.

Cardona, E., & Rios, L. (2006). Extracción del carotenoide licopeno del tomate chonto. *scielo.org.*, 10.

Carla Carvajal Rivera. (2013). *Estudio de Factibilidad para la creación de una pequeña empresa productora y comercializadora de salsa de tomate en el Cantón Pimampiro*. Ibarra - Ecuador.

Casierra-Posada, F., & Aguilar Avendaño, O. (2008). Calidad en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum*L.) cosechados en diferentes estados de madurez. *Revistas.unal.edu.co*, 8.

CEMA, A. C. (2009). *Screw Conveyor for Bulk Materials*. Florida USA.

Codex Alimentarius STAN 57. (1981). *Norma para el concentrado de tomate elaborado*.

Duarte Gabriel. (04 de 03 de 2010). *Definicion ABC*. Obtenido de www.definicionabc.com:
<https://www.definicionabc.com/?s=tomate>

Franco , D. (2006). *alimentosargentinos.gob.ar*. Obtenido de
http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/revista/ediciones/47/cadenas/r47_06_TomateIndustrializado.pdf

Garcia, C., Chacón, G., & Molina, M. (2011). *Evaluación de la vida útil de una pasta de tomate* . San José, Costa Rica.

Garcia-Alonso, J., Jacob, K., Olivares, A. B., Bernal, M., & Dolores, M. (2009). *Bioactive compounds, folates and antioxidant properties of tomatoes (*Lycopersicum esculentum*) during vine ripening*. International Journal of Food Science and Nutrition.

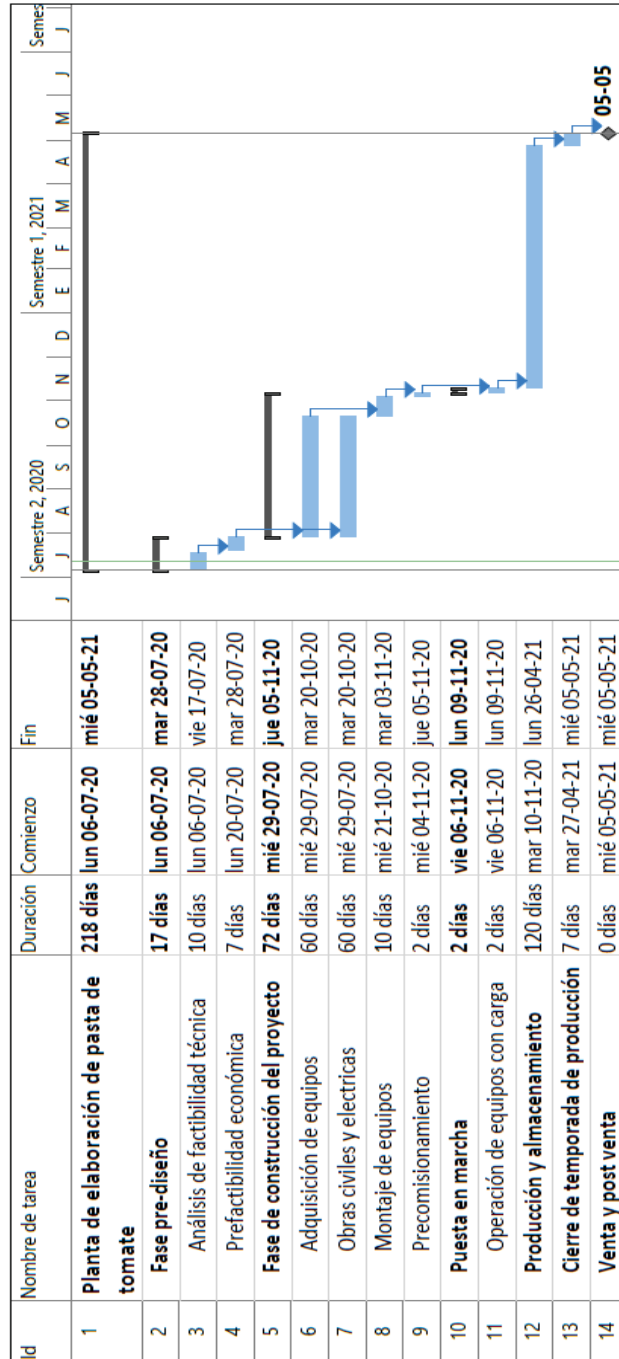
- Manuel Pérez. (2007). *Prototipo de Tornillo de Transporte para Fluidos Granulares Hiperconcentrados*. Caracas.
- Martin Conveyor Engineering. (2007). *Procedimiento para diseño de transportadores de tornillos Helicoidales* .
- Meliza Saucedo. (2014). *Reporte de la descomposición del tomate*. Obtenido de https://es.slideshare.net/melisaahdzsaucedo/reporte-de-la-descomposicin-del-tomate?next_slideshow=1
- Nieman DC, C. C. (s.f.). *MedlinePlus*. Obtenido de <https://medlineplus.gov/spanish/druginfo/natural/554.html>
- Ochoa-Reyes, E., Ornelas-Paz, J., Ruiz-Cruz, S., Ibarra-Junquera, V., Pérez-Martínez, J., Guevara-Arauz, J., & N. Aguilar, C. (s.f.). *biotecnia.unison*. . Obtenido de <http://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/view/148>
- Odepa, M. d. (2015). *El mercado del tomate para consumo fresco* .
- Osorio Orellana, D. (2018). *Estudio, Puesta en marcha y Proposición para un transportador de tornillo*. Valparaíso.
- Palomo G, I., Fuente Q, E., Carrasco S, G., Gonzales R, D., & Moore-Carrasco , R. (2010). Actividad antioxidante, Hipolipemiente y antiplaquetaria del tomate. *Revista Chile Nutrición*, 10.
- Periago, M. J., Martinez-Valdeverde, I., Ros, G., Martinez, C., & López, G. (2001). Propiedades químicas, biológicas y valor nutritivo del licopeno. *revistas.um.es*, 16.
- Philip, K., & Armstrong, G. (2008). *Fundamentos de Marketing*. North Carolina: Edgar Montes.
- Tapia Cruz, B. (2001). *Odepa.gob.cl*. Obtenido de <https://www.odepa.gob.cl/publicaciones/articulos/perspectivas-para-el-tomate-2001>
- Tomic, Tonci;. (1990). *La agroindustria de la pasta de tomate para la exportación en Chile*.

Valenzuela Molina, M. S. (2018). *Asesorías Agroalimentarias y Comercio Internacional*. ODEPA, Ministerio de Agricultura.

Valenzuela Molina, M. S. (2018). *Caracterización económica de la cadena agroalimentaria del tomate de uso industrial*. ODEPA, Ministerio de Agricultura.

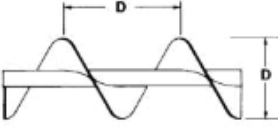
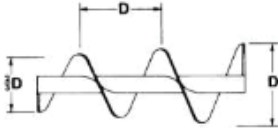
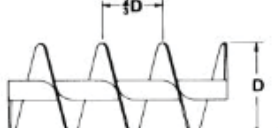
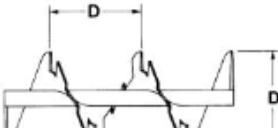
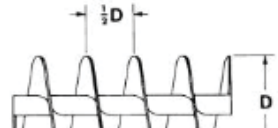
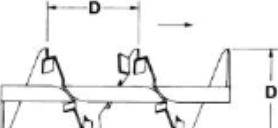
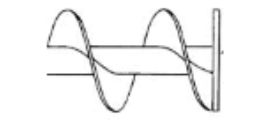
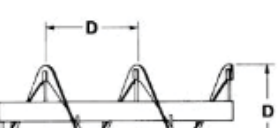
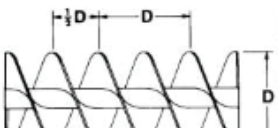
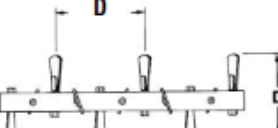
ANEXOS

Anexo A: Carta Gantt de la fase constructiva y operativa del proyecto.

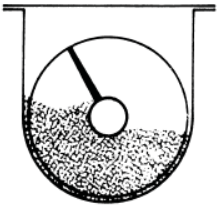
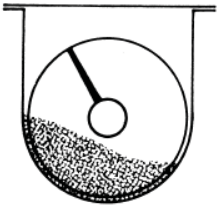
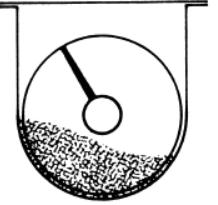
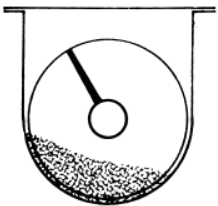


Fuente: Autor

Anexo B: Tabla de helicoidales.

Paso Estándar, Helicoidal Sencillo  Los helicoidales con paso igual al diámetro son considerados estándar. Son adecuados para manejar una gran variedad de materiales en la mayoría de las aplicaciones convencionales.	Cónico, Paso Estándar, Helicoidal Sencillo  Los alabes del helicoidal se incrementan de $\frac{2}{3}$ hasta el diámetro total. La principal aplicación es en alimentadores helicoidales para permitir el manejo uniforme de materiales con partículas de gran tamaño. Son equivalentes en su operación pero más económicos que los de paso variable. Cotizado de acuerdo a la aplicación.
Paso Corto, Helicoidal Sencillo  El paso del helicoidal se reduce a $\frac{2}{3}$ del diámetro. Se recomienda para aplicaciones inclinadas o verticales. Se utilizan en alimentadores helicoidales. El paso corto reduce el flujo de los materiales que tienden a fluidizarse.	Helicoidal con Corte, Paso Estándar  Los helicoidales se recortan a intervalos regulares en el extremo exterior. Favorece el efecto de mezclado y agitación del material en tránsito. Es muy útil para mover materiales que tienden a compactarse.
Medio Paso, Helicoidal Sencillo  Es similar al paso corto excepto que el paso se reduce a la mitad del paso estándar. Es muy útil para aplicaciones inclinadas o verticales, en alimentadores helicoidales y para manejar materiales extremadamente fluidos.	Helicoidal con Corte y Doble, Paso Estándar  Los segmentos doblados en el helicoidal, levantan y derraman el material. El flujo retardado parcialmente favorece un minucioso mezclado. Es excelente para calentar, enfriar o airear substancias ligeras.
Disco en el Extremo del Helicoidal  Cotizado de acuerdo a la aplicación. El disco es del mismo diámetro del helicoidal y soldado al tubo del helicoidal en el extremo de descarga. Desde luego gira con el helicoidal y ayuda a mantener el material de descarga lejos del sello.	Helicoidal de Listón  Cotizado de acuerdo a la aplicación. Son excelentes para transportar materiales pegajosos. El espacio abierto entre el helicoidal y el tubo evita que el material se acumule y se incruste.
Helicoidal Sencillo de Paso Variable  Cotizado de acuerdo a la aplicación. Los helicoidales tienen un paso que se incrementa. Se utilizan en alimentadores helicoidales para manejar uniformemente materiales finos que fluyen libremente, a todo lo largo de la abertura de alimentación.	Paso Estándar con Paletas  Las paletas ajustables se colocan en el helicoidal en posición opuesta al flujo para tener un mezclado suave pero minucioso del material transportado.
Doble Helicoidal, Paso Estándar  Los helicoidales dobles de paso estándar permiten que ciertos tipos de materiales fluyan suave y uniformemente.	Paletas  Las paletas ajustables proporcionan una acción de mezclado total y de flujo controlado del material.

Anexo C: Carga de artesa

Carga de Artesa		Diámetro del Helicoidal (Pulgadas)	Capacidad Pies Cúbicos por Hora (Paso Completo)		Máx. RPM
			A 1 RPM	A Máx. RPM	
45%		4	0.62	114	184
		6	2.23	368	165
		9	8.20	1270	155
		10	11.40	1710	150
		12	19.40	2820	145
		14	31.20	4370	140
		16	46.70	6060	130
		18	67.60	8120	120
		20	93.70	10300	110
		24	164.00	16400	100
		30	323.00	29070	90
30% A		4	0.41	53	130
		6	1.49	180	120
		9	5.45	545	100
		10	7.57	720	95
		12	12.90	1160	90
		14	20.80	1770	85
		16	31.20	2500	80
		18	45.00	3380	75
		20	62.80	4370	70
		24	109.00	7100	65
		30	216.00	12960	60
30% B		4	0.41	29	72
		6	1.49	90	60
		9	5.45	300	55
		10	7.60	418	55
		12	12.90	645	50
		14	20.80	1040	50
		16	31.20	1400	45
		18	45.00	2025	45
		20	62.80	2500	40
		24	109.00	4360	40
		30	216.00	7560	35
15%		4	0.21	15	72
		6	0.75	45	60
		9	2.72	150	55
		10	3.80	210	55
		12	6.40	325	50
		14	10.40	520	50
		16	15.60	700	45
		18	22.50	1010	45
		20	31.20	1250	40
		24	54.60	2180	40
		30	108.00	3780	35

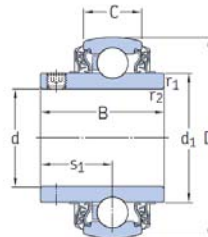
Anexo D: Rodamiento seleccionado

Anexo D-1: Rodamiento SKF Blue line.



Fuente: SKF

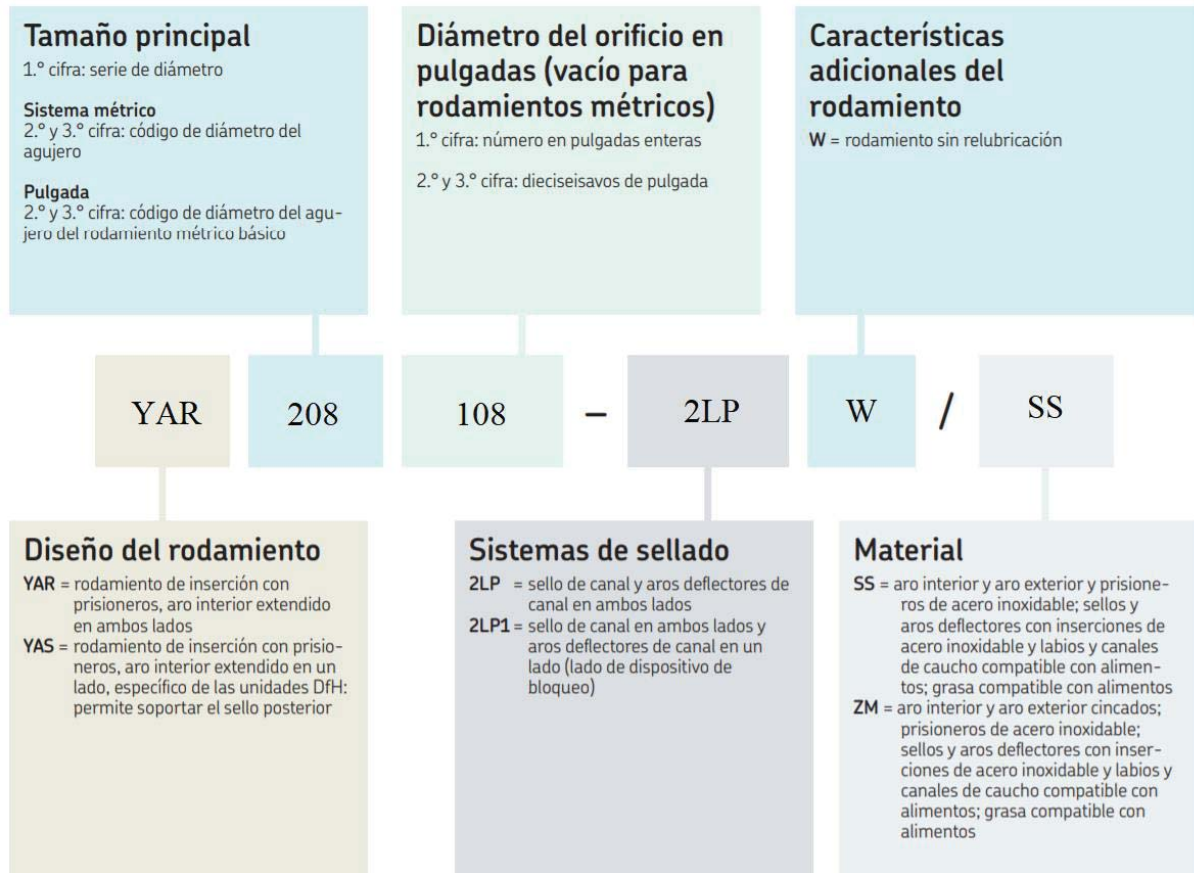
Anexo D-2: Dimensiones y capacidades del rodamiento seleccionado.



Dimensiones principales							Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidad límite con tolerancia de eje h6	Masa	Designación
d	D	B	C	d ₁	s ₁	r _{1,2} min.	C	C ₀	P _u	r. p. m.	lb/kg	–
pulg./mm							lbf/kN		lbf/kN			
1 1/2 38,1	3.15 80	1.94 49,2	0.83 21	2.04 51,8	1.19 30,2	0.04 1	5 550 24,7	4 270 19	180 0,8	2 800	1.45 0,65	YAR 208-108-2LPW/SS

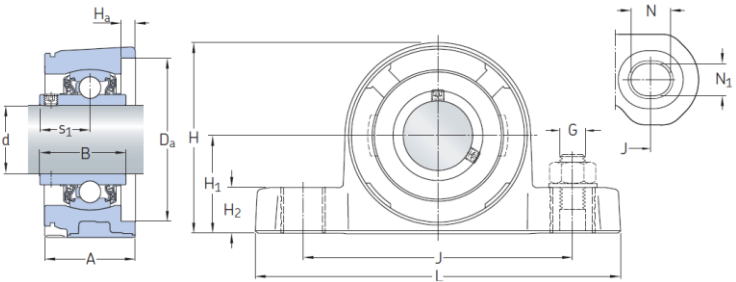
Fuente: SKF

Anexo D-3: Designación del rodamiento



Fuente: Autor con datos de SKF

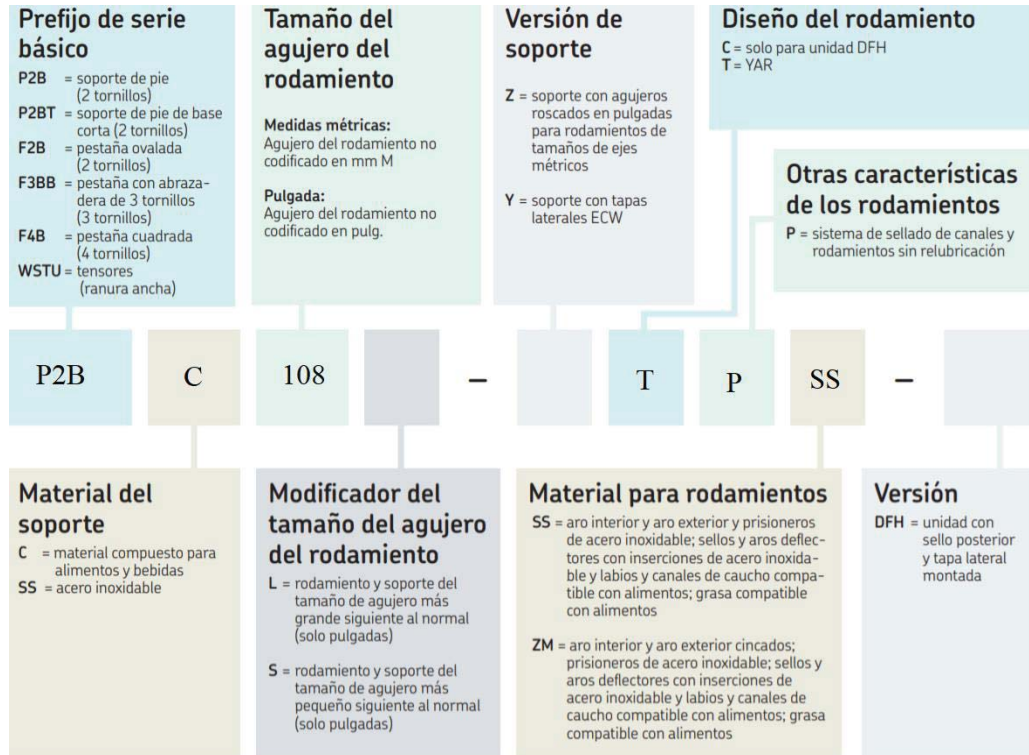
Anexo D-4: Dimensiones y capacidades del pillow block asignado.



Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidad límite con tolerancia de eje h6	Masa	Designaciones	Tapa lateral asociada
d	H ₁	J	C	C ₀	P _u			Unidad de rodamientos	
pulg./mm			lbf/kN		lbf/kN	r. p. m.	lb/kg	—	
1 1/2 38,1	1.937 49,2	5.39 137	5 550 24,7	4 270 19	180 0,8	2 800	2 0,91	P2BC 108-TPSS	ECB 508

Fuente: SKF

Anexo D-5: Designación del pillow block.



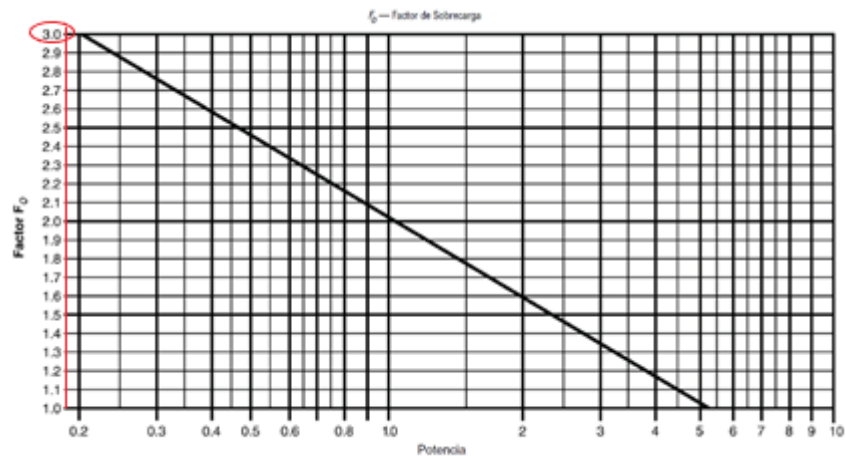
Fuente: Autor con datos de SKF

Anexo E: Factor de eficiencia de las transmisiones

Factor de Eficiencia (e) de las Transmisiones			
Transmisión para Transportador Helicoidal o Montado en Eje con Transmisión de Bandas en "V"	Reductor de Engranajes Helicoidales con Transmisión de Bandas en V y Cople	Motorreductor con Cople	Motorreductor con Transmisión de Cadena
.88	.87	.95	.87

Fuente: Martin Screw Convetor

Anexo F: Gráfico para determinar factor de sobrecarga



Fuente: Martin Screw Conveyor

Anexo G: Resultados análisis de tensión.

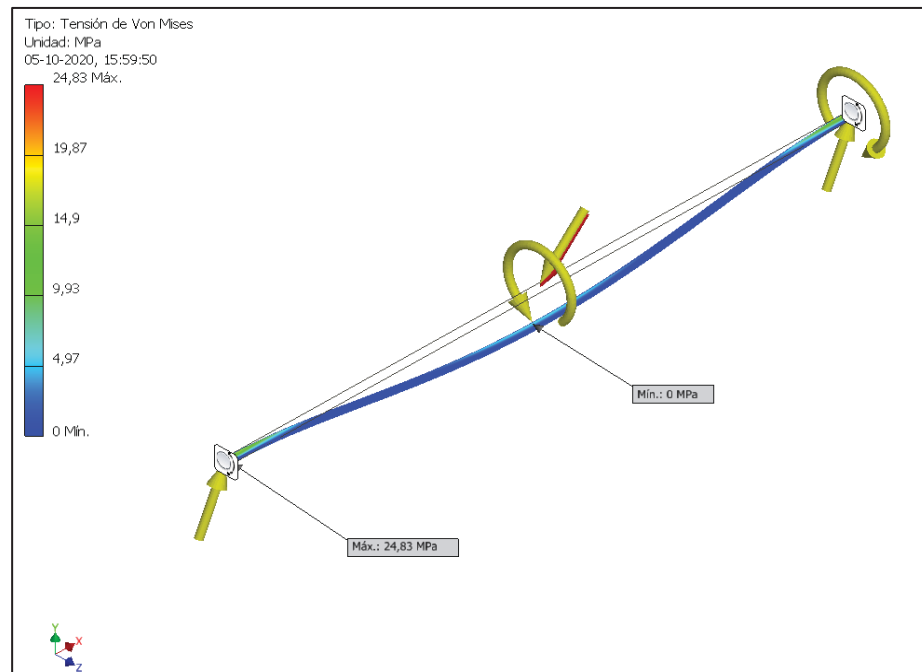
Anexo G1: Condiciones de funcionamiento

Momento:1		Gravedad		Momento:2	
Tipo de carga	Momento	Tipo de carga	Gravedad	Tipo de carga	Momento
Magnitud	3,005 N cm	Magnitud	980,852 cm/s ²	Magnitud	3,005 N cm
Vector X	3,005 N cm	Vector X	-693,567 cm/s ²	Vector X	-3,005 N cm
Vector Y	0,000 N cm	Vector Y	-693,567 cm/s ²	Vector Y	0,000 N cm
Vector Z	0,000 N cm	Vector Z	0,000 cm/s ²	Vector Z	0,000 N cm

Fuerza:1		Fuerza:2	
Tipo de carga	Fuerza	Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	114,636 N	Magnitud	334,879 N
Vector X	-81,060 N	Vector X	142,606 N
Vector Y	-81,060 N	Vector Y	302,998 N
Vector Z	0,000 N	Vector Z	0,000 N

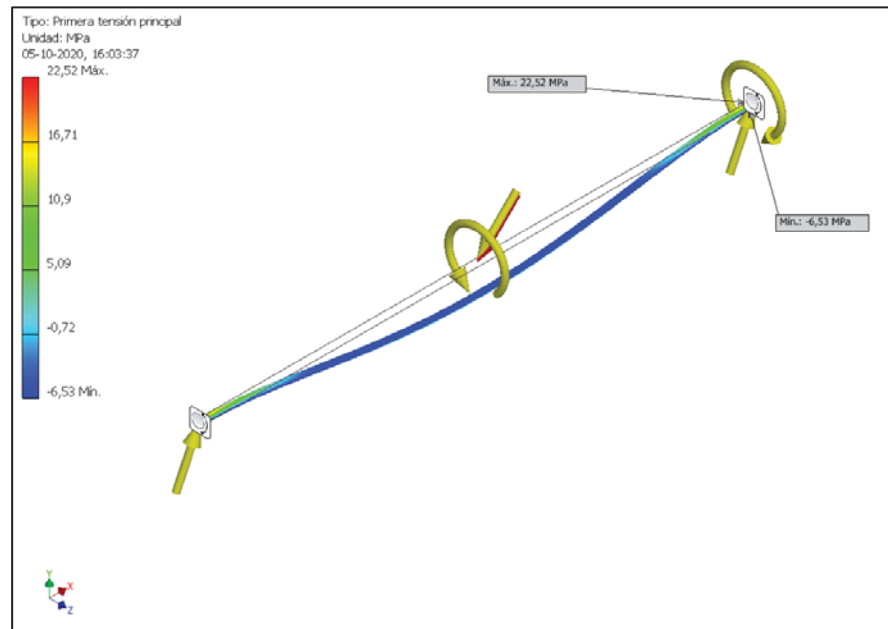
Fuente: Autor.

Anexo G-2: Análisis de Tensión de Von Mises



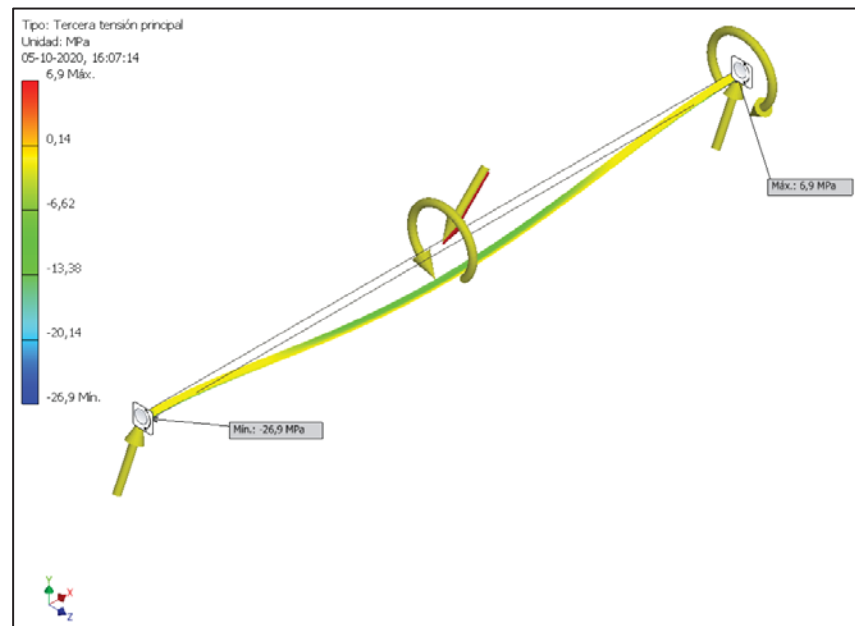
Fuente: Autor.

Anexo G-3: Primera tensión principal.



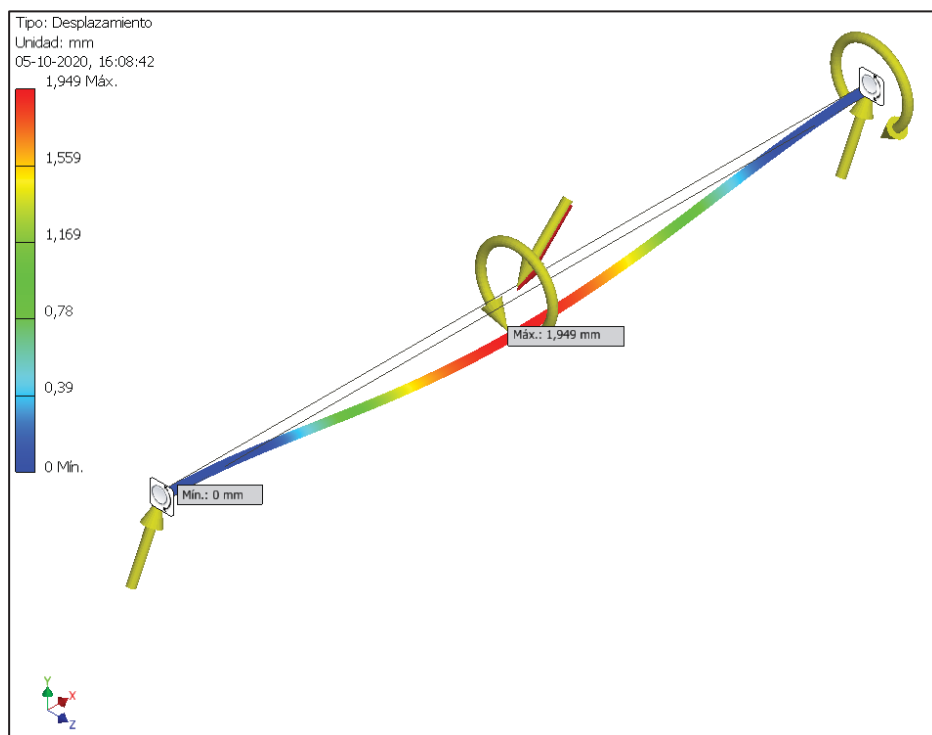
Fuente: Autor.

Anexo G-4: Tercera tensión principal.



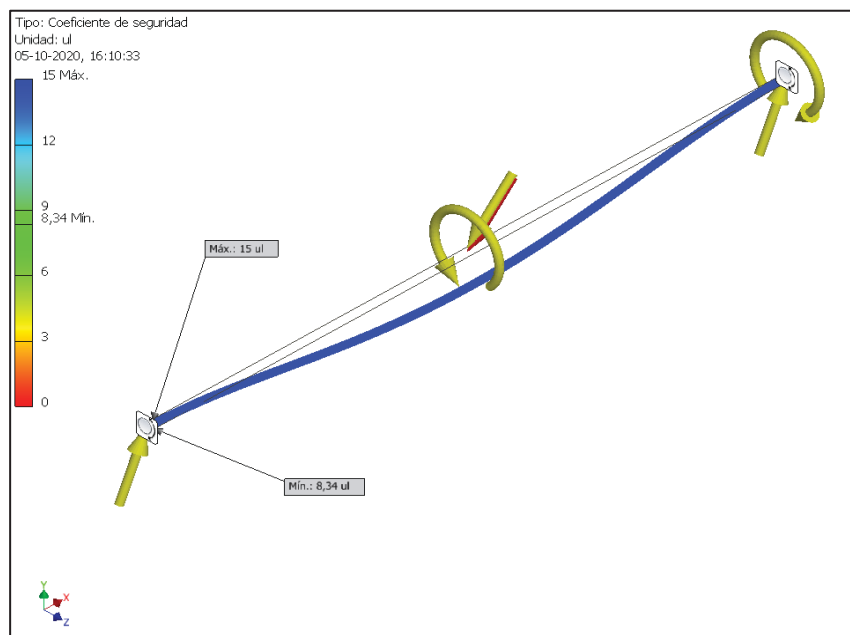
Fuente: Autor.

Anexo G-5: Desplazamiento.



Fuente: Autor.

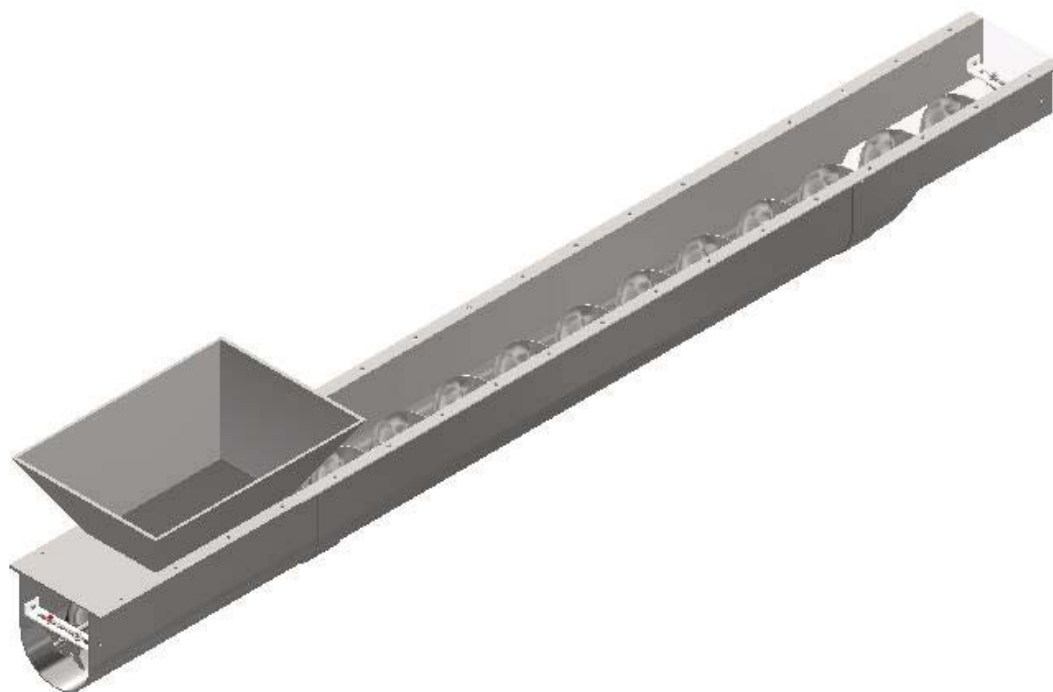
Anexo G-6: Coeficiente de seguridad.



Fuente: Autor.

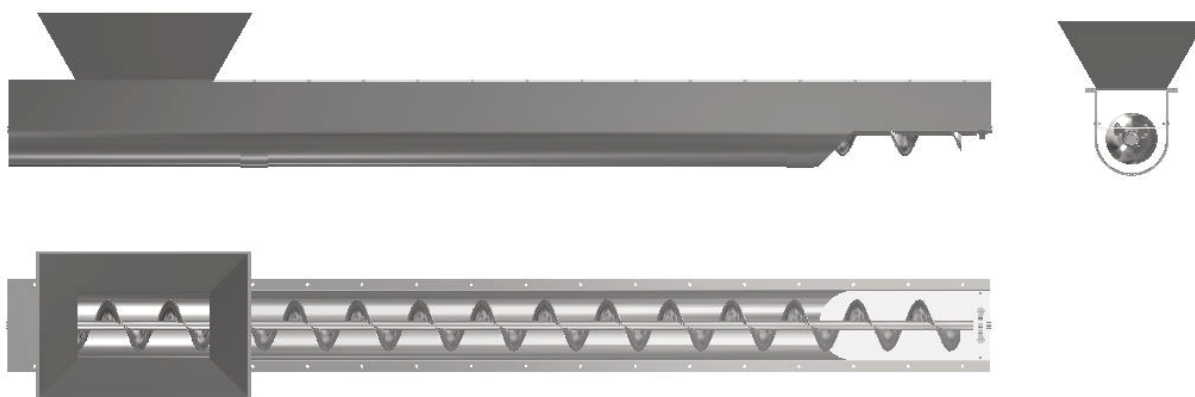
Anexo H: Maqueta realizada en software Autodesk Inventor

Anexo H-1: Diseño de tornillo helicoidal en software Autodesk Inventor



Fuente: Autor

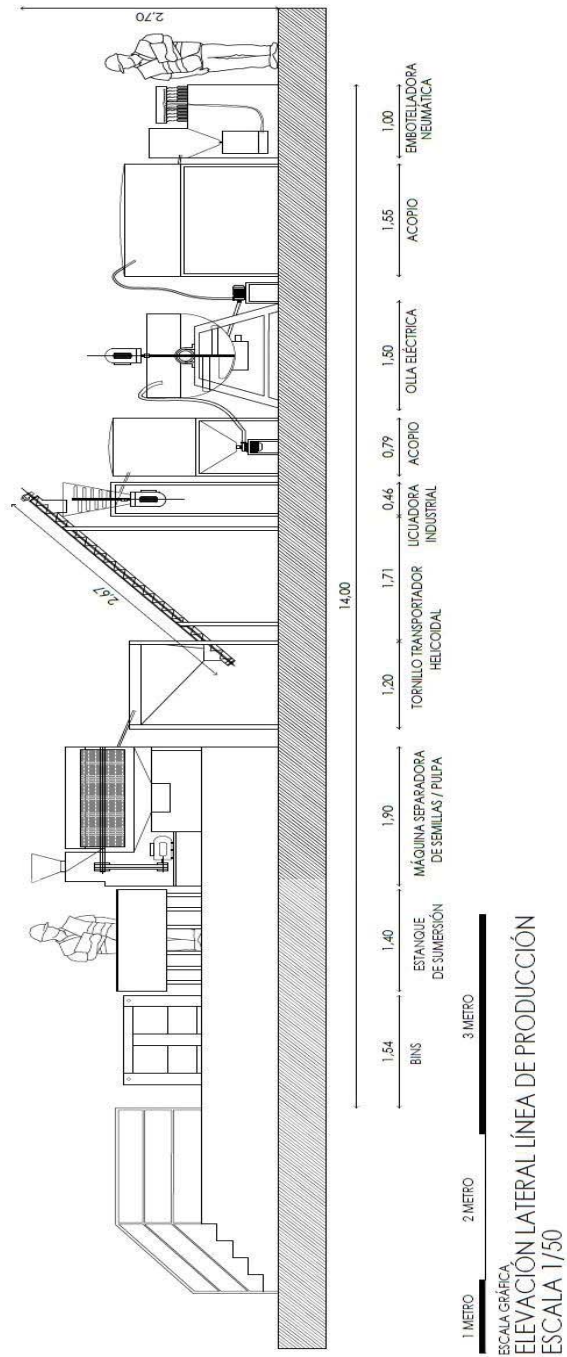
Anexo H-2: Imagen de tornillo transportador helicoidal en software Autodesk Inventor



Fuente: Autor

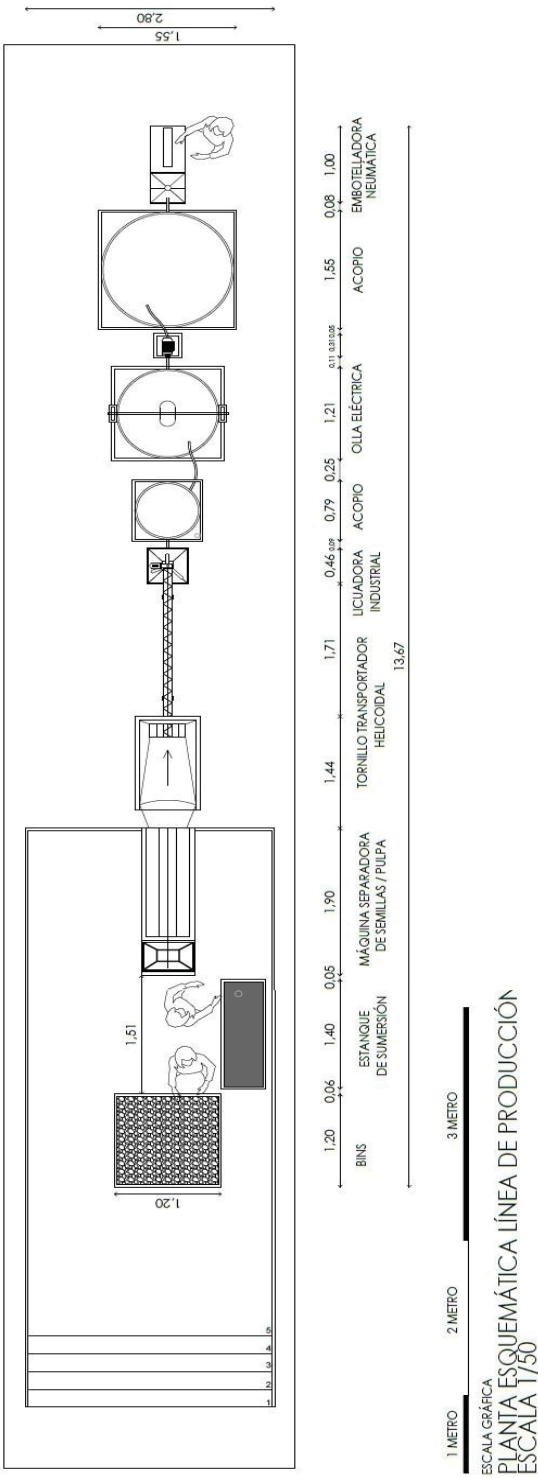
Anexo I: Distribución de la planta de elaboración de pasta.

**Anexo I-1: Plano en vista frontal de la planta de elaboración de pasta de tomate,
diseñado en Autocad.**



IFuente: Autor

Anexo I-2: Layout de la planta de elaboración de pasta de tomate diseñado en Autocad.



Fuente: Autor

Anexo J: Lista de equipamiento e inversión

MUEBLES		Costo en \$	Costo en U.F
1	Estantería Repisas Industrial 2x0,6x2 [m] x 6 unid	720.000	25,10
2	Mesón Mural Acero Inoxidable 210x60 x 2 unid	260.000	9,06
3	Estantes artículos personales	120.000	4,18
7	Mesón industrial inoxidable	400.000	13,95
Total		1.500.000	52,30
INSUMOS		Costo en \$	Costo en U.F
1	Botellas de vidrio con tapa 1[l]	2.280.000	79,49
2	Buzos tyvek 100 unidades	90.000	3,14
3	Guantes nitrilo 100 unidades	35.000	1,22
4	Etiquetas adhesivas 1000 unidades	120.000	4,18
5	Polietileno termo encogible 20 [in] x 750 [m]	60.000	2,09
6	Gorro de redecilla 100 unidades	5.000	0,17
7	Cubre calzado desechable 100 unidades	5.000	0,17
8	Bolsas plásticas de HD 3 [L] 1000 unidades	200.000	6,97
9	Cajas de cartón 50x50x80 500 unidades	75.000	2,61
10	Cajas de cartón 70x100x80 500 unidades	100.000	3,49
11	Jabón industrial 5 [l]	8.000	0,28
12	Esterilizador vidrio 5 [l] x 20 unidades	120.000	4,18
13	Sanitizante desinfectante 5 [l] x 20 unidades	80.000	2,79
14	Desinfectante frutas y verduras (DFV) 5 [l] x 20 unidades	80.000	2,79
15	Gastos no contabilizados	500.000	17,43
Total		3.758.000	131,02
LINEA BLANCA		Costo en \$	Costo en U.F
1	Microondas	55.000	1,92
2	Campana Extractora acero inox 200x100 [cm]	320.000	11,16
3	Pistola de calor	48.000	1,67
4	Refrigerador	230.000	8,02
5	Refractómetro industrial 3 unidades	180.000	6,28
6	Congeladora horizontal 600 [l]	450.000	15,69
Total		1.283.000	44,73
COMPUTACION		Costo en \$	Costo en U.F
1	Notebook	250.000	8,72
2	Impresora	40.000	1,39
Total		290.000	10,11
EQUIPOS		Costo en \$	Costo en U.F
1	Olla Industrial Eléctrica 250 [l]	3.900.000	135,97
2	Licuada industrial 25 [l]	437.000	15,24
3	Estanque de acero inoxidable 250 [l]	600.000	20,92
3	Esterilizador de botellas	450.000	15,69

5	Batea de acero inoxidable 300 [l]	180.000	6,28
6	Tapadora semiautomática para tapa rosca 30-90 cm	150.000	5,23
7	Transpaleta de tijera 1000 kg	500.000	17,43
8	Llenadora botellas de 4 boquillas	1.100.000	38,35
9	Tornillo transportador helicoidal	650.000	22,66
10	Balanza Plataforma para Bins y Pallet 5TON	300.000	13,95
Total		8.267.000	288,22
SANITARIOS		Costo en \$	Costo en U.F
1	Baños y camarines	2.000.000	69,73
Total		2.000.000	69,73
INFRAESTRUCTURA		Costo en \$	Costo en U.F
1	Galpón de 120 m ²	8.000.000	278,91
2	Losa de hormigón	2.000.000	69,73
3	Redes de agua	1.200.000	41,84
4	Sistema eléctrico	1.500.000	52,30
Total		12.700.000	442,77
EQUIPAMIENTO GENERAL		Costo en \$	Costo en U.F
1	Botiquín	15.000	0,52
2	Extintor 6 Kg. PQS.	35.000	1,22
3	Luces de emergencia	60.000	2,09
4	Basureros 120 [l] x 4 unid	140.000	4,88
5	Espejos murales baño	15.000	0,52
6	Mesa	40.000	1,39
7	Sillas	25.000	0,87
Total		330.000	11,51
VEHICULOS		Costo en \$	Costo en U.F
1	Peugeot Partner	4.000.000	139,46
2	Costos legales	120.000	4,19
Total		4.000.000	139,46
INVERSIÓN		34.248.000	1.189,83

Anexo K: Tabla de vida útil para bienes físicos del activo SII.

NÓMINA DE BIENES SEGUN ACTIVIDADES	NUEVA VIDA ÚTIL NORMAL	DEPRECIACIÓN ACCELERADA
A.- ACTIVOS GENÉRICOS		
1) Construcciones con estructuras de acero, cubierta y entrepisos de perfiles acero o losas hormigón armado.	80	26
2) Edificios, casas y otras construcciones, con muros de ladrillos o de hormigón, con cadenas, pilares y vigas hormigón armado, con o sin losas.	50	16
3) Edificios fábricas de material sólido albañilería de ladrillo, de concreto armado y estructura metálica.	40	13
4) Construcciones de adobe o madera en general.	30	10
5) Galpones de madera o estructura metálica.	20	6
6) Otras construcciones definitivas (ejemplos: caminos, puentes, túneles, vías férreas, etc.).	20	6
7) Construcciones provisorias.	10	3
8) Instalaciones en general (ejemplos: eléctricas, de oficina, etc.).	10	3
9) Camiones de uso general.	7	2
10) Camionetas y jeeps.	7	2
11) Automóviles	7	2
12) Microbuses, taxibuses, furgones y similares.	7	2
13) Motos en general.	7	2
14) Remolques, semirremolques y carros de arrastre.	7	2
15) Maquinarias y equipos en general.	15	5
16) Balanzas, hornos microondas, refrigeradores, conservadoras, vitrinas refrigeradas y cocinas.	9	3
17) Equipos de aire y cámaras de refrigeración.	10	3
18) Herramientas pesadas.	8	2
19) Herramientas livianas.	3	1
20) Letreros camineros y luminosos.	10	3
21) Útiles de oficina (ejemplos: máquina de escribir, fotocopidora, etc.).	3	1
22) Muebles y enseres.	7	2
23) Sistemas computacionales, computadores, periféricos, y similares (ejemplos: cajeros automáticos, cajas registradoras, etc.).	6	2
24) Estanques	10	3
25) Equipos médicos en general.	8	2
26) Equipos de vigilancia y detección y control de incendios, alarmas.	7	2
27) Envases en general.	6	2
28) Equipo de audio y video.	6	2
29) Material de audio y video.	5	1

REFERENCIAS

- Alimentación Sana* . (2004). Obtenido de www.alimentacion-sana.org:
<http://www.alimentacion-sana.org/informaciones/novedades/tomate2.htm>
- Ballesteros Godoy, M. C. (2017). *Desarrollo de un producto derivado del tomate y su proceso de transformación en la finca productora*.
- Cardona, E., & Rios, L. (2006). Extracción del carotenoide licopeno del tomate chonto. *scielo.org.*, 10.
- Carla Carvajal Rivera. (2013). *Estudio de Factibilidad para la creación de una pequeña empresa productora y comercializadora de salsa de tomate en el Cantón Pimampiro*. Ibarra - Ecuador.
- Casierra-Posada, F., & Aguilar Avendaño, O. (2008). Calidad en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum*L.) cosechados en diferentes estados de madurez. *Revistas.unal.edu.co*, 8.
- CEMA, A. C. (2009). *Screw Conveyor for Bulk Materials*. Florida USA.
- Codex Alimentarius STAN 57. (1981). *Norma para el concentrado de tomate elaborado*.
- Duarte Gabriel. (04 de 03 de 2010). *Definicion ABC*. Obtenido de www.definicionabc.com:
<https://www.definicionabc.com/?s=tomate>
- Franco , D. (2006). *alimentosargentinos.gob.ar*. Obtenido de
http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/revista/ediciones/47/cadenas/r47_06_TomateIndustrializado.pdf
- Garcia, C., Chacón, G., & Molina, M. (2011). *Evaluación de la vida útil de una pasta de tomate* . San José, Costa Rica.
- Garcia-Alonso, J., Jacob, K., Olivares, A. B., Bernal, M., & Dolores, M. (2009). *Bioactive compounds, folates and antioxidant properties of tomatoes (Lycopersicum esculentum) during vine ripening*. International Journal of Food Science and Nutrition.

Manuel Pérez. (2007). *Prototipo de Tornillo de Transporte para Fluidos Granulares Hiperconcentrados*. Caracas.

Martin Conveyor Engineering. (2007). *Procedimiento para diseño de transportadores de tornillos Helicoidales* .

Meliza Saucedo. (2014). *Reporte de la descomposición del tomate*. Obtenido de https://es.slideshare.net/melisaahdzsaucedo/reporte-de-la-descomposicin-del-tomate?next_slideshow=1

Nieman DC, C. C. (s.f.). *MedlinePlus*. Obtenido de <https://medlineplus.gov/spanish/druginfo/natural/554.html>

Ochoa-Reyes, E., Ornelas-Paz, J., Ruiz-Cruz, S., Ibarra-Junquera, V., Pérez-Martínez, J., Guevara-Arauza, J., & N. Aguilar, C. (s.f.). *biotecnia.unison*. . Obtenido de <http://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/view/148>

Odepa, M. d. (2015). *El mercado del tomate para consumo fresco* .

Osorio Orellana, D. (2018). *Estudio, Puesta en marcha y Proposición para un transportador de tornillo*. Valparaíso.

Palomo G, I., Fuente Q, E., Carrasco S, G., Gonzales R, D., & Moore-Carrasco , R. (2010). Actividad antioxidante, Hipolipemiente y antiplaquetaria del tomate. *Revista Chile Nutrición*, 10.

Periago, M. J., Martinez-Valdeverde, I., Ros, G., Martinez, C., & López, G. (2001). Propiedades químicas, biológicas y valor nutritivo del licopeno. *revistas.um.es*, 16.

Philip, K., & Armstrong, G. (2008). *Fundamentos de Marketing*. North Carolina: Edgar Montes.

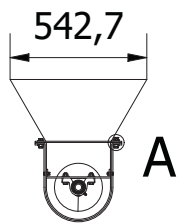
Tapia Cruz, B. (2001). *Odepa.gob.cl*. Obtenido de <https://www.odepa.gob.cl/publicaciones/articulos/perspectivas-para-el-tomate-2001>

Tomic, Tonci;. (1990). *La agroindustria de la pasta de tomate para la exportación en Chile*.

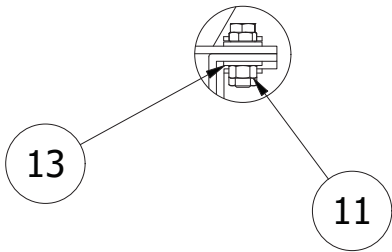
Valenzuela Molina, M. S. (2018). *Asesorías Agroalimentarias y Comercio Internacional*. ODEPA, Ministerio de Agricultura.

Valenzuela Molina, M. S. (2018). *Caracterización económica de la cadena agroalimentaria del tomate de uso industrial*. ODEPA, Ministerio de Agricultura.

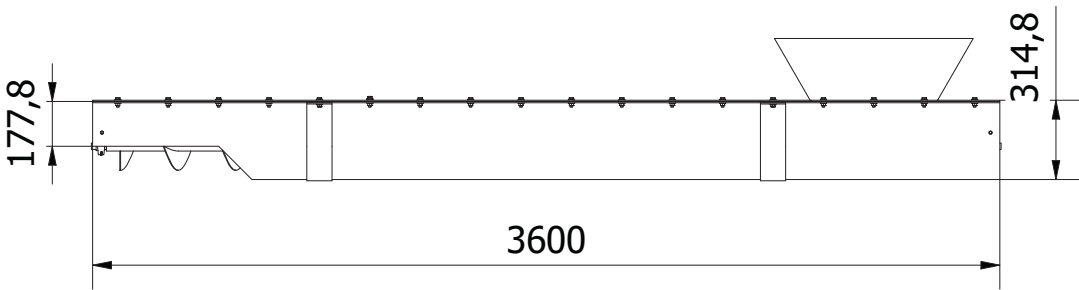
Vista Frontal
Escala (1 : 30)



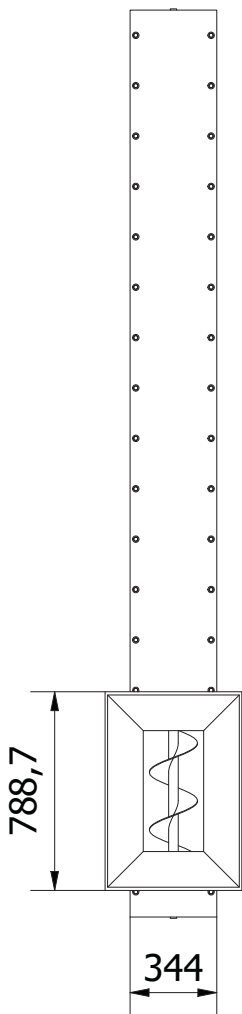
Detalle A
Escala (1 : 5)



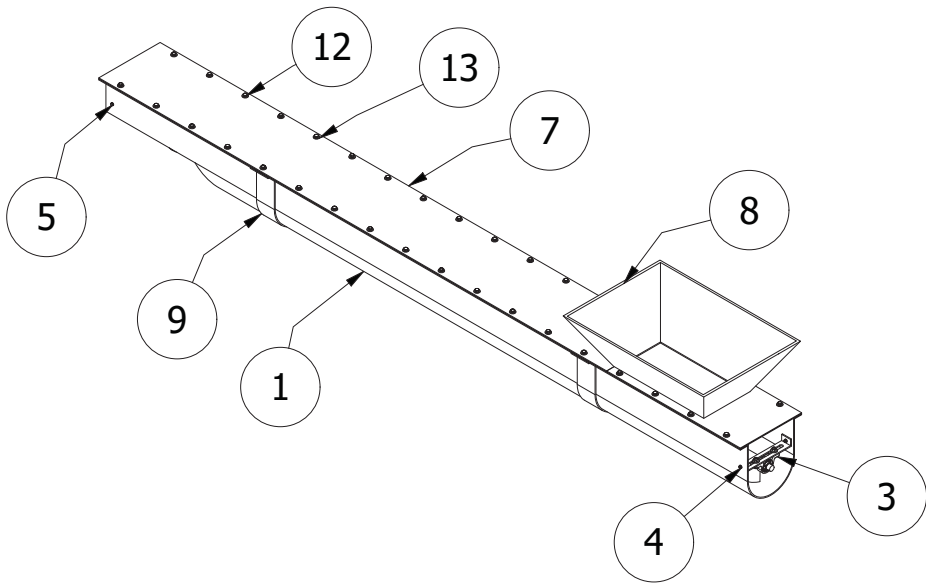
Vista Lateral
Escala (1 : 30)



Vista Superior
Escala (1 : 30)



Vista Isométrica
Escala (1 : 30)



Notas de montaje:

- 1. Utilizar Elemento 1 como base para iniciar el proceso de montaje.
- 2. Antes del montaje en el lugar de trabajo se deben ensamblar los Elementos 2 y 3 al Elemento 1 según se indica.
- 3. Una vez en terreno, se deben acomodar los Elementos 9 en las bases de apoyo dispuestas en el lugar.
- 4. Sobre los Elementos 9 recién posicionados se debe colocar el ensamble de Elementos 1, 2 y 3 realizados con antelación, luego ensamblar con pernos según se indica.
- 5. Posicionar, y posteriormente ensamblar, Elementos 7 y 8 según corresponda.

Notas:

- 1. Cotas en milímetros (S.I.C).
- 2. Aplicar Tolerancias Generales Dimensionales ISO 2768-mH.
- 3. Todos los agujeros pasantes (S.I.C).
- 4. Tabla de materiales en documento 4.
- 5. Considerar detalles del Elemento 3 en doc. 3.



FIRMA CLIENTE:

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA - PUCV

DIBUJÓ: C. STRANGE 12-09-2020

PROYECTO: Tornillo Helicoidal

REVISÓ:

TÍTULO: Plano General

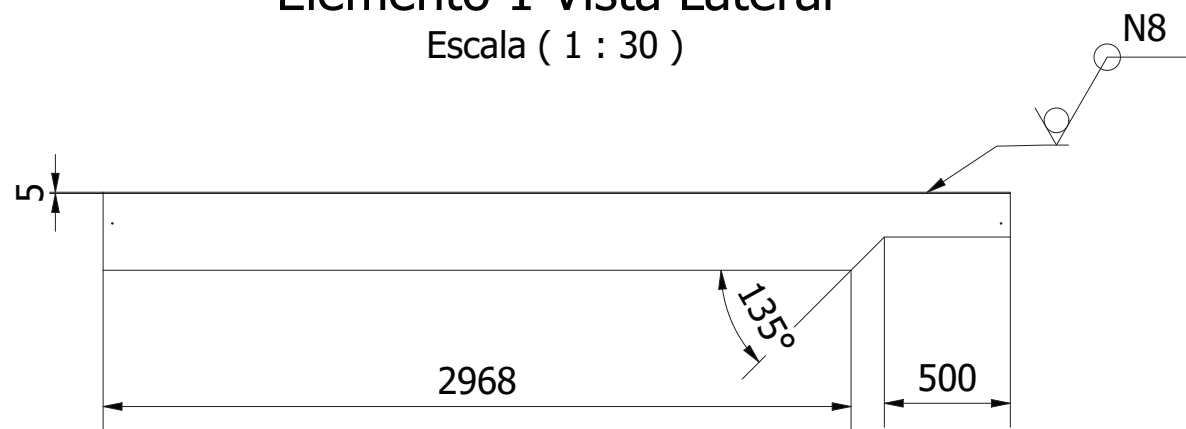
APROBÓ:

TAMAÑO: A3
REV. 01
ESCALA: 1 : 30

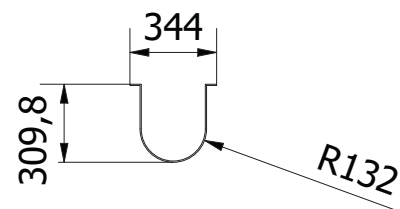
Nº PLANO: Plano 01

PÁGINA: 4

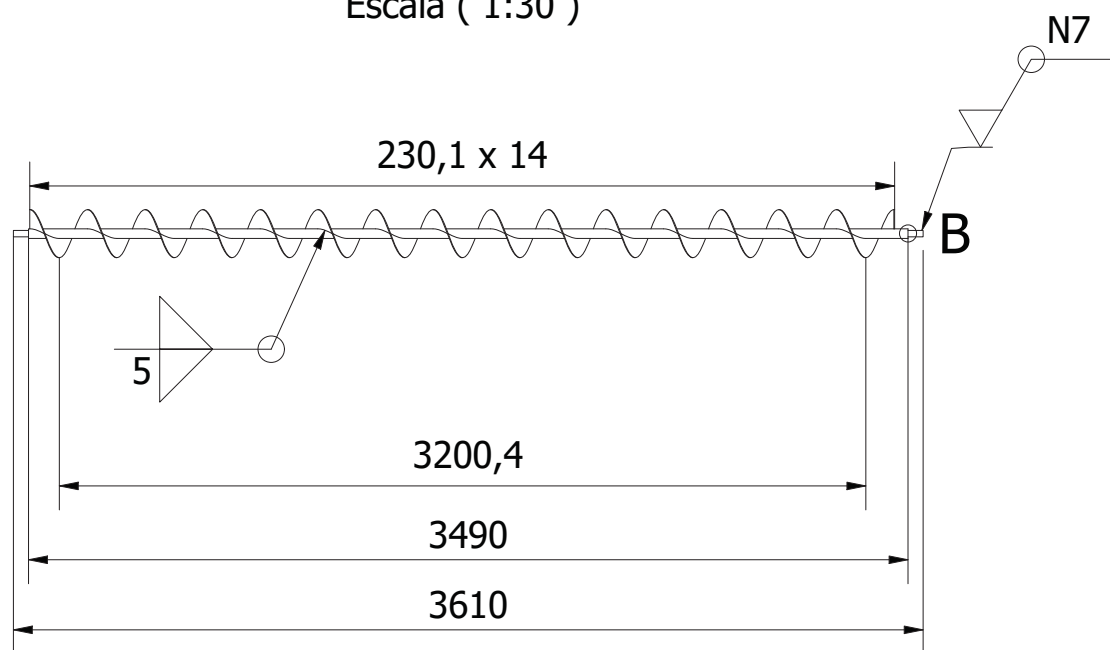
Elemento 1 Vista Lateral
Escala (1 : 30)



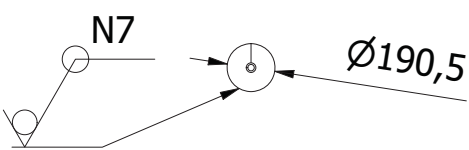
Elemento 1 Vista Frontal
Escala (1 : 30)



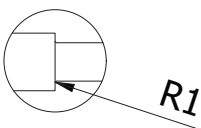
Elemento 2 Vista Lateral
Escala (1:30)



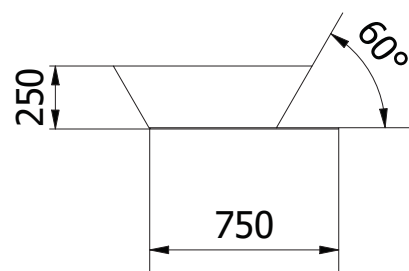
Elemento 2 Vista Frontal
Escala (1:30)



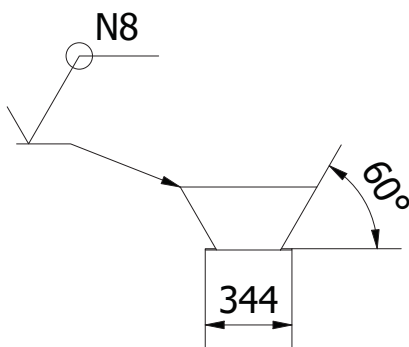
Detalle B
Escala (1 : 5)



Elemento 8 Vista Lateral
Escala (1 : 30)



Elemento 8 Vista Frontal
Escala (1 : 30)

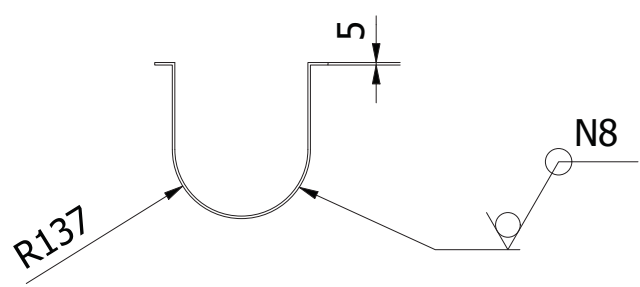


Notas:

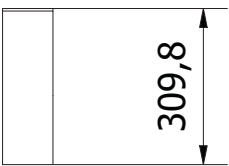
1. Cotas en milímetros (S.I.C).
2. Aplicar Tolerancias Generales Dimensionales ISO 2768-mH.
3. Todos los agujeros pasantes (S.I.C).

	FIRMA CLIENTE:			ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA - PUCV	
	DIBUJÓ: C. STRANGE		12-09-2020	PROYECTO: Tornillo Helicoidal	
	REVISÓ:				
	APROBÓ:			TÍTULO: Elementos Principales 1	
	TAMAÑO: A3	REV. 01	ESCALA: 1:30		

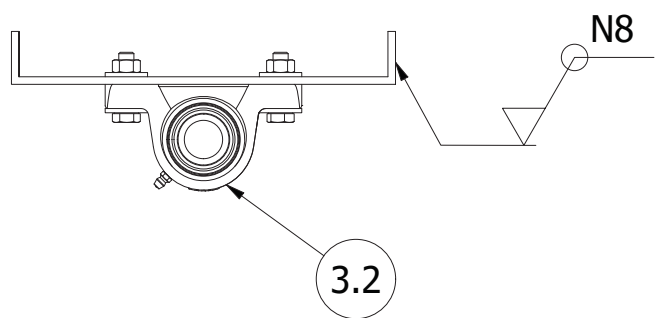
Elemento 9 Vista Frontal
Escala (1 : 15)



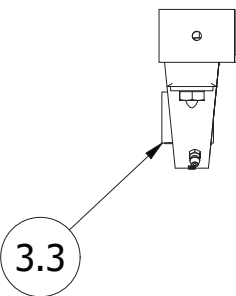
Elemento 9 Vista Lateral
Escala (1 : 15)



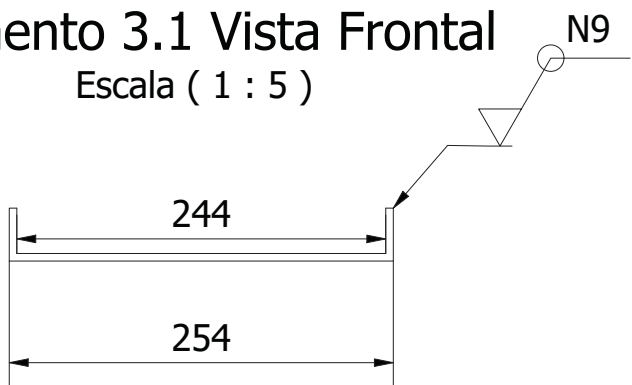
Elemento 3 Vista Frontal
Escala (1 : 5)



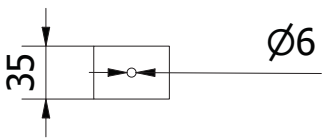
Elemento 3 Vista Lateral
Escala (1 : 5)



Elemento 3.1 Vista Frontal
Escala (1 : 5)



Elemento 3.1 Vista Lateral
Escala (1 : 5)



Notas:

1. Cotas en milímetros (S.I.C).
2. Aplicar Tolerancias Generales Dimensionales ISO 2768-mH.
3. Todos los agujeros pasantes (S.I.C).
4. Elemento 3.2 es comercial, para este diseño se consideró modelo YAR 208-108-2LPW/SS del catálogo SKF de rodamientos.
5. Elemento 3.3 es comercial, para este diseño se consideró modelo P2BC 108-TPSS del catálogo SKF de soporte para rodamientos.

	FIRMA CLIENTE:			ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA - PUCV	
	DIBUJÓ: C. STRANGE	12-09-2020	PROYECTO:	Tornillo Helicoidal	
	REVISÓ:			TÍTULO: Elementos Principales 2	
	APROBÓ:		Nº PLANO:	Plano 03	
	TAMAÑO: A3	REV. 01		PÁGINA: 4	
	ESCALA: 1 : 15				

Peso Total: 253,126 kg.

13	72	ANSI B18.22M - 12 N	ANSI B18.22M	Acero, suave	Arandelas métricas planas	0,008 kg	
12	36	AS 1110 - M10 x 30	AS 1110	Acero, suave	Pernos y tornillos métricos ISO de precisión de cabeza hexagonal	0,029 kg	
11	36	AS 1112 - M10 Tipo 5	AS 1112	Acero, suave	Tuercas hexagonales ISO métricas, incluidas tuercas delgadas, tuercas ranuradas y tuercas entalladas	0,011 kg	
9	2	Base apoyo		Acero inoxidable		3,344 kg	
8	1	Tolva entrada		Acero, suave		49,384 kg	
7	1	Tapa superior		Acero, carbono		38,367 kg	
6	4	AS 1112 - M6 Tipo 5	AS 1112	Acero, suave	Tuercas hexagonales ISO métricas, incluidas tuercas delgadas, tuercas ranuradas y tuercas entalladas	0,003 kg	
5	4	AS 1110 - M6 x 20	AS 1110	Acero, suave	Pernos y tornillos métricos ISO de precisión de cabeza hexagonal	0,007 kg	
4	8	ANSI B18.22M - 6 N	ANSI B18.22M	Acero, suave	Arandelas métricas planas	0,001 kg	
3	2	Ensamblaje Soporte				1,413 kg	Ver detalle en doc. 3
2	1	Hélice		Acero inoxidable		42,168 kg	
1	1	Canalón		Acero inoxidable		111,629 kg	
Nº de Orden	Cantidad (Cant.)	Denominación	Norma dibujo	Material	Semi-producto	Peso (kg.)	Observaciones

	FIRMA CLIENTE:			ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA - PUCV			
	DIBUJÓ: C. STRANGE		12-09-2020	PROYECTO: Tornillo Helicoidal			
	REVISÓ:			TÍTULO: Tabla de Materiales			
	APROBÓ:						
	TAMAÑO: A3	REV. 01	ESCALA:	Nº PLANO: Plano 04		PÁGINA: 4	