



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**DISEÑO E INSTALACIÓN DE UNA
PLANTA MODULAR DE ENVASADO
DE ACEITE COMESTIBLE**

Autor:
Salazar P. Pedro J

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (máster) – Fax: (0241) 8712394



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE MECÁNICA

**DISEÑO E INSTALACIÓN DE UNA PLANTA MODULAR DE ENVASADO
DE ACEITE COMESTIBLE**

Proyecto del Trabajo de Grado para optar al Título de:
INGENIERO MECÁNICO

Autor: Pedro Salazar

C.I: 27.781.875

Tutor: Ing. Giovanni Pizzella

San Diego, Mayo 2022



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
COORDINACIÓN DE PASANTÍA Y TRABAJO DE GRADO

ACTA DE APROBACIÓN

INFORME FINAL DE PASANTÍA

TRABAJO DE GRADO

El jurado designado por la Facultad de INGENIERÍA para la evaluación del Informe Final de Pasantía o Trabajo de Grado titulado: DISEÑO E INSTALACIÓN DE UNA PLANTA MODULAR DE ENVASADO ACEITE COMESTIBLE

Realizado por el (la) Br. PEDRO SALAZAR
C.I. N° 27781875 cursante de la carrera de INGENIERÍA MECÁNICA

hace constar después de analizar su contenido y oída la exposición oral, considera que el Informe Final o Trabajo de Grado ha obtenido la calificación de:

APROBADO

NO APROBADO

El Jurado

[Signature]
Tutor Académico (Coordinador)
Nombre: GIOVANNI PIZELLA
C.I.: 4455899

[Signature]
Jurado FREDY BARRAGAN
Nombre: 11.151678
C.I.: 11.151678

[Signature]
Jurado LUIS ORTEGA
Nombre: 3476801
C.I.: 3476801

Fecha: 13/06/2022



[Signature]



FI N 001 2022-ICR TG

Valencia, 27 de abril de 2022

Ciudadano:
SALAZAR PEÑA, PEDRO JOSE
27.781.875

Presente -

Cumplo con informarle que la comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería, en su reunión N° 2-2022 de fecha 15/02/2022 aprobó el proyecto de grado titulado:

Diseño e instalación de una planta modular de envasado de aceite comestible

Presentado por usted como requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico

Se ratifica la designación del Tutor Académico que lo asesorará en el desarrollo de este proyecto a:
Ing. Giovanni Pizzella Pierro, titular de la cédula de identidad V-4.455.859



Atentamente

Dr. Francisco Gelanzé Sevilla.
Decano de Ingeniería



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**CONSTANCIA DE ACEPTACIÓN PARA PRESENTACIÓN PÚBLICA DEL
TRABAJO DE GRADO**

Quien suscribe, Giovanni Pizzella Piero, portador(a) de la cédula de identidad N° 4.455.859, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el ciudadano Pedro J. Salazar P. titular de la cédula de identidad N° 27.781.875 titulado **DISEÑO E INSTALACIÓN DE UNA PLANTA MODULAR DE ENVASADO DE ACEITE COMESTIBLE** presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Mecánico, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 26 días del mes de mayo del año dos mil veintidós.

Ing. Giovanni Pizzella P.

C.I: 4.455.859

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer principalmente a Carolina Giraldo, porque fue mi soporte durante todo este tiempo, ya que a través de su arte me dio la fuerza necesaria para seguir en esta etapa tan importante de mi vida y no desfallecer en los malos momentos, ya que como ella dijo en una de sus canciones “Y si fácil me caí, más fácil me levanto”. También le agradezco a mis padres, María y Pedro, pieza fundamental de mi crecimiento personal, por ser mi apoyo incondicional e impulsarme en todo momento a cumplir mis objetivos.

Le agradezco también a mi familia, que siempre estuvieron pendientes de cada uno de mis pasos, en especial a mi hermano Ciro, quien fue quien me ayudó a no desfallecer los días en que ya no tenía energías para continuar.

Quiero hacer un agradecimiento especial al jefe de planta, Aron Pinto, que me abrió las puertas desde el comienzo del proyecto y confió en que iba a tener la capacidad suficiente para materializar este trabajo de grado, me transmitió conocimientos esenciales y fue parte de mi primera experiencia laboral, que formó una parte de lo que soy actualmente y cambió por completo mi visión de cómo es este gran campo. También agradezco a cada uno de los involucrados en materializar el proyecto, en especial a Jesús, José y Anthony.

A mis tutores y padrinos, Giovanni y Alicia, muchas gracias, debido a que siempre estuvieron dispuesto a ayudarme en este trabajo de investigación y estuvieron involucrados en mi crecimiento profesional durante toda la carrera, desde los primeros semestres, fueron profesores que siempre exigieron excelencia. También quiero agradecer a mis profesores Donato, Yndira y Fredy, ya que, gracias a sus enseñanzas a lo largo de la carrera, pude obtener los conocimientos necesarios para realizar este trabajo de investigación y siempre confiaron en mi a pesar de todo.

Agradezco a mis amigos Bárbara, Igor, Laura, Luis y especialmente a Gabriela Palacios, que, hasta el último momento de vida, me enseñó a ser más fuerte, a luchar ante las adversidades y que la vida es más corta de lo que nos imaginamos, por eso no podemos posponer las cosas que queremos hacer y hay que compartir con nuestros seres queridos cada minuto que podamos. A mis amigos antes mencionados ya no los considero de esta forma, debido a que ascendieron en mi vida y los considero parte de mi familia. Gracias por siempre estar dispuestos a colaborar no solo en el trayecto de este trabajo de grado, también a lo largo de toda la carrera, que estuvieron al cuidado de mi salud tanto mental como física y nunca se dejaron de preocupar, siempre podrán contar conmigo de la misma forma.

ÍNDICE

CONTENIDO	Pág
ÍNDICE DE CUADROS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABLAS	xii
RESUMEN	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO	
I. EL PROBLEMA	
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Formulación del problema	4
1.1 Objetivos de la investigación	5
1.3.1 Objetivo General	5
1.3.2 Objetivos Específicos	5
1.4 Justificación del problema	6
1.5 Alcance	6
1.6 Limitaciones	7
II. MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes de la investigación	8
2.2 Bases Teóricas	10
2.2.1 Sistema Modular	10
2.2.2 Sketchup	11
2.2.3 Manual de procedimientos	13
2.2.4 Bomba Centrífuga	16
2.2.5 Cavitación	19
2.2.6 Flujo en tuberías	21
2.2.7 Dinámica de fluidos computacional	27
2.2.8 Ciclo de llenado	29
2.2.9 SolidWorks	30
2.3 Definición de términos básicos	32

III. MARCO METODOLÓGICO	
3.1 Tipo de investigación	35
3.2 Diseño de la investigación	35
3.3 Nivel de investigación	36
3.4 Población y Muestra	36
3.4.1 Población	36
3.4.2 Muestra	37
3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	37
3.5.1 Técnicas	37
3.5.2 Instrumentos	38
3.6 Fases de la investigación	38
IV. RESULTADOS	
4.1 Diagnostico de las características actuales del proceso de la empresa	40
4.2. Selección de un modelo basado en los requerimientos de la empresa	45
4.3. Simulación del comportamiento del fluido en las tuberías, utilizando el software SolidWorks 2019, con su herramienta de Flow simulation.	59
4.4. Instalación y activación de los diversos equipos que comprende la planta	67
4.5. Determinación de la viabilidad económica, técnica y ambiental del proyecto	85
CONCLUSIONES	102
RECOMENDACIONES	104
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105
ANEXOS	107

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO

Pág

1	CHECKLIST.....	41
2	Personal.....	42
3	Tiempo.....	43
4	Espacio físico.....	43
5	Sanitización.....	44
6	Seguridad.....	44
7	Software de diseño.....	44
8	Propiedades del aceite a simular.....	61
9	Resumen de las fórmulas y/o valores, relacionados con los distintos accesorios.....	71
10	Relación Le/D para algunos accesorios.....	71
11	Fecha de las semanas del cronograma.....	75

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		Pág
1	Línea de producción de envasado de aceite comestible	4
2	Estructura Modular.....	5
3	Rodetes de bombas centrífugas.	18
4	Parte de una bomba centrífuga de diseño Back Pull Out	19
5	Efectos de la cavitación	22
6	Velocidad promedio en flujo de tuberías	23
7	Formula D_h de Tubo circular	25
8	Perfil de velocidad en flujo laminar totalmente desarrollado	25
9	Tubería con superficies lisas o rugosas	28
10	Ubicación de contenedores marítimos	45
11	Adición de estructuras de soporte	46
12	Estructuras de soportes terminadas en el contenedor N°1.	47
13	Inicio de trazado de tubería de llenado de tanques.....	48
14	Diseño de tuberías de llenado de tanques.....	49
15	Diseño de tuberías de llenado de tanques.....	49
16	Diseño de tuberías de llenado y descarga.....	50
17	Adaptación de las tuberías a las estructuras.	51
18	Adaptación de las tuberías a las estructuras.	52
19	Tubería de descarga a la línea de producción desde la pasarela del contendor N°3.	53
20	Inicio de diseño de pasarela	54
21	Proceso de diseño de la pasarela 1	55
22	Proceso de diseño de la pasarela 2.	55
23	Finalización de diseño de la pasarela	56
24	Acabado de diseño de la pasarela	57
25	Instalación de aire comprimido y escaleras.....	58
26	Ubicación de la máquina de envasado de aceite	59
27	Ubicación de la bomba de llenado y tablero eléctrico.....	60
28	Recorrido del fluido en el primer tramo de tubería de llenado	62
29	Diferencia de velocidad en válvula del primer tramo.	63
30	Tramo de tubería N°2.....	63
31	Tramo de tubería 3 sección 1.	64
32	Tramo de tubería 3 sección 2	64
33	Tramo de tubería 3 sección 3.	65

34	Tramo de tubería 3 sección 4	65
35	Tramo de tubería 4	66
36	Válvula N°4, de la tubería de llenado al tanque N°1	66
37	Tramo 5 y 6 al tanque N°1	67
38	Válvula N°4, de la tubería de llenado al tanque N°1	68
39	Tubería con superficies lisas o rugosas	69
40	Rugosidad relativa para tubos.	70
41	Primera base fabricada.	74
42	Tubo estructural.....	76
43	Tubo estructural soldado..	76
44	Estructuras mientras se pintan.....	79
45	Estructuras mientras se pintan	80
46	Estructuras pintadas	80
47	Estructuras pintadas base tanques	81
48	Especificaciones de la bomba	82
49	Bomba con filtro de línea y conexión clamp	83
50	Ubicación de tanque N°1.....	84
51	Materiales para instalación eléctrica de contenedor N°1.	85
52	Instalación de tubería de llenado.....	88
53	Tubería de descarga a la línea de producción.	89
54	Tuberías de llenado y descarga	90
55	Tuberías de llenado y descarga	91
56	Instalación de unidad de envasado	92
57	Instalaciones eléctricas.....	92
58	Instalaciones de aire comprimido	93

INDICE DE TABLAS

TABLA		Pág
1	Coefficiente de consistencia del aceite a simular	61
2	Tabla de ejemplo con los valores de viscosidad para la viscosidad dinámica y la viscosidad cinemática.	69
3	Tiempo de calentamiento de las uniones de tubería para una soldadura eficiente, dependiendo del diámetro de la tubería.	87
4	Tiempos de envasado de cuñetes	94
5	Costo de equipos	95
6	Costo de mano de obra	99
7	Costos de especialistas de instalación de la planta.....	100
8	Monto total de instalación y activación de la planta	100



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**DISEÑO E INSTALACIÓN DE UNA PLANTA MODULAR DE
ENVASADO DE ACEITE COMESTIBLE**

Autor: Pedro José

Tutor: Ing. Giovanni Pizzella

Fecha: Mayo 2022

RESUMEN

Este trabajo es una investigación factible, cuya línea de investigación está enmarcada en: diseño mecánico, en la cual se desarrolla un diseño innovador enfocado a una planta modular que se limita al envasado de aceites comestibles, que por el momento solo se apoya en el aceite de palma. Este diseño se pudo desarrollar en un software de diseño llamado “Sketchup” luego de haber hecho uso de la técnica metodológica “observación directa” en la planta que se encuentra ubicada en la zona industrial de Valencia, para poder saber las limitaciones referentes al espacio del mismo. Luego en el software se determinó en que parte se instalarían los diversos componentes de la planta, como lo son las tuberías, bomba, tanques, entre otros. De esta forma luego de saber las dimensiones que se usaron, así como la cantidad de material, se procedió a desarrollar en el programa SolidWorks una Simulación Dinámica de Fluidos, para poder conocer los diversos datos mediante el flujo del aceite por las tuberías, tanto de llenado de los tanques, como de la tubería de descarga que se planteó llegue hasta la línea de producción en la cual se envasarán cuñetes de 18 litros. Luego de hacer los diversos análisis y simulaciones, se procedió a la instalación de cada uno de los componentes de la planta, en el cual en la fase de activación de la misma se pudo conocer los resultados de todo el proceso de manera real y se logró contrastar con los datos ideales que se tienen del diseño y simulación, para saber qué tan óptimo se desarrolló el proceso. Además, en la fase de resultados reales interviene la máquina de envasado de la línea de producción, que es determinante para la capacidad de producción de los envases, dependiendo de ciclos de llenado de aceite configurados por el fabricante.

Descriptor: Diseño, innovación, Software CFD, factibilidad.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad en Venezuela, no existe una gran variedad de plantas que opten por un diseño modular, todavía las empresas se guían y se mantienen en formatos tradicionales. Es por eso que la presente investigación innovó en plantas de este estilo, diseñando una en la cual se utilicen contenedores marítimos reutilizados para llevar a cabo el proyecto, ya que de esta forma la planta tiene un fácil desplazamiento y se puede optimizar el espacio asignado, así como lo han planteado varios autores que han implementado diversas instalaciones modulares en el extranjero, no solo a nivel industrial, ya que este tipo de instalaciones tienen un gran campo en donde desarrollarse.

La investigación parte en conocer las necesidades de la empresa y proceder a realizar una lluvia de ideas que permitiera elegir la manera más adecuada, para poder diseñar el proyecto en un software de diseño en que se comenzaron a crear las estructuras para agregar los elementos de la planta para determinar cómo se ajustarían al espacio y de esta forma saber cuánto material se necesitaría para llevar a cabo este proyecto factible, además esto permitió seleccionar por ejemplo los tanques más adecuados para la planta y saber en qué punto se colocarían las conexiones y válvulas del sistema, para luego poder hacer correctamente y con las dimensiones exactas la simulación del aceite en las tuberías.

Por ultimo en la fase de investigación se desarrolló mediante el software SolidWorks la simulación dinámica de fluidos que permitió, mediante la herramienta de “Flow Simulation” el análisis correcto que resuelve las ecuaciones de Navier-Stokes, que son formulaciones de leyes de masa, impulso y conservación de energía para flujos de fluidos. Las ecuaciones se complementan por ecuaciones de estado de fluido que definen la naturaleza del mismo, y por dependencias empíricas de densidad el fluido, viscosidad y conductividad térmica en la temperatura. Además, la simulación de flujo es capaz de predecir flujos tanto laminares como turbulentos. Los flujos laminares se producen a valores bajos del número de Reynolds, que se define como el

producto de escalas representativas de velocidad y longitud divididas por la viscosidad cinemática.

Para culminar el trabajo de investigación, se compararon los resultados preliminares en SolidWorks en la herramienta Flow Simulation con los resultados que se puedan obtener al momento de activación de los ciclos de llenado y descarga, cuyo factor que influye al momento del envasado de aceite es la máquina de la línea de producción que interviene en los ciclos de llenado del mismo y está determinado por el fabricante. La presente investigación se desarrolla en capítulos: **El capítulo I: El Problema**, plantea la problemática encontrada, y hace referencia a los objetivos tanto general como específicos, el alcance y las limitaciones de la investigación. **El capítulo II: Marco Teórico**, el cual está conformado por los antecedentes que darán soporte a la investigación, igual que las bases teóricas y la definición de los conceptos básicos. **El capítulo III: Marco Metodológico**, está conformado por la determinación del tipo de investigación, así como la naturaleza y el diseño de la misma. También se encuentra la población y muestra de la misma, las técnicas e instrumentos empleados para la recolección de los datos y las fases mediante las cuales se lograrán todos los objetivos de la investigación. **El capítulo IV: Resultados**, se encuentra el diagnóstico de las características de la empresa al inicio del proyecto, al igual que la descripción de cómo se determinaron las dimensiones de la planta, especialmente la ubicación de las tuberías usando, luego se simula el flujo dentro de las tuberías, se describe el proceso de instalación, así como la activación de ciclos de la planta y concluye en la viabilidad económica, ambiental y técnica de la misma.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema

En Venezuela actualmente, como en la mayoría de los países, el diseño de cualquier instalación e infraestructura de producción, está basado en los diseños tradicionales por los cuales se han guiado la arquitectura, ingeniería industrial, mecánica, civil, electrónica y todas aquellas especialidades que son empleadas para el diseño, planificación y construcción de una obra ingenieril orientada a una planta de producción. Basado en esos diseños existen una serie de parámetros, según los cuales las empresas que se idean, planifican y construyen, son de carácter estacionario. Por lo tanto, las oportunidades de crecimiento de las mismas están condicionadas al espacio físico inicial que se seleccionó para su diseño. En caso tal la empresa determine que no puede seguir operando en el sitio inicial, deberá buscar un nuevo sitio para reestablecerse, haciendo esta mudanza costosa, ya que no solo se deberá alquilar o comprar un nuevo local, si no que deberán hacerse gastos adicionales trasladando toda la maquinaria pesada del sitio y además tomando más tiempo ya que desinstalar grandes maquinas por lo general representa grandes cantidades de tiempo. El planteamiento del presente trabajo de grado, es modificar el diseño tradicional (Ver Figura 1), para innovar en un nuevo diseño modular, utilizando contenedores marítimos en el cual se le permita a cualquier empresa bajo el concepto de

crecimiento por fases, la incorporación de módulos de desarrollo, mediante el cual se pueda optimizar el espacio inicial (Ver Figura 2). Mediante una planta modular con fin industrial se puede disminuir costos, para que la empresa pueda visualizar su expansión sin inconvenientes a la hora de trasladarse a un sitio más óptimo para su desarrollo de acuerdo a las necesidades y capacidades, ya que, al estar contenida la instalación completa de: Las maquinarias, tuberías, componentes eléctricos y de control, almacén de herramientas, entre otros activos de la empresa, en contenedores marítimos de 20 y 40 pies se disminuyen los gastos y se facilita el traslado a otro establecimiento adecuado. Además, con el funcionamiento de este tipo de planta modular se disminuyen los gastos en la realización del mantenimiento.



Figura 1: Línea de producción de envasado de aceite comestible.

Fuente: Callata I. (2021).



Figura 2: Estructura Modular.

Fuente: Hickory Group. (2004).

Un contenedor es un recipiente de carga para el transporte marítimo, fluvial, ferrocarrilero y en camiones de carga, lo que se denomina transporte multimodal. Se trata de unidades estancas que protegen las mercancías de la climatología y que están fabricadas de acuerdo con la normativa ISO (International Standardization Organization), o bien, ISO-668; por ese motivo, también se conocen con el nombre de contenedores ISO. Los contenedores pueden utilizarse para transportar objetos voluminosos o pesados como: Motores, maquinaria, pequeños vehículos, mercancía paletizada, entre otros. Las dimensiones del contenedor se encuentran normalizadas para facilitar su manipulación y almacenamiento.

El concepto de construir utilizando contenedores data de la década de 1960. De hecho, el primer planteamiento documentado acontece en el año 1966, cuando el Arquitecto Paul Rudolph propuso el diseño y construcción de un complejo de apartamentos en el área de Manhattan incorporando contenedores como parte fundamental de la propuesta. Los contenedores suelen ser objetos versátiles, preciados y prácticos, globalmente utilizados como instrumentos de acarreo para el embalaje industrial. Ávila, J. (2015).

1.2 Formulación del problema

A raíz de esto surge la interrogante:

¿Cómo se puede optimizar el espacio y tiempo de envasado de aceite comestible, tomando en cuenta la movilidad de los equipos?

1.3 Objetivos De La Investigación

1.3.1 Objetivo General

Diseñar e instalar una planta modular de envasado de diferentes tipos de aceites para consumo humano.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Diagnosticar las características actuales del proceso de la empresa.
2. Seleccionar un modelo basado en los requerimientos de la empresa.
3. Simular el comportamiento del fluido en las tuberías, utilizando el software SolidWorks 2019, con su herramienta de Flow simulation.
4. Instalar y activar los diversos equipos que comprende la planta.
5. Determinar la viabilidad económica, técnica y ambiental del proyecto.

1.4 Justificación del problema

El presente trabajo permitirá conocer las diversas funcionalidades de una planta modular de envasado de aceite, además que este tipo de instalaciones con contenedores marítimos representa una solución eficiente ya que constituye una plataforma que ofrece grandes beneficios no solo industrial, porque tiene infinitas funciones como para almacén, casas, transporte de residuos, entre otros. Gracias a la gran resistencia de los contenedores, se pueden utilizar para almacenar prácticamente cualquier objeto y transportarlo. Su gran tamaño permite instalar distintos tipos de maquinaria, como bombas centrifugas y diversas instalaciones en tuberías, o inclusive para almacenaje de energías renovables, debido a su gran cantidad de ventajas, como por ejemplo una gran resistencia a los cambios climáticos y alta protección del interior.

Además, mediante el desarrollo del diseño e implementación de la planta modular, se pretende también innovar en la realización de las plantas de este estilo, ya que empresas nacionales que opten por estas instalaciones son escasas y prefieren adoptar otro tipo de instalaciones tradicionales que suelen ser más costosas y no permiten optimizar las fases de crecimiento. Además, se pretende diseñar un modelo seguro, que permita aprovechar todo el espacio que ofrece el sitio en donde se va a desarrollar el proyecto. Esto podrá lograrse mediante los softwares de diseño que en la actualidad representan una gran importancia en la industria, ya que se pueden saber las desventajas y que tan factible es el proyecto previo a su instalación.

Con el software Sketchup se puede modelar la estética del proyecto y permite observar por donde pueden ir, por ejemplo, las tuberías por donde se descargará el aceite en los tanques y donde se instalarán las tuberías que descargarán el fluido en la línea de producción. Por otra parte, no solo se podrá saber la ubicación del material, también se podrá determinar cuánto material se necesita para poder llevar a cabo el proceso. Finalmente, el último software a utilizar, será SolidWorks, que mediante este se podrán diseñar los planos de las tuberías por donde pasará el aceite comestible, sin embargo, este software no solo se utilizará para esto, también se implementará para determinar los diversos cálculos del proceso de llenado y descarga, ya que se tiene la extensión Flow Simulation que permite armar toda la tubería en el programa y se puede simular el comportamiento del fluido. De esta forma se puede hacer la instalación de la planta de forma segura y evitando la mayoría de las fallas producidas por el diseño.

1.5 Alcance de la investigación

Mediante el presente trabajo se pretende realizar todo el diseño que conlleva la realización de una planta transportable que envase distintos tipos de aceites en diferentes presentaciones, al igual que implementar los manuales de procedimientos por el cual esta nueva empresa con un innovador concepto se va a regir para poder realizar las instalaciones y debida activación de los procesos para materializar este proyecto factible. Por otro lado, al finalizar este trabajo se pretende que sirva como un punto de referencia para nuevas instalaciones nacionales bajo el concepto de plantas

modulares, no solo en el ámbito de envasado de aceite, ya que proporciona grandes beneficios a nivel industrial. Finalmente, el informe de la investigación es obligatorio como trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico en la Universidad José Antonio Páez.

1.6 Limitaciones

- En el presente proyecto de investigación se realiza el diseño e instalación de una planta que se limita solo al envasado y comercialización de aceite comestibles y no al proceso de refinación del mismo.
- La duración del presente trabajo de grado será de dos semestres, es decir tomará (32) semanas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

Toda investigación permite aclarar, juzgar e interpretar la situación planteada teniendo presente que debe estar sustentada en una base sólida. Los antecedentes sirven para una síntesis conceptual a través del proyecto o trabajos realizados de la misma índole, para determinar el enfoque metodológico de la misma y poder indicar una conclusión existente al problema planteado, de manera que, los siguientes trabajos citados serán de referencia y plataforma en la realización. Los antecedentes y bases teóricas que respaldan esta investigación, están fundamentados en trabajos de grados que permiten relacionarse con el presente estudio y aportan información relevante para el mismo.

En primer lugar, Capiello y Suarez (2017) en el estudio titulado **“Estudio del comportamiento sismorresistente de una edificación modular compuesta prefabricada de mediana altura”**. Presentado en La Universidad Católica Andrés Bello para optar por el título de Ingeniero Civil. Cuyo objetivo general se basó en “Evaluación del comportamiento sísmico de un proyecto estructural modular compuesto prefabricado, bajo lo establecido en la norma COVENIN 1756-1:2001 y la norma COVENIN 1618-1998”. El trabajo de investigación de Capiello y Suarez se relaciona con el presente ya que en los dos se lleva a cabo edificaciones modulares.

Es basado, como bien lo indica su nombre en la construcción de una edificación a través de la unión de diversos componentes estructurales prefabricados, denominados módulos, los cuales representan los principales elementos de dicho sistema. De esta forma es bueno tomar perspectivas de trabajos de investigación de personas de otra rama de la ingeniería para poder fortalecer el diseño de la planta, debido a que la planta a desarrollarse no solo será implementada con un enfoque

netamente mecánico, sino que también debe tener sus bases en otras ciencias, en el caso de este antecedente, en la parte de ingeniería civil. Además, ayudará a entender cómo se puede distribuir el espacio en edificaciones de este estilo para poder hacer las diversas instalaciones reduciendo riesgos físicos.

Asimismo, Medrano y Rebaza. (2019) en su trabajo titulado **“Evaluación numérica de la cavitación y rendimiento de la bomba centrífuga operando en serie-paralelo en el laboratorio de turbomáquinas”** presentado en la Universidad nacional del Santa, ubicada en Chimbote Perú, para optar por al título de Ingeniero Mecánico. Cuyo objetivo general de la investigación se basó en Evaluar numéricamente la cavitación y rendimiento de la bomba centrífuga operando en serie–paralelo en el laboratorio de turbomáquinas. Este trabajo permite conocer nociones de simulación que permitirán implementarlo en la bomba centrífuga de la planta de aceite usando el mismo software que en este caso es SolidWorks y evaluar la cavitación de la misma.

De la misma forma, Barreto L. y Castañeda E (2021). En su trabajo que lleva por título **“Diseño y simulación de un módulo de laboratorio para el curso de Mecánica de Fluidos”** para optar al título de Ingeniero Mecánico-Eléctrico. El trabajo logra relacionarse debido a que el resultado del mismo fue simulaciones en Simulink, que a pesar de no ser el mismo software que SolidWorks, sirve para hacer CFD enfocadas en el flujo en tuberías que fueron el diseño de un módulo de laboratorio que cumple con las condiciones necesarias para realizar los laboratorios. Además, su objetivo principal fue “el análisis de flujo en ductos cerrados, en el que este análisis comprenderá el cálculo de pérdida de carga, velocidad promedio de flujo y determinar el tipo de flujo, se deberán presentar todos los resultados comprobados y comparados según los 3 enfoques mencionados anteriormente”.

Por último, Lluquay K. (2016). En su trabajo que llevó por título **“Desarrollar un modelo CFD para el análisis del comportamiento del fluido en tuberías del banco de pérdidas de turbomaquinaria hidráulica y laboratorio”** Desarrollado en La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ubicada en Riobamba, Ecuador, cuyo objetivo general fue: “Desarrollar un modelo CFD para el

análisis del comportamiento del fluido en tuberías del banco de pérdidas de turbomaquinaria hidráulica y laboratorio”. En este trabajo, el modelo desarrollado para la simulación de los perfiles de velocidad se fundamenta en las ecuaciones de Navier - Stokes de flujo incompresible, tienen el principio de la conservación de masa y cantidad de movimiento. En la solución de estas ecuaciones se utilizó ANSYS CFX (caso en el que varía con la tesis que se está desarrollando, ya que se planea utilizar SolidWorks FLOW Simulation) basando en tres etapas para el computo numérico como son; Pre-procesamiento, procesamiento y post-procesamiento. Las ecuaciones de Navier-Stokes son resueltas mediante la simulación numérica por el método de los volúmenes finitos. La discretización del dominio se realizó con un mallado no estructurado por el método tetraédrico. En la etapa del procesamiento se soluciona en análisis estacionario el flujo de fluidos. Al igual que en la simulación de SolidWorks, en esta investigación la simulación se analiza el flujo de fluidos en los tramos de tuberías, en la cual difiere el diámetro, en las aperturas tomadas en el control del flujo de fluidos en las tuberías con los datos adquirido en el banco de pruebas.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Sistema modular

Según el Arq. Francisco Pimentel Malaussena. (2017). En el proceso de diseño de edificaciones se establece desde su inicio una relación de trabajo entre los responsables del diseño arquitectónico y del diseño estructural, a fin de optimizar dicho diseño en función de:

- El uso de la edificación.
- La flexibilidad funcional y operativa de la misma considerando el resto de especialidades tales como de instalaciones eléctricas, mecánicas, sanitarias, y contra incendio.
- Los recientes avances en el diseño de edificaciones con unos altos ahorros energéticos y amables con el ambiente.

Una de las principales herramientas para el logro de estos objetivos es la modulación de los espacios en función de otros determinantes programáticos y

técnicos, lo cual permite mayor eficiencia y menores costos de ejecución. Ante la necesidad de mantener cronogramas y reducir tiempos y costos, el concepto de modulación a la ejecución de elementos repetitivos, permite incluso la prefabricación y facilidad de montaje, especialmente en elementos concebidos desde el inicio, bajo este objetivo, el control de inventarios y pedidos de componentes y materiales de construcción, así como la posibilidad de incorporar elementos fabricados fuera del sitio de la obra en talleres especializados.

Igualmente esto permite, en esa alianza arquitecto-ingeniero estructural desde el inicio del diseño, la coordinación eficiente en la superposición de usos, frecuente en las actuales edificaciones y el pre dimensionamiento de elementos estructurales verticales y horizontales, por ejemplo inicio en sótanos destinados para estacionamiento con un diseño modular eficiente al tamaño de los vehículos y espacios para estacionar, áreas de circulación de los mismos entre otros, y pisos superiores destinados a comercios y oficinas o inclusive viviendas multifamiliares.

Hoy cada vez se incrementa más el diseño tipo LEGO, de elementos completos prefabricados en plantas que se insertan en una malla estructural, a similitud de lo que se hace en los grandes barcos de cruceros. De esto vemos ejemplos de hoteles, apartamentos, plantas industriales. La inteligencia está en conjugar la idea arquitectónica con las exigencias del diseño estructural y reticular. El uso de programas avanzados o simples de software, son una ayuda muy eficaz para el análisis de las diversas propuestas y alternativas. Por eso en la presente investigación se utiliza el software Sketchup para poder diseñar la planta modular, utilizando el espacio previamente asignado y así poder dirigir la instalación ya que se puede saber a detalle en que espacio se podrán contener las tuberías y el tamaño de los tanques para poder ubicarlos sobre los contenedores.

2.2.2 Sketchup

Según la página oficial de SketchUp, lo define como un programa de modelado en 3D y diseñado para entornos de Arquitectura, Ingeniería Civil y diseño industrial, aunque se puede aplicar prácticamente para cualquier cosa que se quiera modelar. Este programa fue adquirido por la compañía Google en el año 2006 y su interfaz intuitiva

y práctica es la que lo hace diferente a los demás programas, ya que no necesariamente se debe ser Arquitecto, Ingeniero o Diseñador para poder manejarlo. Su interfaz de trabajo y sus barras de herramientas son muy parecidas a las de Windows, con lo cual para el usuario más fácil familiarizarse con el entorno del programa, en cuanto al flujo de trabajo se refiere abarca desde lo más conceptual y básico, hasta elaboración de modelos 3D a detalle y planos con secciones y detalles constructivos.

En la versión 2015 al instalar e iniciar la aplicación nos aparecerá un breve instructor que nos explica las funciones más básicas de SketchUp como: Seleccionar, borrar, dibujar una línea, entre otros. El proceso de “levantamiento” en SketchUp es sencillo y podemos hacerlo de varias maneras, ya sea dibujando con líneas en planta los muros del proyecto y luego extruirlo o igual podemos dibujar cara por cara de nuestro volumen. Se pueden hacer estudios de sombras en cualquier día del año y en cualquier lugar del mundo, esto nos sirve para saber la orientación que más conviene a nuestro proyecto, estos estudios solares pueden hacerse también en modo de animación lo cual facilita la comprensión sobretodo en presentaciones para los clientes. Otra de las funciones importantes de SketchUp es la importación y exportación de archivos DWG (archivos de AutoCAD) esto permite que podamos realizar levantamientos o modelizados en SketchUp a partir de planos elaborados en AutoCAD.

Galería y Google Earth.

SketchUp cuenta con una galería de miles de bloques, entre los cuales podemos encontrar: Árboles, escalas humanas, muebles, coches, etc. Todo esto está disponible para descargar y utilizar en el programa, en la versión de pago de SketchUp se incluye una función en la cual podemos utilizar imágenes de Street View o Google Earth como base del modelo, lo cual le aporte un mayor realismo ya que se puede diseñar y realizar perspectivas en el entorno real donde se llevará a cabo la obra. Todas las obras en 3D que vemos en Google Earth han sido exportadas allí

Plugins.

Existen diferentes plugins o aditamentos que se pueden añadir a SketchUp para hacerlo más funcional en algunos aspectos o simplificar algunas tareas, entre algunos de estos plugins que podemos encontrar están los siguientes:

- **Material Replacer.** Permite reemplazar un material por otro tomando la muestra de un material que se encuentre ya en el mismo modelo.
- **Red.** Este plugin sirve para poder añadir especificaciones a los muebles que diseñen, tales como: Materiales, precios, etc.

V-Ray.

V-Ray es un motor de renderizado que permite elaborar renders de una mayor calidad en SketchUp, al mejorar la calidad nos permite dar un mayor toque de realismo a nuestros renders. Este motor de renderizado hace mayor énfasis en los reflejos, refracciones, iluminación, enfoque, y sombreados de nuestros modelos, este amplio conjunto de herramientas gráficas que darán un mejor acabado a los renders y harán más atractivos tus trabajos. Algunas de las características de este motor de renderizado son las siguientes:

- Editor de materiales con vista previa
- Soporte para animaciones en 3D
- Motor multiproceso
- Anti-aliasing (mayor resolución)

Fuente: Correa J. (2016).

2.2.3 Manual de procedimiento

Tomando como referencia la guía técnica para la elaboración de manuales de procedimientos de la secretaria de relaciones exteriores de México, El “Manual de Procedimientos” es, por tanto, un instrumento de apoyo administrativo, que agrupa procedimientos precisos con un objetivo común, que describe en su secuencia lógica las distintas actividades de que se compone cada uno de los procedimientos que lo integran, señalando generalmente quién, cómo, dónde, cuándo y para qué han de realizarse. Además la metodología para realizar estos manuales se puede utilizar tanto

para la industria, como en las demás áreas en las que se debe seguir un procedimiento en específico y adecuado para tener como resultado un producto de calidad.

Análisis y Diseño de procedimientos

A través del conocimiento de los procedimientos puede tenerse una concepción clara y sistemática de las operaciones que se realizan en la dependencia o unidad administrativa; es importante que, al emprender un estudio de esta naturaleza, se aplique una metodología que garantice la descripción de los procedimientos, de acuerdo con la realidad operativa y con las normas jurídico-administrativas establecidas al efecto. En tal virtud se presentan las etapas necesarias para desarrollar la identificación, el análisis y el diseño de los procedimientos.

El primer punto que debe concretarse cuando se investigan uno o varios procedimientos, ya sea para describirlos, implantarlos, mejorarlos o sustituirlos, es el definir con la mayor precisión posible los siguientes aspectos:

1.-Delimitación del procedimiento

¿Cuál es el procedimiento que se va a analizar?

¿Dónde se inicia?

¿Dónde termina?

Una vez contestadas las preguntas anteriores, se podrá fijar el objetivo del estudio, el cual servirá de guía para la investigación, el análisis y la propuesta del procedimiento o procedimientos en estudio.

2.- Recolección de la Información

Consiste en recabar los documentos y los datos, que una vez organizados, analizados y sistematizados, permitan conocer los procesos tal y como operan en el momento, y posteriormente proponer los ajustes que se consideren convenientes. Para recabar la información, es necesario acudir a diversas fuentes, entre las que destacan los archivos documentales, en los que se localizan las bases jurídico-administrativas que rigen el funcionamiento y actividades; los funcionarios y empleados quienes pueden aportar información adicional para el análisis, diseño e implantación de procedimientos y las áreas de trabajo que sirven para tener la visión real de las

condiciones, medios y personal que operan los procedimientos. Las técnicas que usualmente se utilizan para recabar la información necesaria son:

a) Investigación documental.

Consiste en la selección y el análisis de aquellos escritos que contienen datos de interés relacionados con los procedimientos; para ello, se estudian documentos tales como bases jurídico-administrativas, diarios oficiales, registros estadísticos, actas de reuniones, circulares, oficios, y todos aquellos que contengan información relevante para el estudio. Es importante además, recabar todas las formas y documentos que intervienen en el procedimiento que se está estudiando, debidamente adquiridos los requisitos con los datos usuales, así como seguir el flujo de las mismas, determinando siempre dónde se originan, cuál es el trámite que siguen y dónde se archivan o destruyen.

b) Entrevista directa.

Consiste en reunirse con una o varias personas, y cuestionarlas de forma orientada para obtener información. Este medio permite adquirir información más completa, puesto que el entrevistador, al tener una relación directa con el entrevistado puede, además de recibir respuestas, percibir actitudes. Para que la entrevista se desarrolle con éxito es conveniente observar los lineamientos siguientes:

- Tener claro el objetivo de la misma.
- Concertar previamente la cita.
- Verificar la información a través de otras fuentes.
- Aclarar todas las dudas que existan.
- Saber escuchar.
- No hay que criticar, sugerir cambios o aconsejar durante ella

c) Observación de campo.

Consiste en acudir al lugar u oficina en donde se desarrollan las actividades de los procedimientos y observar atentamente todo lo que sucede alrededor; para ello, es necesario anotar todo lo que se considere relevante; con esto es posible verificar o modificar la información recabada en las entrevistas. La observación de campo es muy

importante, ya que permite definir y detectar con mayor precisión los problemas, así como descubrir datos valiosos omitidos durante las entrevistas.

Independientemente de la técnica utilizada para la recolección de la información, es necesario seguir todo el procedimiento; desde el principio, hasta el final, a través de todos los órganos o personas que en él intervienen.

Elementos que deben integrar el manual de procedimientos

1. Identificación
2. Índice
3. Introducción
4. Objetivo(s) del Manual
5. Desarrollo de los procedimientos

2.2.4 Bomba centrífuga

Tal como se describe en el material del Ing. Molero C. (2015) en “**Transporte de líquidos –bombas**” Establece que este tipo de bombas son **principalmente** utilizadas para fluidos en estado líquido. Esta denominación se aplica a las máquinas que poseen un rodete con álabes fijos (parte móvil), alojados dentro de una carcasa (parte fija) de forma adecuada. El rodete está montado sobre el eje de la bomba, y a su vez éste está acoplado con el motor, (ver Figura 3). Las bombas centrífugas se caracterizan físicamente por tener la conexión de aspiración y succión muy próxima al eje de rotación, y su salida por la periferia de la carcasa.

La acción de bombeo o transporte se produce por un aumento de impulso al fluido. Este impulso lo genera el giro de los álabes y la forma que tiene la carcasa. Al mismo tiempo, el movimiento del fluido que resulta a través de la bomba produce una disminución de presión en la entrada. Las dos características principales de este tipo de bombas, son el caudal y la presión, siendo éstas interdependientes, ya que están relacionadas con la forma, tamaño y velocidad de giro del rodete y sus principales ventajas son:

- Caudal constante
- Presión uniforme

- Sencillez de construcción,
- Tamaño reducido
- Flexibilidad de regulación.

Su principal desventaja es que necesitan estar “cebadas” es decir que debe haber líquido en la cañería de impulsión y en la carcasa. Este inconveniente se puede solucionar utilizando una válvula de retención en la cañería de aspiración, o utilizando bombas autocebantes.

Rodetes de bombas centrífugas

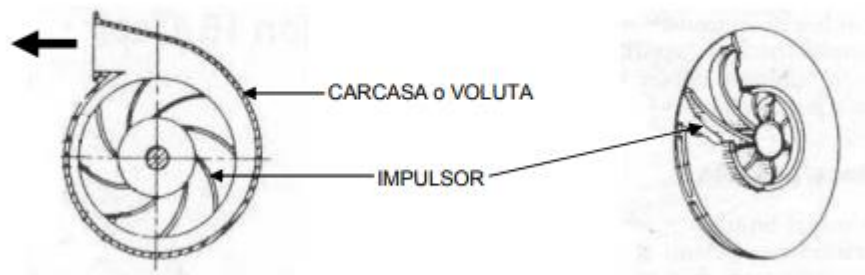


Figura 3: Rodetes de bombas centrífugas.

Fuente: Molero C. (2015)

Bombas Centrífugas Horizontales:

El eje de la bomba se encuentra en el plano horizontal y son muy utilizadas por su fácil operación y mantenimiento. Se destacan las de diseño “Back Pull Out” (desarme por atrás) que permiten el fácil desmontaje del conjunto rotante sin desmontar la carcasa de las cañerías. Pueden ser monoetapas para presiones de hasta 16 bar, o multietapas con presiones de hasta 70bar.

Bombas Centrífugas Verticales

El eje de la bomba se encuentra en el plano vertical. Pueden ser monoetapas (generalmente sumergibles para bombeo de líquidos cloacales), o multietapas (sumergibles o no, para presiones altas)

Bombas Centrífugas Multietapas

Tanto las horizontales como las verticales tienen el mismo principio de funcionamiento a saber: Se montan uno o más rodets, con sus respectivas “cajas” envueltas, unidos a un mismo eje como una sola unidad, formando una bomba de varias etapas. La descarga de la primera etapa es aspirada por la segunda, la descarga de la segunda, aspirada por la tercera, y así sucesivamente. La capacidad de la bomba es el caudal que puede mover una etapa, la presión es la suma de las presiones de cada una de las etapas, menos una pequeña pérdida de carga.

Bomba Centrífuga Normalizada para Uso General (diseño Back Pull Out)

Para el diseño de la planta se utiliza una bomba de diseño Back Pull Out (ver figura 4), ya que sus aplicaciones se adaptan a las necesidades del proceso, debido a que sirve para suministro de agua, drenaje, riego e industria alimenticia, que en esta última es que se maneja la planta al enfocarnos en el envasado de aceites comestibles.

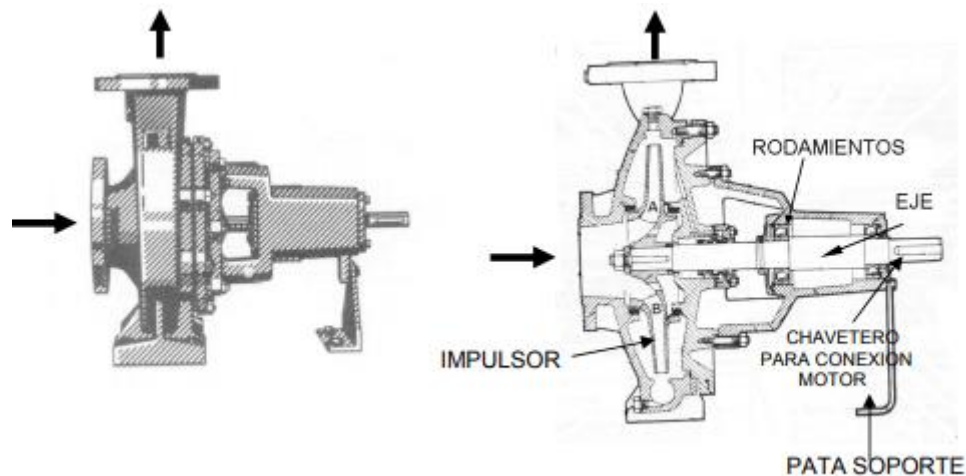


Figura 4: Parte de una bomba centrífuga de diseño Back Pull Out.

Fuente: Molero C. (2015)

Relaciones fundamentales de las bombas centrífugas El caudal (Q) que eleva una bomba centrífuga, es proporcional al cambio de velocidad (N)

$$Q_2 = Q_1 * (N_2 / N_1) \quad \text{Ec. 1}$$

La altura manométrica (H) es proporcional al cuadrado de la velocidad.

$$H_2 = H_1 * (N_2 / N_1) \quad \text{Ec. 2}$$

La potencia absorbida (P) es proporcional al cubo de la velocidad.

$$P_2 = P_1 * (N_2 / N_1) \quad \text{Ec. 3}$$

Regulación de caudal en las bombas centrífugas

Se pueden utilizar las siguientes formas para controlar el caudal:

- Regulación del caudal por arranque parada
- Regulación del caudal por variación de la velocidad de la bomba mediante el uso de variador de Frecuencia.
- Regulación del caudal por estrangulamiento de la tubería que conduce el fluido mediante el uso de válvulas manuales o automáticas.

Principalmente se utilizará para la regulación del caudal la última forma antes mencionadas, ya que para la instalación de las tuberías se utilizarán válvulas manuales.

2.2.5 Cavitación

Según White, Frank M. (2004), la cavitación aparece cuando la presión de un líquido cae por debajo de la presión de vapor debido al flujo y ocasiona la aparición de burbujas de vapor en el líquido; es decir, la ebullición del líquido sucede a la temperatura a la cual está siendo transportado el fluido. En las bombas centrífugas, el fenómeno de cavitación sucede en la entrada o tubería de aspiración de la bomba; y, se busca evitar reduciendo las pérdidas en la entrada de la bomba, instalando la bomba en carga y cuidando que la NPSH de la instalación sea mayor que la NPSH de la bomba. “Si apareciese cavitación, habría ruido y vibraciones en la bomba, deterioro del rotor por picaduras y una caída brusca en la altura manométrica y el caudal de la bomba. Con algunos líquidos estos deterioros aparecen antes de que se presente la ebullición, debido a la liberación de gases disueltos e hidrocarburos ligeros.” (White, Frank M., 2004).

Se pueden observar las burbujas que se forman debido a la cavitación en una hélice y debajo se aprecia el efecto perjudicial que ocasiona la cavitación en el rodete de una bomba centrífuga (ver Figura 5). El deterioro en el rodete o en las aristas de la hélice se ocasiona debido a que las burbujas provocadas por una cavitación prolongada erosionan considerablemente el material.

NPSH

Para entender la cavitación de la bomba Cengel, Y. & Cimbala, J. (2006) establece que la carga de aspiración neta positiva (NPSH, por sus siglas en inglés), se define como la diferencia entre la carga de presión de estancamiento en la entrada de la bomba y la carga de la presión de vapor”. Su fórmula:

$$\text{NPSH} = \left(\frac{P}{\rho g} + \frac{V^2}{2g} \right) - \frac{P_v}{\rho g} \quad \text{Ec. 4}$$

La NPSH es muy utilizado por los fabricantes de bombas, pues según Cengel, Y. & Cimbala, J. (2006) ya que estos autores establecen que un parámetro de rendimiento llamado carga de aspiración neta positiva necesaria (NPSH_{necesaria}), que se define como la NPSH mínima necesaria para evitar la cavitación en la bomba. Dicho parámetro también es conocido como la NPSH de la bomba. Por otro lado, el NPSH calculado en la instalación real es conocido como NPSH de la instalación o NPSH real.

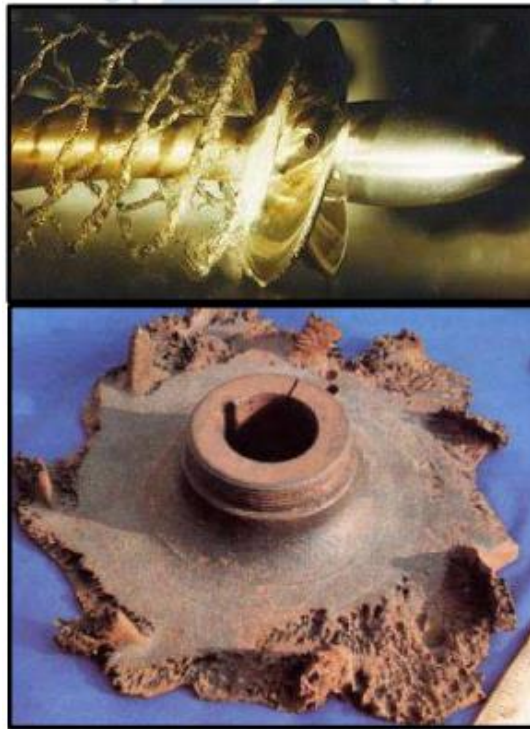


Figura 5: Efectos de la cavitación.

Fuente: Carmona Orta, J. (2016) y Castorani, J. (2015)

2.2.6 Flujo en Tuberías

En la práctica, la mayoría de los fluidos, en especial los líquidos, se transportan en tuberías circulares. Esto es así porque las tuberías con una sección transversal circular pueden resistir grandes diferencias de presión entre el interior y el exterior sin distorsión considerable. Las tuberías no-circulares, por lo general se usan en aplicaciones como los sistemas de calefacción y enfriamiento de edificios, donde la diferencia de presión es relativamente pequeña, los costos de fabricación e instalación son bajos, y el espacio disponible para reparar ductos está limitado.

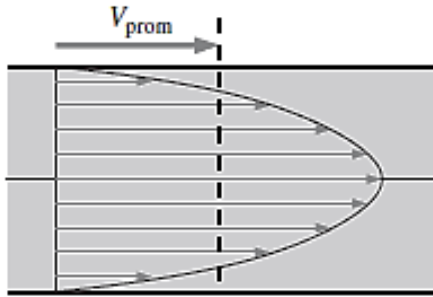


Figura 6: Velocidad promedio en flujo de tuberías.

Fuente: Çengel, Y. Cimbala J. (2006).

Considerando un flujo incompresible a través de un tubo de sección transversal circular, en el flujo de fluidos es conveniente trabajar con una velocidad promedio V_{promedio} , (ver Figura 6), y que permanece constante en flujo incompresible cuando el área de sección transversal de la tubería es constante como indica en la figura. (Çengel, Y. Cimbala J, 2006)

La velocidad promedio V_{promedio} se determina en cierta sección transversal de flujo a partir del principio de conservación de masa.

$$\dot{m} = \rho V_{\text{prom}} A_c = \int_{A_c} \rho u(r) dA_c \quad \text{Ec. 5}$$

Donde \dot{m} es la razón de flujo de masa, ρ es la densidad, A_c es el área de sección transversal y $u(r)$ es el perfil de velocidad. Entonces, la velocidad promedio para flujo incompresible en una tubería circular de radio R se puede expresar como:

$$V_{\text{prom}} = \frac{\int_{A_c} \rho u(r) dA_c}{\rho A_c} = \frac{\int_0^R \rho u(r) 2\pi r dr}{\rho \pi R^2} = \frac{2}{R^2} \int_0^R u(r) r dr \quad \text{Ec. 6}$$

Número de Reynolds

En el año 1880, Osborne Reynolds descubrió que el régimen de flujo depende principalmente de la razón de fuerzas inerciales a fuerzas viscosas en el fluido. Esta razón se llama número de Reynolds y se expresa para flujo interno en una tubería circular como:

$$\text{Re} = \frac{\text{Fuerzas inerciales}}{\text{Fuerzas viscosas}} = \frac{V_{\text{prom}}D}{\nu} = \frac{\rho V_{\text{prom}}D}{\mu} \quad \text{Ec. 7}$$

Donde V_{prom} es igual a la velocidad de flujo promedio (m/s), D igual a la longitud característica de la geometría (diámetro en este caso, en m), y $\nu = \mu/\rho$ viscosidad cinemática del fluido (m²/s). Se puede observar que el número de Reynolds es una cantidad adimensional.

Diámetro Hidráulico

$$D_h = \frac{4Ac}{p} \quad \text{Ec. 8}$$

Donde Ac es el área de sección transversal de la tubería y p es su perímetro húmedo. El diámetro hidráulico se define de modo que se reduce a diámetro común D para tuberías circulares.

Tuberías Circulares

$$D_h = \frac{4\left(\frac{\pi D^2}{4}\right)}{\pi D} = D \quad \text{Ec. 9}$$

En modelos de tubería circular, como el que se aprecia en la (ver Figura 5), es deseable tener valores precisos de números de Reynolds para flujos laminar, transicional y turbulento, pero éste no es el caso en la práctica. Es evidente que la transición de flujo laminar a turbulento también depende del grado de perturbación del flujo por la rugosidad de la superficie, las vibraciones de la tubería y las fluctuaciones en el flujo. En la mayoría de las condiciones prácticas, el flujo en una tubería circular es laminar para $\text{Re} \leq 2.300$, turbulento para $\text{Re} \geq 4.000$, y transicional entre ellos. Es decir

$\text{Re} \leq 2.300$ Flujo laminar

$2.300 \leq \text{Re} \leq 4.000$ Flujo transicional

$\text{Re} \geq 4.000$ Flujo turbulento

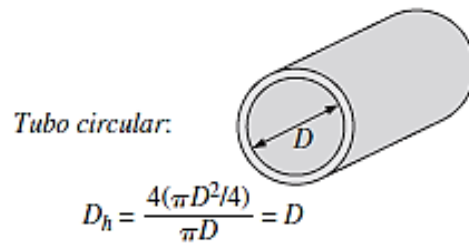


Figura 7: Formula D_h de Tubo circular.

Fuente: Çengel, Y. Cimbala J. (2006).

Flujo laminar

El flujo en tuberías es laminar para $Re \leq 2.300$ y que el flujo está totalmente desarrollado si la tubería es suficientemente larga (en relación con la longitud de entrada) de modo que los efectos de entrada son despreciables. Para este punto, se considera el flujo laminar estacionario de un fluido incompresible con propiedades constantes en la región totalmente desarrollada de una tubería circular recta (ver Figura 6). El perfil de velocidad en flujo laminar totalmente desarrollado en una tubería es parabólico con un máximo en línea central y mínimo cero en la pared de la tubería como:

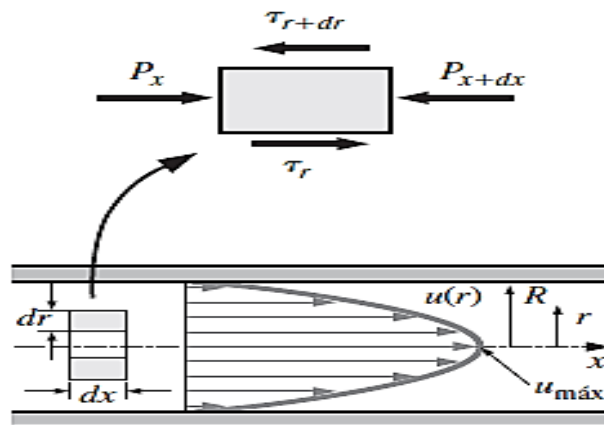


Figura 8: Perfil de velocidad en flujo laminar totalmente desarrollado.

Fuente: Çengel, Y. Cimbala J. (2006).

$$\mu(r) = -\frac{R^2}{4\mu} \left(\frac{dp}{dx}\right) \left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right) \quad \text{Ec. 10}$$

La ecuación (9) gobierna el perfil de velocidad en flujo laminar, donde el gradiente de presión debe ser negativo (es decir la presión disminuye en la dirección del flujo). Sustituyendo la ecuación (9) en la ecuación (5):

$$V_{\text{prom}} = \frac{2}{R^2} \int_0^R u(r) r dr = -\frac{2}{R^2} \int_0^R \frac{R^2}{4\mu} \left(\frac{dp}{dx}\right) \left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right) r dr \quad \text{Ec. 11}$$

Resolviendo quedaría:

$$V_{\text{prom}} = \frac{R^2}{8\mu} \left(\frac{dp}{dx}\right) \quad \text{Ec. 12}$$

Ecuación de la energía:

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_B - h_R = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_L \quad \text{Ec. 13}$$

Caída de presión y pérdida de carga

Un interés considerable en el análisis de flujo de tubería es el que causa la caída de presión ΔP , porque está directamente relacionada con la potencia necesaria para que el ventilador o bomba mantengan el flujo. Note que $dP/dx = \text{constante}$ y cuando se integra de $x = x_1$, donde la presión es P_1 , hasta $x = x_1 + L$, donde la presión es P_2 , produce:

$$\frac{dP}{dx} = \frac{P_2 - P_1}{L} \quad \text{Ec. 14}$$

Sustituyendo esta última ecuación en la expresión V_{prom} de la ecuación (10), la caída de presión se puede expresar como:

$$\text{Flujo laminar: } \Delta P = P_1 - P_2 = \frac{8\mu L V_{\text{prom}}}{R^2} = \frac{32\mu L V_{\text{prom}}}{D^2} \quad \text{Ec. 15}$$

Una caída de presión ocasionada por efectos viscosos representa una pérdida de presión irreversible llamada pérdida de presión ΔP_L para destacar que es una pérdida (tal como la pérdida de carga h_L , que es proporcional a ella). A partir de la ecuación (13) que la caída de presión es proporcional a la viscosidad μ del fluido, y ΔP sería cero si no hubiera fricción. Por lo tanto, la caída de presión de P_1 a P_2 , en este caso, se debe por completo a efectos viscosos, y la ecuación (13) representa la pérdida de presión ΔP_L cuando un fluido de viscosidad μ fluye a través de una tubería de diámetro uniforme D y longitud L , a una velocidad promedio V_{prom} (ver Figura 9).

En la práctica, es conveniente expresar la pérdida de presión para todos los tipos de flujos internos totalmente desarrollados (flujos laminar o turbulento, tuberías circulares o no-circulares, superficies lisas o rugosas, tuberías horizontales o inclinadas) como:

$$\text{Pérdida de presión } \Delta P_L = f \frac{L}{D} \cdot \frac{\rho V_{2prom}^2}{2} \quad \text{Ec. 16}$$

Donde $\rho V_{2prom}^2/2$ es la presión dinámica y f es el factor de fricción de Darcy,

$$f = \frac{8\tau_w}{\rho V_{2prom}} \quad \text{Ec. 17}$$

En el análisis de los sistemas de tuberías, las pérdidas de presión comúnmente se expresan en términos de la altura de la columna de fluido equivalente, llamada pérdida de carga h_L . A partir de la estática de fluidos que $\Delta P = \rho g h$ y, por tanto, una diferencia de presión de ΔP corresponde a una altura de fluido de $h = \Delta P / \rho g$, la pérdida de carga de tubería se obtiene cuando se divide ΔP_L entre ρg para obtener

$$\text{Pérdida de Carga } h_L = \frac{\Delta P_L}{\rho g} = f \frac{L}{D} \frac{V_{2prom}^2}{2g} \quad \text{Ec. 18}$$

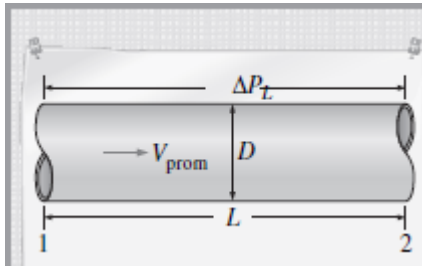


Figura 9: Tubería con superficies lisas o rugosas.

Fuente: Çengel, Y. Cimbala J. (2006).

2.2.7 Dinámica de fluidos computacional

Es el área de conocimiento que trata sobre la simulación numérica de flujos fluidos, transferencia de calor y fenómenos relacionados tales como reacciones químicas, combustión, aeroacústica entre otros. Tuvo origen a partir de la combinación de dos disciplinas: mecánica de los fluidos y cálculo numérico. Las ecuaciones que rigen el flujo fluido tienen origen en la mecánica de los fluidos y pueden ser resueltas por medio de diferentes métodos numéricos

Ecuación de la Dinámica de Fluidos Computacional

La principal ecuación resuelta vía dinámica de fluidos computacional es la ecuación de transporte de la variable de interés, representada por el símbolo Φ . Dicha ecuación es presentada debajo:

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_V \rho \Phi dV + \oint_A \rho \Phi V \cdot dA = \oint_A \Gamma \nabla \Phi \cdot dA + \int_V S \Phi dV \quad \text{Ec. 19}$$

Tiempo Advección Difusión Fuente

Fluidos Computacional poseen la forma anterior, con cuatro términos: El término de tiempo, el término advectivo, el término difusivo y el término fuente. Para representar diferentes ecuaciones de conservación se alteran sólo tres componentes de la ecuación: la variable Φ , el coeficiente de difusión Γ , y la fuente S . Por ejemplo, para la ecuación de conservación de masa (o continuidad), la variable Φ es igual a 1, el coeficiente de difusión y la fuente son nulos. A pesar de la fórmula ser ampliamente

utilizada para aplicaciones, se puede afirmar que hasta el momento no existe solución analítica de la ecuación arriba. De esa forma, es necesario resolverla por medio de algún método de discretización.

Los métodos de discretización más difundidos son el método de las diferencias finitas, el método de los elementos finitos y el método de los volúmenes finitos, siendo este último el más utilizado en Dinámica de Fluidos Computacional. Con esos métodos, se intercambia el dominio continuo por un dominio discreto, donde un conjunto de volúmenes de control es utilizado para representar el dominio original.

Aplicación de la Dinámica de Fluidos Computacional

La Dinámica de Fluidos Computacional es ampliamente utilizada en los diferentes segmentos de la industria y soporta el proyecto y la fabricación de centenares de productos, tales como aviones, automóviles y navíos, así como los más diversos tipos de equipamientos industriales. La Mecánica de Fluidos Computacional puede ser utilizada desde la fase conceptual de un proyecto, ayudando a determinar la viabilidad y la mejor solución en producto, hasta la etapa de producción, permitiendo representar diversos escenarios. Con la ayuda de las herramientas de Dinámica de Fluidos Computacional es posible:

- Simular difusión y convección de sustancias fluidas en los más diferentes ambientes, como en la presente investigación que plantea evaluar el recorrido del fluido mediante tuberías.
- Realizar la planificación y gestión de recursos hídricos
- Analizar la aerodinámica y aerotermodinámica de vehículos
- Evaluar la refrigeración de equipamientos, como reactores nucleares, motores, entre otros.
- Simular hidrodinámica y hemodinámica
- Probar y desarrollar proyectos de sistemas propulsivos y de generación de energía en general

2.2.8 Ciclo de llenado

El ciclo de llenado hace referencia al envasado de botellas que se pueden personalizar con la línea de producción, desde la alimentación del recipiente, el llenado

de aceite, el taponado y el etiquetado, de acuerdo con los requisitos reales del producto de los clientes, se diseñan los requisitos reales de llenado y envasado del producto. La estación de llenado puede ajustar el número de cabezales de llenado de acuerdo con la demanda de velocidad de producción real. El sistema de alimentación se agrega para almacenar el líquido que se va a llenar y garantizar que el líquido mantenga una cierta cantidad de stock y mantenga la precisión del llenado del líquido.

El aceite comestible es uno de los nutrientes que las personas son indispensables para la dieta diaria. Por lo tanto, si la máquina de llenado automática se usa en el modo de producción de empaque simple, se recolectan diferentes tamaños de envases de botellas para colocarlos en la bandeja de alimentación y luego pasan a la cinta transportadora. Luego, la máquina llenadora ayuda a dividir las botellas en paquetes pequeños y paquetes grandes. Generalmente, el llenado de aceite comestible adopta el tipo de llenado de desbordamiento, que puede mantener el mismo nivel de líquido en cada recipiente después de que se completa el llenado de aceite y también puede ajustar la superficie horizontal a través de la interfaz hombre-máquina. Además, cada máquina se produce en una conexión sincrónica, y la pantalla colorida hombre-máquina es fácil de usar y se visualiza para simplificar operaciones complicadas.

2.2.9 SolidWorks

Según la compañía que desarrolla este programa, SOLIDWORKS es un software de diseño CAD 3D (diseño asistido por computadora) para modelar piezas y ensamblajes en 3D y planos en 2D. El software que ofrece un abanico de soluciones para cubrir los aspectos implicados en el proceso de desarrollo del producto. Sus productos ofrecen la posibilidad de crear, diseñar, simular, fabricar, publicar y gestionar los datos del proceso de diseño. Además, permite reducir considerablemente el tiempo de los ciclos de diseño, produce un ahorro de tiempo y costes, incrementa la calidad de los productos diseñados. Gracias a las herramientas que proporciona este software de diseño, podrá ser más productivo y lanzar los productos al mercado con mayor rapidez y presenta una interfaz intuitiva y sencilla lo cual ayuda a transformar rápidamente las ideas en productos reales.

El software permite utilizar diversas herramientas, como lo es la Dinámica de fluidos computacional, en la que se puede realizar simulaciones de flujo de fluidos y transferencia de calor para mejorar la calidad y evitar problemas de fabricación, permite explorar el flujo de fluidos y el rendimiento térmico de los productos para acelerar la innovación de productos. Por otra parte, una amplia gama de funciones proporciona herramientas para predecir fácilmente un flujo de estado estable y transitorio de larga duración, y el comportamiento térmico de los productos. Esta extensión de solidWorks se puede encontrar como “Flow Simulation”.

Según SolidWorks en el año 2012 Flow Simulation resuelve las ecuaciones de Navier-Stokes, que son formulaciones de leyes de masa, impulso y conservación de energía para flujos de fluidos. Las ecuaciones se complementan por ecuaciones de estado de fluido que definen la naturaleza del mismo, y por dependencias empíricas de densidad el fluido, viscosidad y conductividad térmica en la temperatura. Los fluidos no newtonianos, se consideran introduciendo una dependencia de su viscosidad dinámica sobre el flujo, la velocidad de cizallamiento y la temperatura, los líquidos compresibles se consideran introduciendo una dependencia de su densidad a la presión.

Un problema particular es finalmente especificado por la definición de su geometría, frontera y condiciones iniciales. La simulación de flujo es capaz de predecir flujos tanto laminares como turbulentos. Los flujos laminares se producen a valores bajos del número de Reynolds, que se define como el producto de escalas representativas de velocidad y longitud divididas por la viscosidad cinemática. Cuando el número de Reynolds excede un cierto valor crítico, el flujo se vuelve turbulento, es decir, los parámetros comienzan a fluctuar aleatoriamente. La mayoría de los flujos encontrados en la práctica de ingeniería son turbulentos, por lo que la simulación de flujo se desarrolló principalmente para simular y estudiar flujos turbulentos.

Para predecir flujos turbulentos, se utilizan las ecuaciones de Navier-Stokes de Favre, donde se consideran los efectos promediados en el tiempo de la turbulencia de flujo sobre los parámetros de flujo, mientras que se tienen en cuenta los otros fenómenos dependientes del tiempo a gran escala directamente. A través de este procedimiento, los términos adicionales conocidos como los esfuerzos de Reynolds

aparecen en las ecuaciones para las cuales se debe proporcionar información adicional. Para cerrar este sistema de ecuaciones, la simulación de flujo emplea ecuaciones de transporte para la energía cinética turbulenta y su tasa de disipación, el llamado modelo $k-\varepsilon$. La simulación de flujo emplea un sistema de ecuaciones para describir tanto el flujo laminar como turbulento. Además, es posible la transición de un estado laminar a turbulento y/o viceversa. Los flujos en modelos con paredes móviles (sin cambiar la geometría del modelo) se calculan especificando las condiciones de contorno correspondientes. Los flujos en modelos con partes giratorias se calculan en sistemas de coordenadas unidos a los modelos de piezas giratorias, es decir, girando con ellos, de modo que las partes estacionarias de los modelos deben ser asimétricas con respecto a la rotación del eje.

2.3 Definición de términos básicos

➤ Diseño

Es una serie común de pasos que los ingenieros utilizan para crear productos y procesos funcionales. El proceso es sumamente iterativo: las partes del proceso a menudo deben repetirse muchas veces antes de que se pueda ingresar otra, aunque las partes que se repiten y el número de dichos ciclos en un proyecto determinado pueden variar.

➤ Contenedor marítimo

Es una gran caja de metal usada para transportar mercancías. Se caracteriza por su seguridad, economía y versatilidad.

➤ Palma aceitera

La palma aceitera o palma africana es originaria del Golfo de Guinea (África Occidental) y se extiende hasta 15° de latitud norte y sur. Es un cultivo que tarda entre 2 y 3 años para empezar a producir frutos y puede hacerlo durante más de 25 años. Dentro de los cultivos de semillas oleaginosas es el que produce mayor cantidad de aceite por hectárea. Con un contenido del 50% en el fruto, puede rendir de 3.000 a 5.000 Kg de aceite de pulpa por hectárea, más 600 a 1.000 Kg de aceite de palmiste. La palma aceitera es el cultivo oleaginoso que mayor cantidad de aceite produce por unidad de superficie. La palma de aceite es un cultivo perenne y de tardío y largo

rendimiento ya que la vida productiva puede durar más de 50 años, pero desde los 25 se dificulta su cosecha por la altura del tallo.

El procesamiento de los frutos de la palma de aceite se lleva a cabo en la planta de beneficio o planta extractora. Ahí se desarrolla el proceso de extracción del aceite crudo de palma. Este es un proceso simple que consiste en esterilizar los frutos, desgranarlos de racimo, macerarlos, extraer el aceite de la pulpa, clarificarlo y recuperar las almendras del bagazo resultante.

➤ **Eficiencia**

Es un término que se refiere a la ausencia de recursos productivos ociosos, es decir, a que se están usando de la mejor manera posible los factores en la producción de bienes o servicios. Cuando hay recursos que no están siendo utilizados (o que están siendo utilizados, pero no al máximo) en la producción de bienes o servicios, pero que podría mejorar su uso, entonces se dice que se está haciendo un uso ineficiente de los recursos productivos.

➤ **Reutilización**

La reutilización establece que se vuelve a utilizar el componente o el material tal como está, sin transformación alguna.

➤ **Innovación**

Es un proceso que introduce novedades y que se refiere a modificar elementos ya existentes con el fin de mejorarlos, aunque también es posible en la implementación de elementos totalmente nuevos.

➤ **Estándar**

Es la definición clara de un modelo, criterio, regla de medida o de los requisitos mínimos aceptables para la operación de procesos específicos, con el fin asegurar la calidad.

➤ **Norma**

Una norma es un documento de aplicación voluntaria que contiene especificaciones técnicas basadas en los resultados de la experiencia y del desarrollo tecnológico, de ahí su importancia para la ingeniería.

➤ **Maquinaria**

Es un conjunto de elementos móviles y fijos cuyo funcionamiento posibilita aprovechar, dirigir, regular o transformar energía, o realizar un trabajo con un fin determinado. Se denomina maquinaria al conjunto de máquinas que se aplican para un mismo fin y al mecanismo que da movimiento a un dispositivo.

➤ **Región de entrada**

La región desde la entrada a la tubería hasta el punto en el que la capa límite emerge en la línea central se llama región de entrada hidrodinámica, y la longitud de esta región se llama longitud de entrada hidrodinámica L_h . El flujo en la región de entrada se llama flujo en desarrollo hidrodinámico porque ésta es la región donde se crea el perfil de velocidad. La zona más allá de la región de entrada en la que el perfil de velocidad está totalmente desarrollado y permanece invariable se llama región hidrodinamicamente desarrollada totalmente. Se dice que el flujo está totalmente desarrollado, o totalmente desarrollado térmicamente, cuando el perfil de temperatura normalizada permanece invariable también. El flujo hidrodinamicamente desarrollado equivale al flujo totalmente desarrollado cuando el fluido en la tubería no se calienta o enfría, porque en este caso la temperatura del fluido permanece esencialmente constante a todo lo largo.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de Investigación

La presente investigación está ambientada en un proyecto factible que tiene como objetivo principal diseñar e instalar una planta modular de envasado de aceite comestible en la zona industrial de Valencia, por lo cual primero se entrevistó a los dueños de la empresa para poder conocer sus necesidades y aspiraciones con el proyecto. Luego se procedió a inspeccionar el lugar para poder llevar a cabo los estudios para la evaluación y la viabilidad en la ejecución del proyecto en el lugar en el que se empezó a desarrollar para comenzar con la propuesta de diseño y culminar con su instalación en dicho lugar. Por lo anteriormente expuesto se puede decir que la investigación se adaptó a un contexto de Proyecto factible.

De acuerdo con Hurtado (2008), define a un proyecto factible como aquel que: Consiste en la elaboración de una propuesta, un plan, un programa o un modelo, como solución a un problema o necesidad de tipo práctico, ya sea de un grupo social, o de una institución, o de una región geográfica, en un área particular del conocimiento, a partir de un diagnóstico preciso de las necesidades del momento, los procesos explicativos o generadores involucrados y de las tendencias futuras, es decir, con base en los resultados de un proceso investigativo. (Pág. 325)

3.2 Diseño de la investigación

El trabajo de investigación está apoyado en una investigación documental principalmente, que según Arias (2012) la define como: La investigación documental es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas. Como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos

conocimientos (Pág. 27). Además, también se desarrolló la investigación bajo un diseño de campo, que como lo expresó Arias (2006), “Consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variables algunas” (Pág.94).

Los datos que se presentan en la investigación se logran realizando visitas periódicas a la empresa en donde se desarrolló la planta, donde por medio de técnicas como: la observación directa, entrevistas no estructuradas se realizó el diagnóstico actual de la empresa, además usando diferentes fuentes, lo que ayudó de manera relevante a recolectar la información necesaria para de esa forma poder realizar el desarrollo de un diseño modular de envasado de aceite óptimo a las necesidades que requiere la empresa.

3.3 Nivel de la investigación

La investigación se desarrolló como una investigación descriptiva, que según Arias (2012), la define como: “La caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere.” (Pág. 24). La investigación que se desarrolló es descriptiva debido a que la información que se utiliza para su ejecución se documentó, procesó, analizó e interpretó directamente en la empresa. La investigación que se realizó, permite exponer los hechos de la realidad. Así de esta manera se señala toda la información que arrojó el proceso investigado en el presente trabajo de Diseño e instalación de una planta modular de envasado de aceite comestible

3.4 Población y Muestra

3.4.1 Población

Para Arias (2016) se define como “población un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para las cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación.” (Pág. 81). La población en el presente trabajo de grado son los diferentes tipos de diseños modulares y plantas fijas con diversas instalaciones para envasado de aceite comestible, así como también las diversas

investigaciones experimentales que utilizan simulación en tuberías.

3.4.2 Muestra

Además, según Sampieri (2014), define a la muestra como “Un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población” (Pág. 175). La muestra es una estructura modular usando contenedores marítimos que contiene estructuras para que puedan contener en su interior las diversas tuberías tanto del llenado como la descarga del aceite, además que soporte los cuatro tanques con capacidad de 12.000 litros.

3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

3.5.1 Técnicas

Según Arias, (2018) “La técnica de recolección de datos son las distintas formas o maneras de obtener la información. Además, un instrumento es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital) que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información” (Pág. 68). En la siguiente investigación se utiliza las siguientes técnicas de recolección de datos:

➤ Observación Directa

Según Tamayo (2007), la observación directa “es aquella en la cual el investigador puede observar y recoger datos mediante su propia observación”. (Pág.183). Para la presente investigación fue necesario asistir a la empresa para observar en donde se va a implementar el diseño, así de esta forma poder tomar medidas para optimizar al máximo el espacio.

➤ Entrevista Semiestructurada

Asimismo, Arteaga (2020), estableció que “La entrevista semiestructurada es una estrategia de recopilación de datos cualitativos en la que el investigador hace a los informantes una serie de preguntas predeterminadas pero abiertas. El investigador tiene más control sobre los temas de la entrevista que en las entrevistas no estructuradas, pero a diferencia de las entrevistas estructuradas o los cuestionarios que utilizan preguntas cerradas, no hay un rango fijo de respuestas a cada pregunta”.

Para el desarrollo de la presente investigación será necesario recurrir al jefe de planta que fue el encargado de dar las instrucciones para que el proyecto se lleve de forma óptima para concluir en la instalación de la planta de envasado de aceite. La entrevista dispone de un cuestionario con preguntas abiertas.

➤ **Revisión Bibliográfica**

Se tiene como objetivo desarrollar una investigación documental que permita recopilar información ya existente sobre un tema o problema. Se puede obtener la información de diversas fuentes como: revistas, artículos científicos, libros, material archivado y trabajos académicos.

3.5.2 Instrumentos

Según Arias (2016), establece que “Los instrumentos son los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información. Ejemplo: fichas, formatos de cuestionario, guía de entrevista, lista de cotejo, escalas de actitudes u opinión, grabador, cámara fotográfica o de video, etc.” Lo antes mencionado, sintetiza los aportes del marco teórico al seleccionar los datos que corresponden a los indicadores, variables y conceptos utilizados. En la investigación se aplica tomando como instrumentos las fichas, computadora y sus unidades de almacenaje, así como también software de simulación para el análisis de fluidos, como instrumento para la recolección de datos.

3.6 Fases de la investigación

En este apartado se describe el procedimiento ejecutado durante el desarrollo de la investigación la cual fue desplegada en cinco fases las cuales proporcionan el cumplimiento a los objetivos específicos ya mencionados. En este orden de ideas, se dará una explicación detallada del desglose de cada fase ejecutado durante la ejecución de la investigación.

Fase I: Diagnostico de las características actuales del proceso de la empresa.

En esta fase inicial, se analizó las condiciones de la planta en diversos temas, como la seguridad, higiene y sanitización, espacio físico, entre otros, para poder tener una visión clara del sitio en que se desarrolló el proyecto.

Fase II: Selección de un modelo basado en los requerimientos de la empresa.

Luego de conocer las necesidades de la empresa, esta segunda fase tuvo como objetivo mediante un software de diseño (Sketchup), poder realizar toda la estructura de la planta, con el fin de determinar todas las dimensiones, partiendo de la estructura de contenedores marítimos de 40 pies estandarizados, para poder incluir en el diseño las diversas instalaciones requeridas.

Fase III: Simulación del comportamiento del fluido en las tuberías, utilizando el software SolidWorks 2019, con su herramienta de Flow simulation.

Primero se realizó la simulación en el software SolidWorks para poder empezar a describir los correctos procedimientos para realizar las diferentes instalaciones como lo son las tuberías por donde se conducirá el aceite, incluyendo sus complementos, así como las instrucciones correctas para manejar la máquina de envasado de aceite.

Fase IV: Instalación y activación de los diversos equipos que comprende la planta.

En esta fase se realizó una comparación entre los resultados obtenidos en el software de simulación de diseño y los resultados reales que se pueden obtener luego de haber realizado la instalación de planta con cada uno de sus componentes y haciendo las primeras pruebas de llenado de los tanques, así como la de descarga para poder envasar el aceite en su recipiente.

Fase V: Determinación de la viabilidad económica, técnica y ambiental del proyecto.

En esta fase se da a conocer los detalles del presupuesto para la realización del proyecto y estudiar la viabilidad del mismo a través de las mejoras en el proceso en el manejo de producto terminado a objeto de incrementar la productividad por jornada diaria, además de mejorar las condiciones de trabajo, conociendo los efectos negativos y positivos del proyecto en el medio ambiente en el que se desempeñan los trabajadores.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

En este capítulo se desarrollaron cada una de las fases establecidas, a fin de cumplir con el objetivo, el cual es Diseñar e instalar una planta modular de envasado de diferentes tipos de aceites para consumo humano, aplicando para ello, herramientas de ingeniería mecánica; mostrando los resultados a continuación:

4.1. Diagnóstico de las características actuales del proceso de la empresa.

Para el diagnóstico de las características actuales de la empresa, previo al inicio del proyecto y en la búsqueda de alcanzar los objetivos propuestos se utilizaron las técnicas fundamentales en la recolección de datos como: La observación directa, revisión de los registros históricos y entrevista semiestructurada al jefe de planta, que cuenta con los conocimientos necesarios sobre todos los ítems. La observación directa se sustentó con una lista de chequeo de ítems, la cual se podrá observar en el desarrollo del trabajo de grado. Además, se procedió a realizar un guion de entrevista formado por ocho (8) ítems, con el propósito de identificar las deficiencias y/o debilidades en materia de seguridad y salud, así como en las limitaciones en el espacio físico y el software con el que se va a crear la propuesta de diseño.

4.1.1 Observación Directa

A continuación, se detalla la Observación Directa realizada en la empresa mediante una lista de chequeo previamente diseñada, la cual engloba un total de tres (3) aspectos y siete (7) ítems, mediante ésta se busca conocer a profundidad el estado de higiene y seguridad en la empresa en la que se pretende desarrollar el proyecto. Cada uno de estos ítems está relacionado con lo establecido en la COVENIN y el reglamento de condiciones de higiene y seguridad en el trabajo (RHCTS), con la finalidad de detectar cuales son los puntos que presentan deficiencia en la empresa en relación a lo que establece la normativa legal.

➤ **Lista de Chequeo**

Se realizó una evaluación de las características actuales de la empresa en tema de seguridad y salud laboral, utilizando una lista de chequeo, cuyo propósito es el de tener una perspectiva más clara de las características reales de la empresa en materia de seguridad, sanitización y espacio físico. La evaluación se realizó por medio de varias visitas, donde se recorrió todo el espacio físico en donde se planea ejecutar el proyecto.

Cuadro 1. CHECKLIST.

Ítem	Aspecto a Evaluar	Si	No	Observación
1	¿Los trabajadores de la planta adoptan posturas adecuadas para el desarrollo de las actividades laborales?	x		
2	¿La empresa tiene metas reales para poder concluir con la planificación en un máximo de 32 semanas?	x		
3	¿El área de trabajo en donde se va a desarrollar el proyecto se encuentra en condiciones adecuadas para comenzar con el mismo?	x		
4	¿El espacio es lo suficientemente grande como para instalar contenedores de 40 ft?	x		
5	¿Los pisos y paredes están libres de sucios, derrames, y materiales?	x		

Continuación Cuadro 1.

6	¿Los trabajadores usan los E.P.P adecuados para sus tareas?	x		
7	¿Se instruye al personal sobre el uso y cuidado de los E.P.P?		x	
8	¿En la empresa hay personas que tengan conocimientos sobre softwares de diseño como “Sketchup”?	x		

Fuente: Salazar P. (2022)

4.1.2 Entrevista Semiestructurada

Se procedió a realizar un guion de entrevista, que contó con ocho (8) preguntas, aplicadas al Jefe de Planta, el cual expresó su opinión sobre la realidad inicial que se vive dentro de la organización y las aplicaciones en materias de Seguridad, Salud e Higiene. La información recolectada permitió la descripción de las características y condiciones actuales de la empresa. La presentación de los resultados está representada mediante cuadros en el que la persona entrevistada pueda expresar detalladamente su percepción. En este sentido, después de recolectar la información a través del guion y atendiendo a las interrogantes planteadas en la presente investigación, se procedió al análisis de los resultados, para este caso, las respuestas del jefe de planta.

Pregunta N°1. ¿Cuenta la empresa con un equipo calificado para realizar las diversas instalaciones de la empresa?

Cuadro 2. Personal.

Ítem	Respuesta
1	Si, la empresa cuenta con el personal académico y técnico adecuado para ejecutar los trabajos de adecuación e instalación de equipos.

Fuente: Salazar P. (2022)

Pregunta N°2. ¿Considera usted que en un periodo de 32 semanas serán suficientes para diseñar, instalar y activar todos los procesos de la planta?

Cuadro 3. Tiempo.

Ítem	Respuesta
2	El tiempo fue calculado estableciéndose los posibles eventos que pudiesen afectar la ruta crítica de la ejecución del proceso, estableciendo un tiempo holgado y acorde.

Fuente: Salazar P. (2022)

Pregunta N°3. ¿Considera que el espacio de la planta es adecuado para realizar diversas instalaciones tanto administrativas como operativas que permita un buen desempeño del proceso?

Pregunta N°4. ¿La empresa está de acuerdo en utilizar contenedores marítimos dentro de la planta para que se pueda optimizar el espacio y cumpla con un diseño modular?

Cuadro 4. Espacio Físico.

Ítem	Respuesta
3	Si , el equipo, las instalaciones de servicios y los espacios operativos de la empresa fueron evaluados siguiendo los criterios en lo que se refiere a diseños establecidos en ingeniería industrial y las normas .
4	Si, la empresa quería un diseño modular, transportable y funcional , el sistema diseñado permite un rápido despliegue de los equipos, activación, operación y mantenimiento.

Fuente: Salazar P. (2022)

Pregunta N°5. ¿Cumple la planta con las condiciones salud y ambiente para realizar un proyecto de instalación de una planta de envasado de aceite para el consumo humano?

Cuadro 5. Sanitización.

Ítem	Respuesta
5	Se adecuaron los espacios según las normas establecidas para instalaciones sanitarias y se empleó materiales certificados con grado alimenticio.

Fuente: Salazar P. (2022)

Pregunta N°6. ¿La estructura física de la empresa se encuentra en condiciones seguras para que se pueda desarrollar e implementar el proyecto factible?

Pregunta N°7. ¿Dentro de la empresa se encuentran las correctas señalizaciones al igual que los diversos equipos (Por ejemplo, extintor de fuego) para resguardar y asegurar la vida de las personas que laboran en la planta.

Cuadro 6. Seguridad.

Ítem	Respuesta
6	Previa inspección, Se cumplieron con todas las normas y reglamentación establecidas por los distintos entes de seguridad , a saber Cuerpo de Bomberos, Protección civil.
7	Todo está normado y establecido según las respectivas guías de inspección del Cuerpo de Bomberos.

Fuente: Salazar P. (2022)

Pregunta N°8. ¿Está de acuerdo en que se utilice la herramienta Sketchup para realizar la propuesta de diseño de la planta y permita optimizar el espacio de la misma?

Cuadro 7. Software de Diseño

Ítem	Respuesta
8	Totalmente de acuerdo por lo versátil y amigable de la herramienta de diseño así como su vasta biblioteca.

Fuente: Salazar P. (2022)

4.2. Selección de un modelo basado en los requerimientos de la empresa.

Luego de hacer un recorrido en la empresa y mediante las técnicas de recolección de datos, se pudo diagnosticar sus características y necesidades, que, para empezar el proyecto, resaltó que la necesidad principal fue el espacio físico, ya que cumple un papel importante debido a que el tamaño de la planta es de 393 m². Por lo tanto, para el diseño de la planta se comenzó a utilizar el software de diseño sketchup que permite a una escala real diseñar la propuesta de diseño, respetando el espacio y limitaciones.

Adecuación de contenedores marítimos al espacio físico

Debido a que las principales autoridades de la empresa estuvieron de acuerdo con utilizar contenedores marítimos para la propuesta de diseño, se comenzaron a ubicar para saber el espacio más conveniente de los mismos (ver Figura 10).

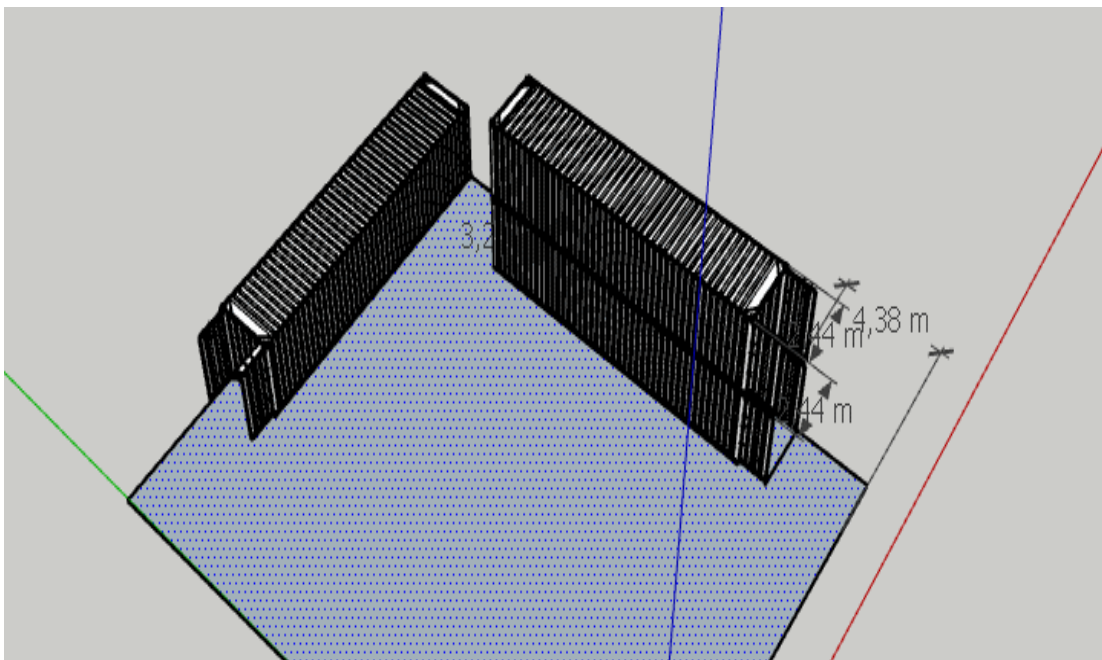


Figura 10: Ubicación de contenedores marítimos.

Fuente: Salazar, P. (2021).

Estructuras de soporte del contenedor N°1

Después de ubicarse los contenedores marítimos se procedió en el contenedor N°1 a añadirle unas estructuras que se iban a fabricar para que pueda soportar el peso de los 4 tanques de 12.000 litros (Ver Figura 11 y 12).

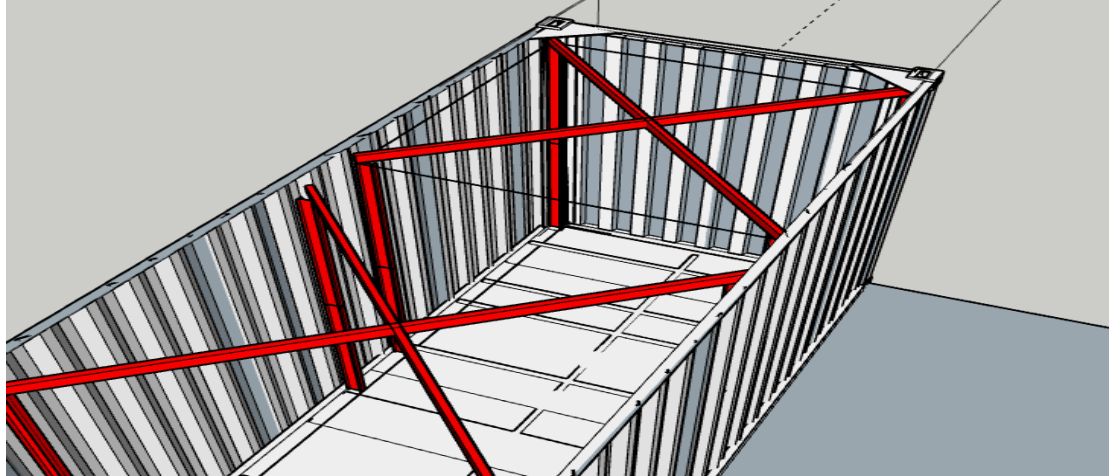


Figura 11: Adición de estructuras de soporte.

Fuente: Salazar, P. (2021).

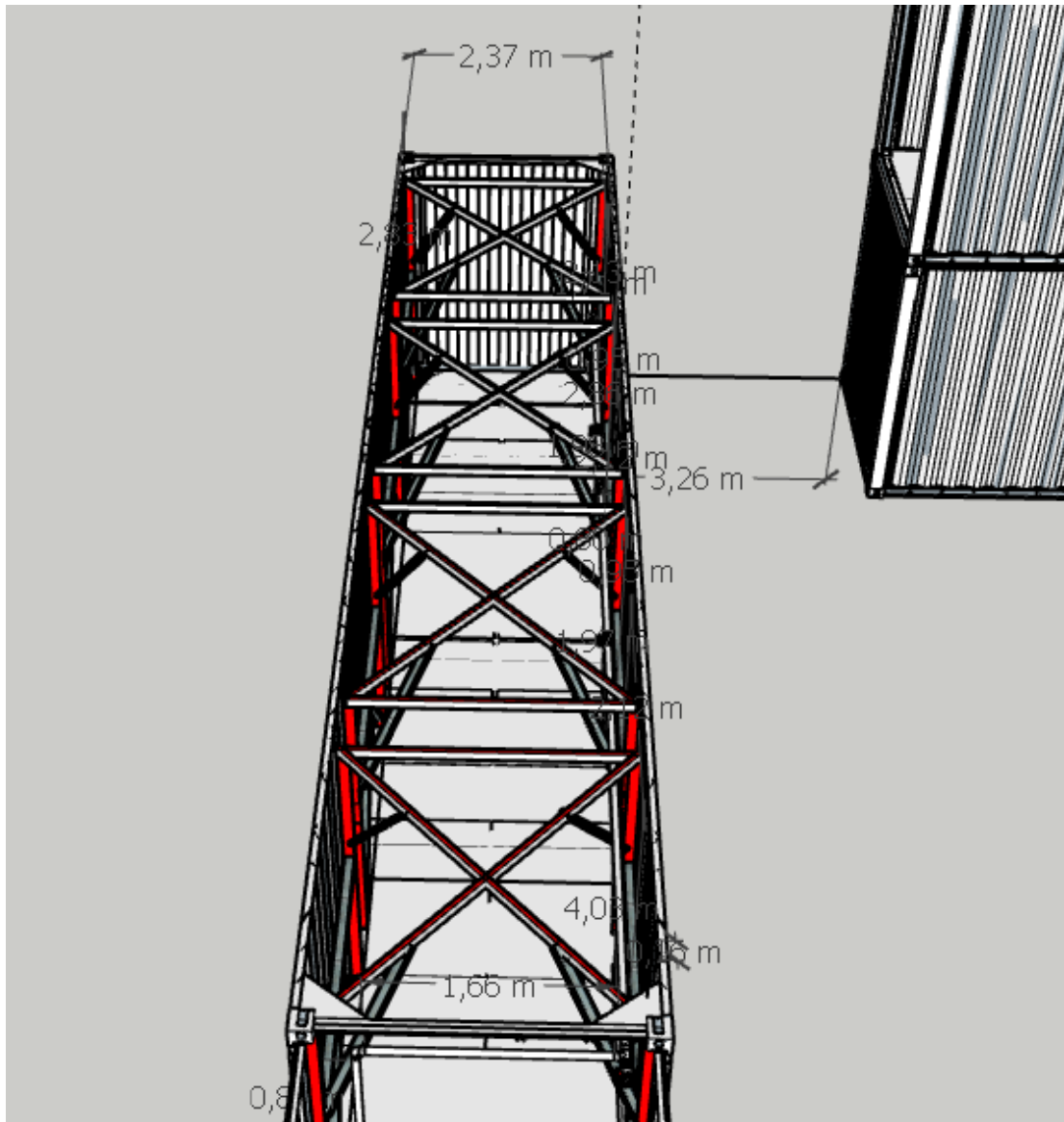


Figura 12: Estructuras de soportes terminadas en el contenedor N°1.

Fuente: Salazar, P. (2021).

Diseño, medición y adecuación de tuberías de llenado y descarga

En el software de diseño “Sketchup” por tener la capacidad de realizar estructuras a escala real, se procedió a trazar el tramo de tubería tanto de llenado (ver la figura 13, 14, 15 y 16) de cada uno de los tanques como el de descarga, lo que permitió ajustar el diseño a las condiciones de espacio dentro del contenedor, prediciendo además a que distancia se iban a colocar incluyendo cada una de sus válvulas

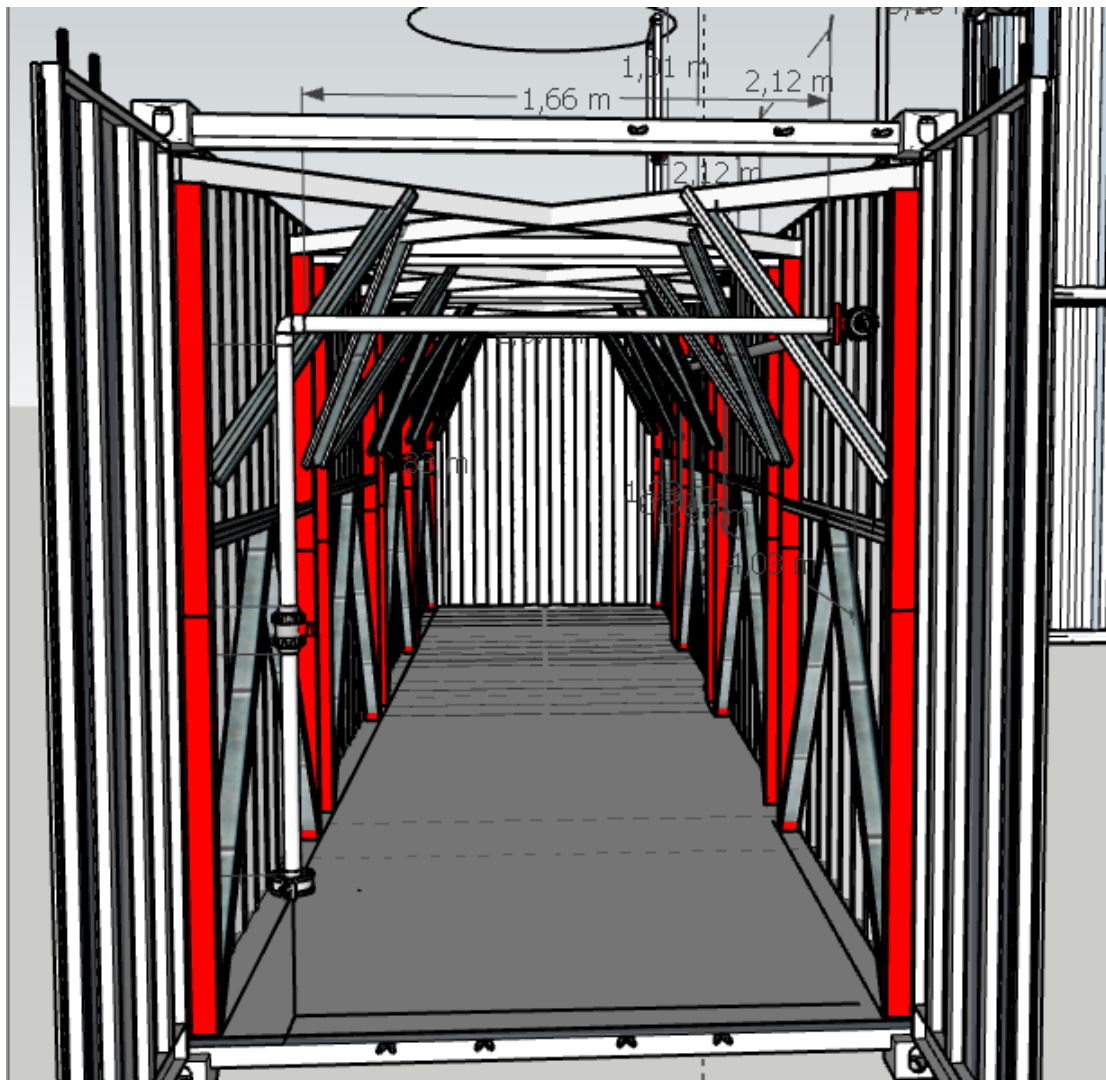


Figura 13: Inicio de trazado de tubería de llenado de tanques.

Fuente: Salazar, P. (2021).

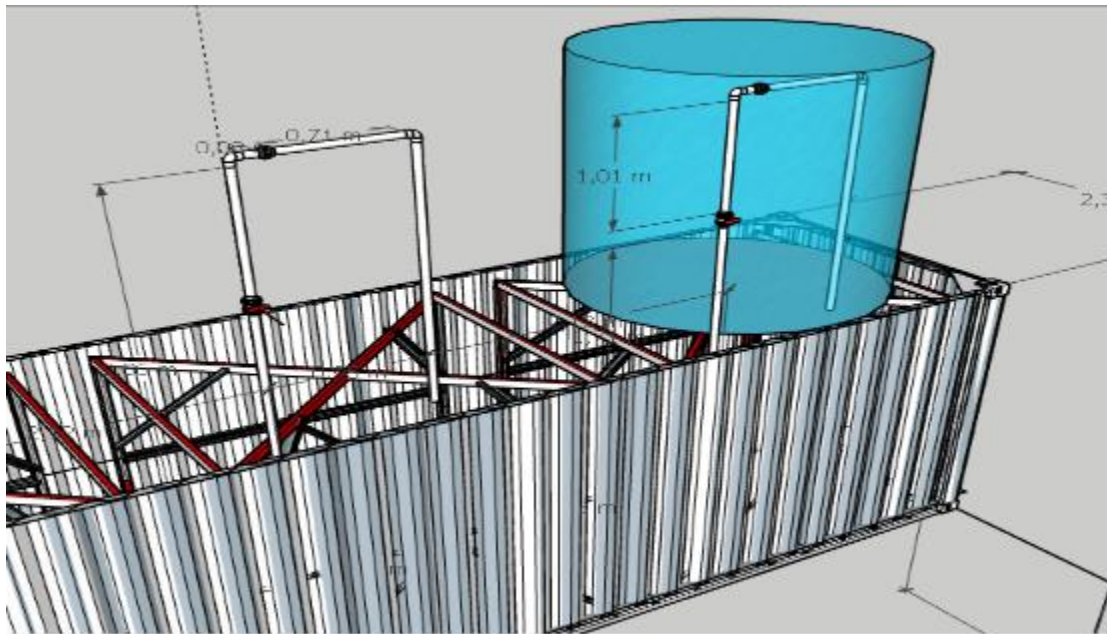


Figura 14: Diseño de tuberías de llenado de tanques.

Fuente: Salazar, P. (2021).

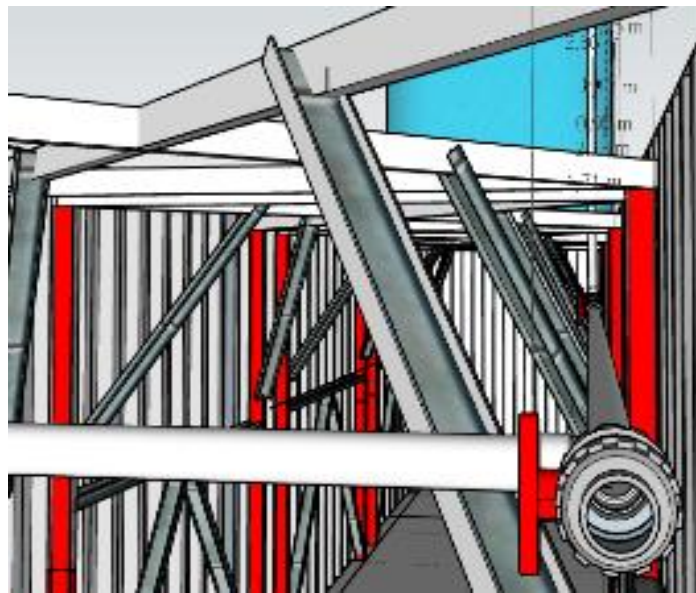


Figura 15: Diseño de tuberías de llenado de tanques.

Fuente: Salazar, P. (2021).

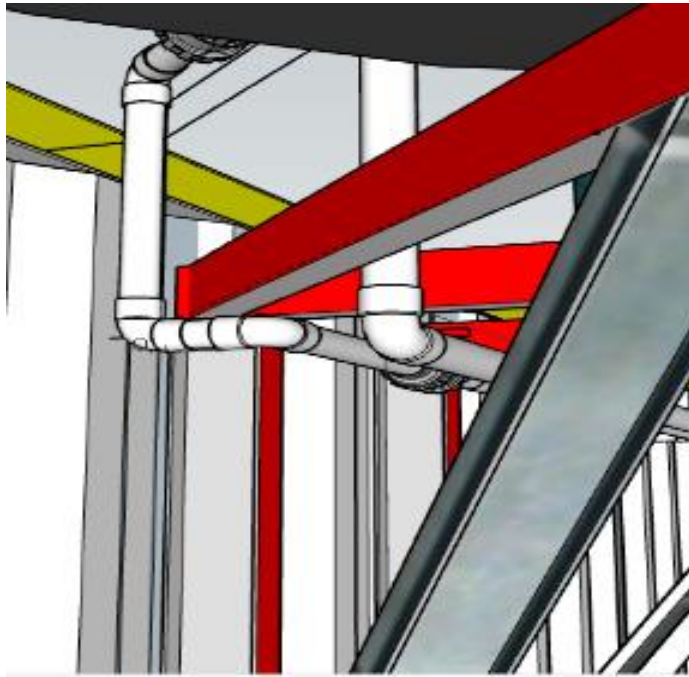


Figura 16: Diseño de tuberías de llenado y descarga.

Fuente: Salazar, P. (2021).

Las tuberías, tanto de descarga como de llenado, se adaptarán a las estructuras del contenedor y se le asignarán soportes para reducir las vibraciones al máximo. Además, ya en este punto se determina que la altura de descarga (D) es de 5,22m, que corresponde a la altura del contenedor y el contenedor. (ver Figura 17 y 18).

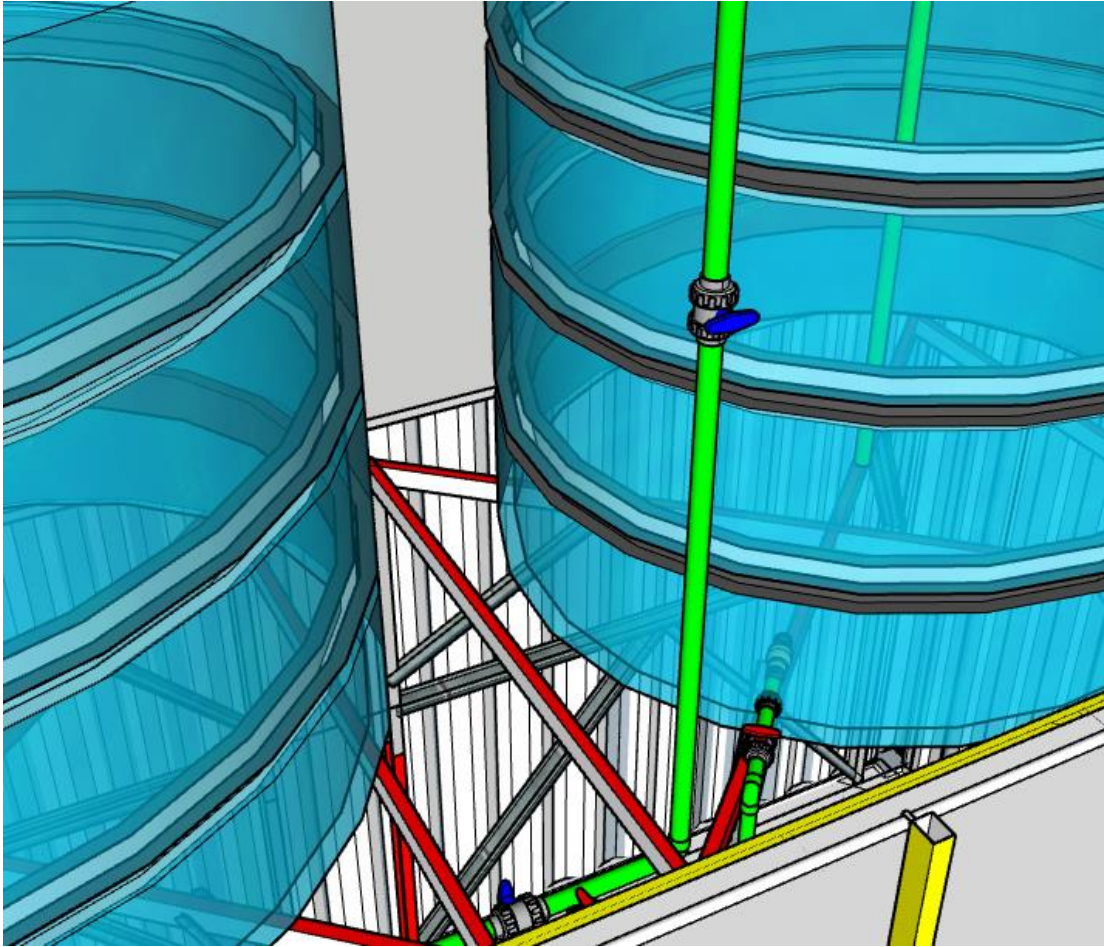


Figura 17: Adaptación de las tuberías a las estructuras.

Fuente: Salazar, P. (2021).

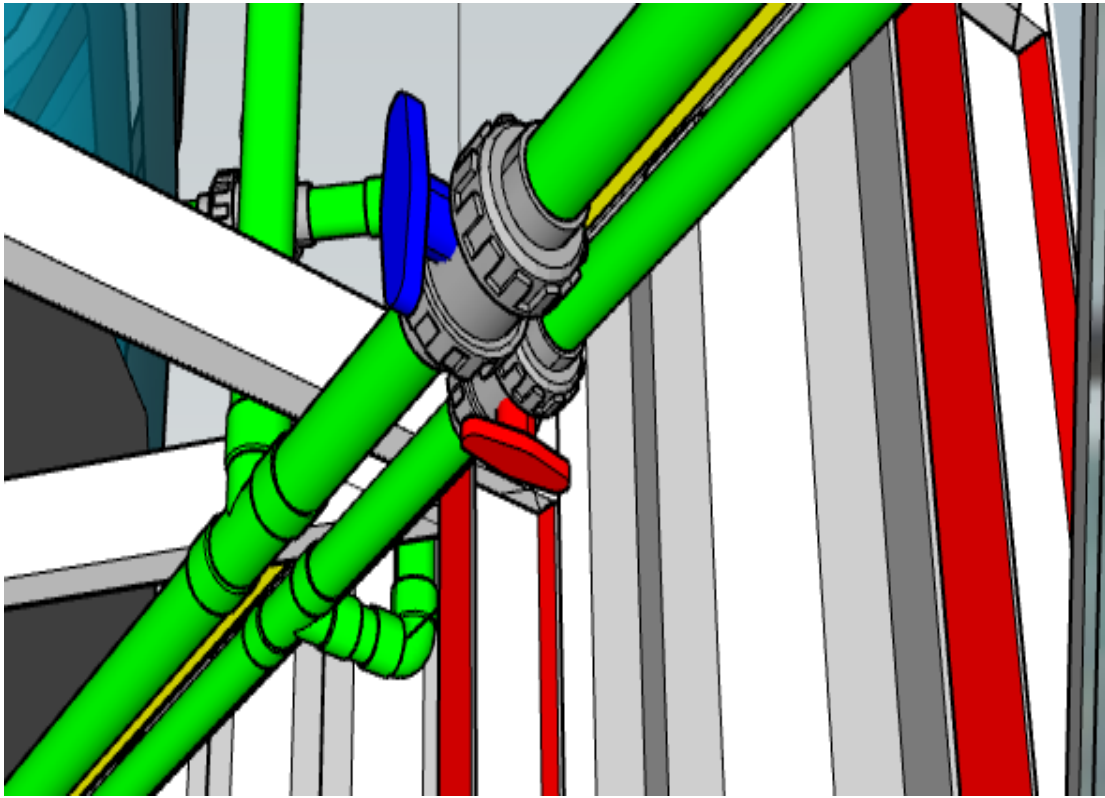


Figura 18: Adaptación de las tuberías a las estructuras.

Fuente: Salazar, P. (2021).

Para la tubería que conduce el aceite para el envasado, se procede a utilizar una tubería que comunique a la tubería principal de descarga ubicada en el contenedor N°1 con la línea de producción, para eso esta tubería se le debe asignar un soporte especial que conduzca desde el contenedor N°1 a la pasarela que comunica la línea de producción con el contenedor N°3, para evitar en todo lo posible las vibraciones de la misma (ver Figura 19).

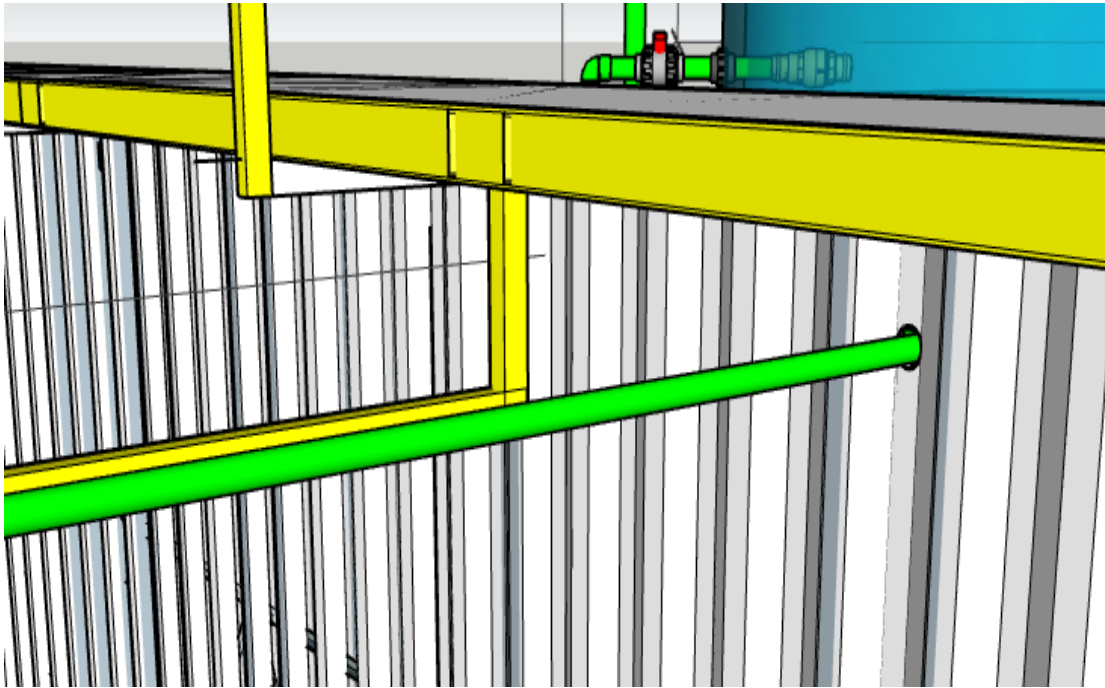


Figura 19: Tubería de descarga a la línea de producción desde la pasarela del contenedor N°3.

Fuente: Salazar, P. (2021).

Diseño de pasarela para los operadores.

Para esta fase inicial del proyecto se propone utilizar válvulas manuales que serán manipuladas por operadores, por lo tanto ya que varias de estas válvulas se ubicarán sobre el contenedor, se ideó una manera práctica para que los operadores tengan acceso a las mismas, utilizando una pasarela (ver Figura 20 y 21) que permita recorrer sin ningún problema al operador esta parte y el responsable de ejecutar la tarea deberá seguir todas las normas de seguridad en tema de espacios altos, como por ejemplo el uso obligatorio del arnés siempre que se encuentre en la pasarela.

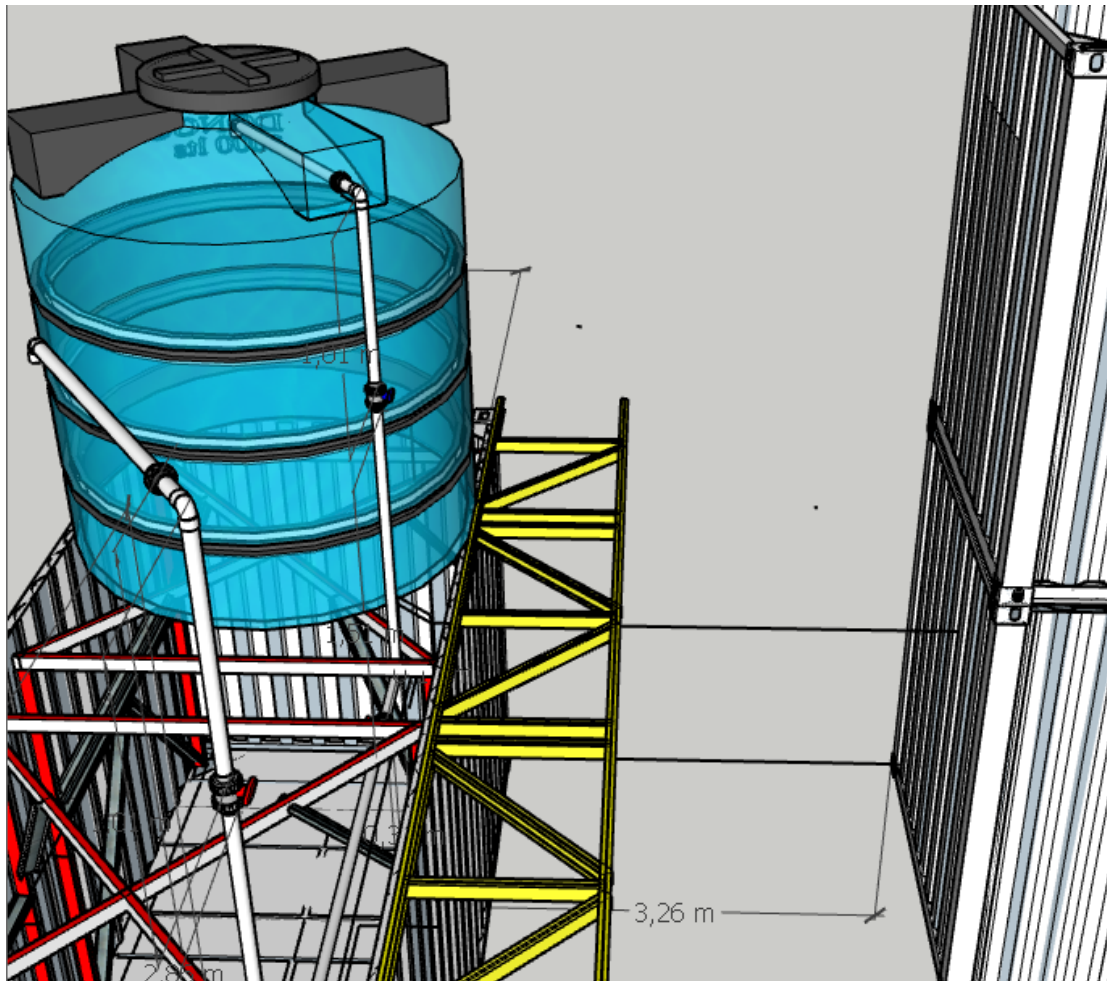


Figura 20: Inicio de diseño de pasarela.

Fuente: Salazar, P. (2021).

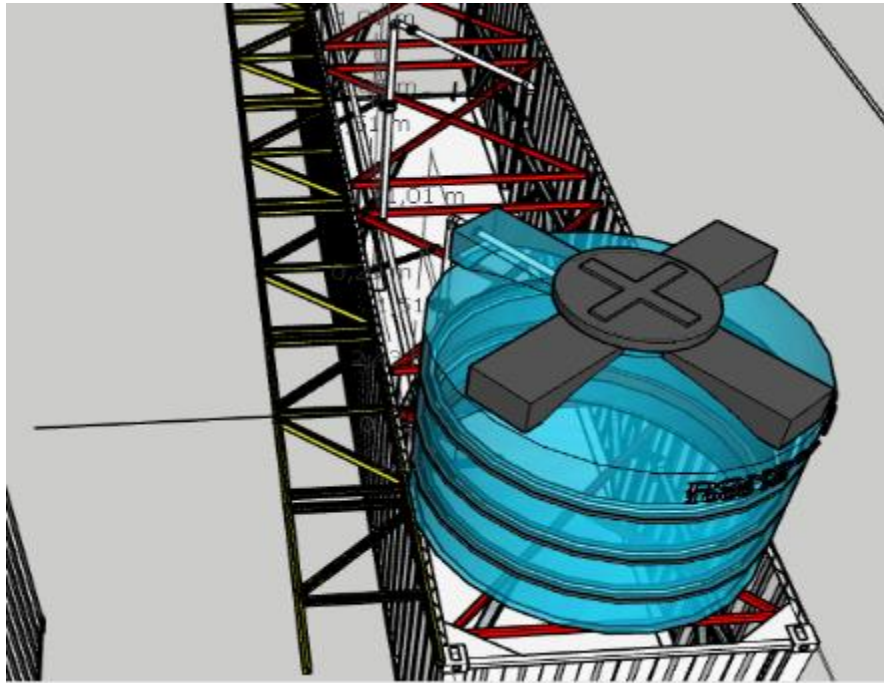


Figura 21: Proceso de diseño de la pasarela 1.

Fuente: Salazar, P. (2021).

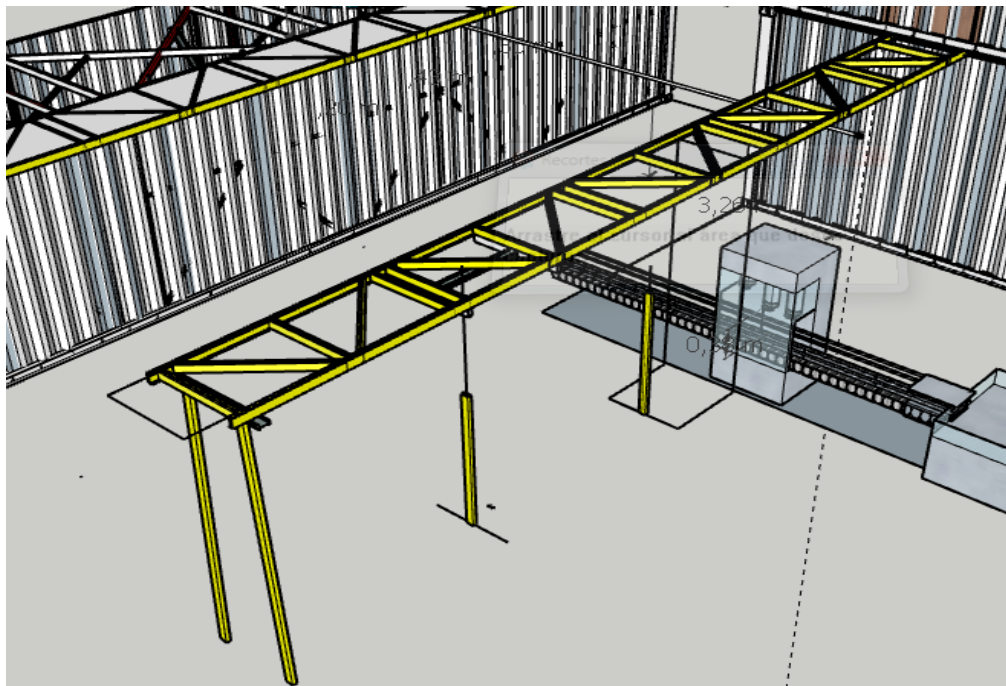


Figura 22: Proceso de diseño de la pasarela 2.

Fuente: Salazar, P. (2021).

La pasarela culmina con su función de conectar el contenedor N°1 con el contenedor N°3 para que el operador pueda ejecutar tanto la función del llenado de los tanques como el de la descarga del aceite de los mismos (ver Figura 23 y 24).

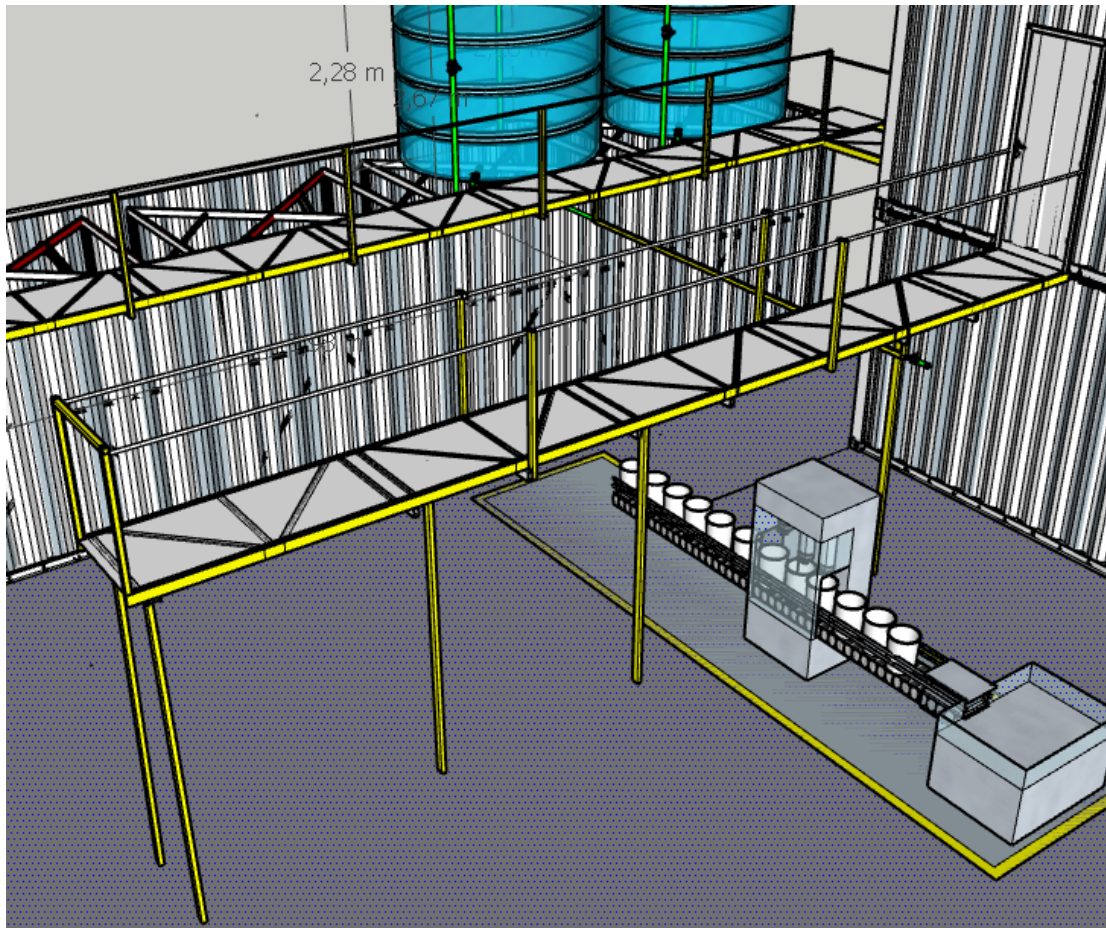


Figura 23: Finalización de diseño de la pasarela

Fuente: Salazar, P. (2021).

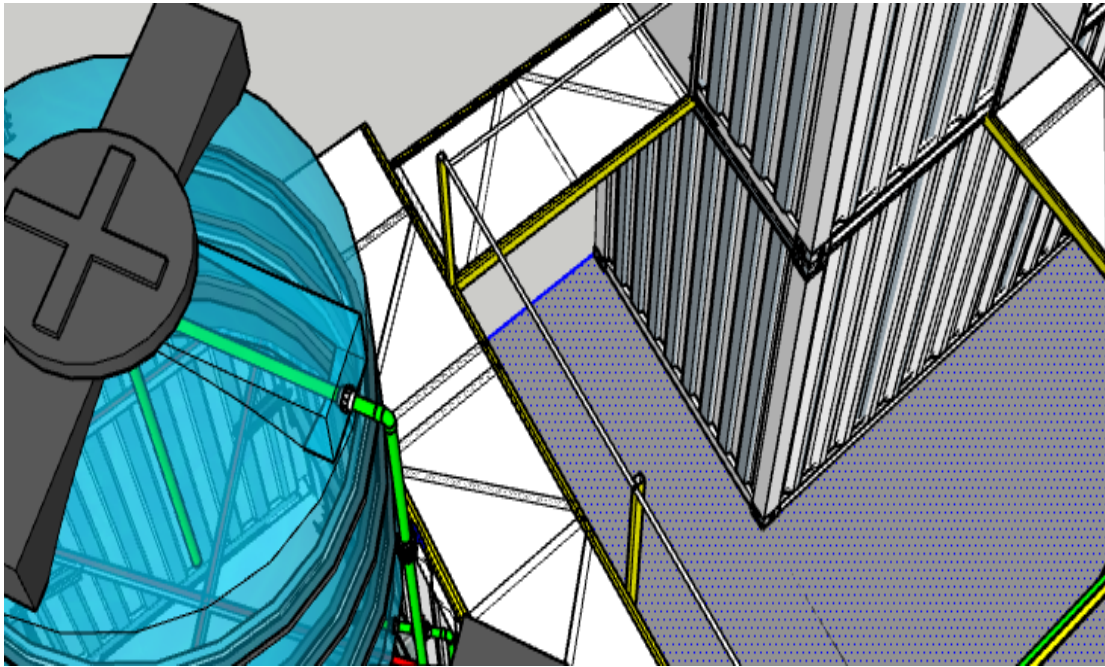


Figura 24: Acabado de diseño de la pasarela

Fuente: Salazar, P. (2021).

Escalera de acceso a la pasarela y ubicación del compresor de aire

Para poder comunicar a los operadores con el contenedor N°3 se pretende diseñar una escalera que conduzca desde planta baja al contenedor N°3 y de ahí pueda desplazarse a realizar sus actividades, adicional a esto la instalación del compresor de aire comprimido se ubicará debajo de la escalera, con la finalidad de seguir con la meta de optimizar el espacio físico (ver Figura 25) y las instalaciones del mismo serán conducidas por la separación que existe entre el contenedor N°2 y el contenedor N°3.

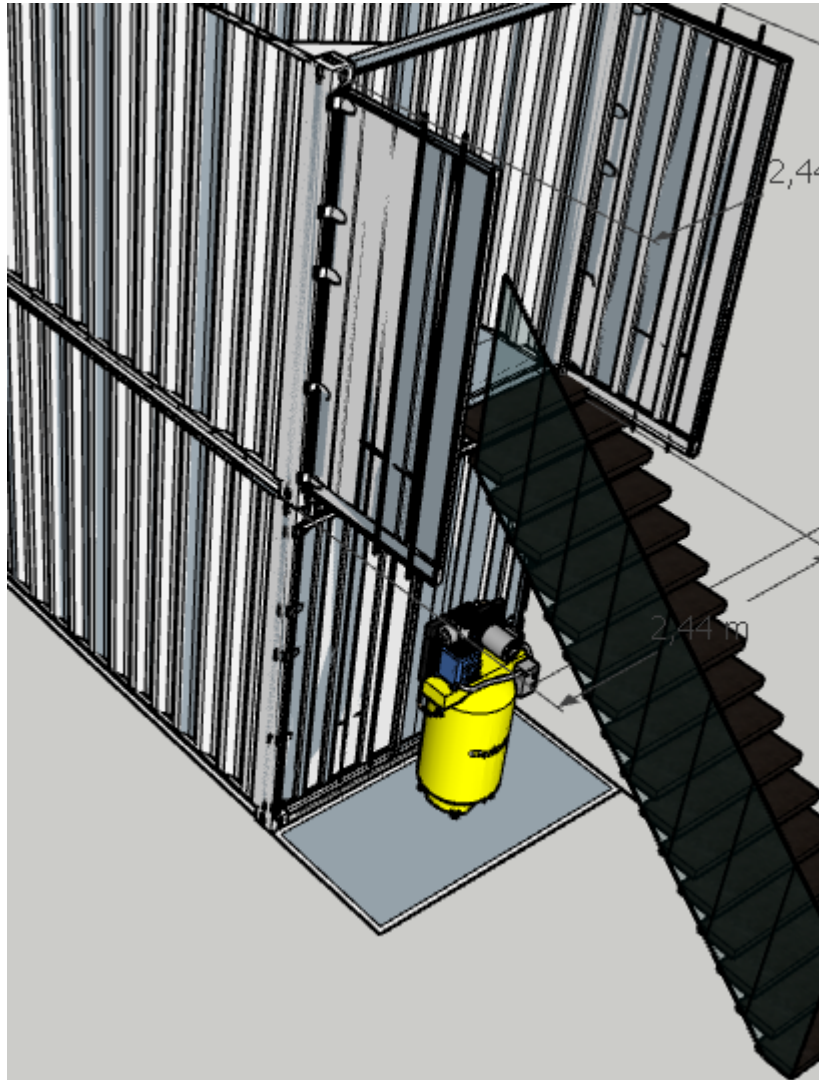


Figura 25: Instalación de aire comprimido y escaleras.

Fuente: Salazar, P. (2021).

Ubicación de la máquina envasadora de aceite comestible.

El transportador que se utilizará para el proceso de envasado estará ubicado debajo de la pasarela del contenedor N°3 y permitirá recibir el aceite comestible que sale de los tanques y es dirigido por la tubería de descarga de 1 ½” con reducción a 1” (ver Figura 26).

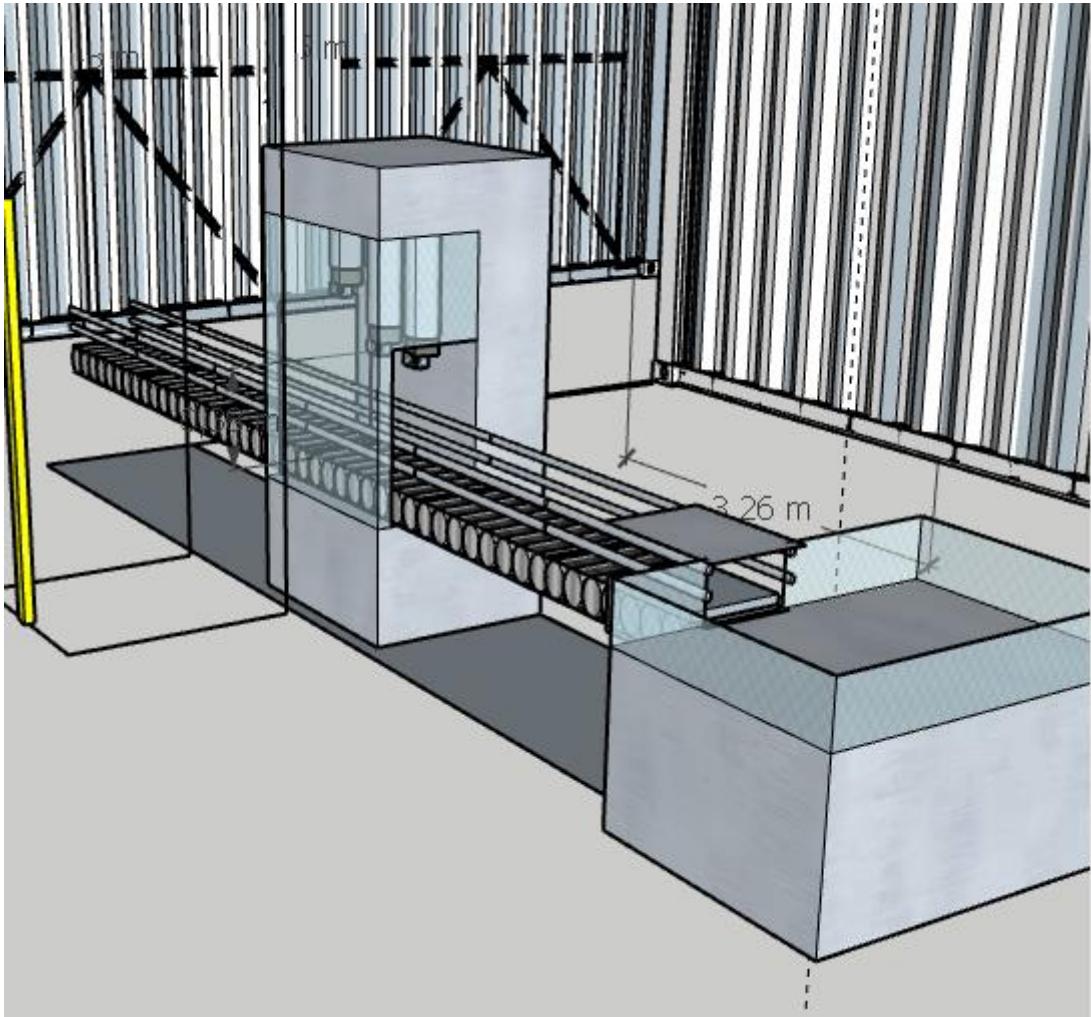


Figura 26: Ubicación de la máquina de envasado de aceite.

Fuente: Salazar, P. (2021).

Instalación de la bomba y el tablero eléctrico.

La bomba que permitirá conducir el aceite de palma a los tanques se instalará dentro del contenedor justo al lado de la puerta izquierda del contenedor N°1 para facilitar la descarga de la cisterna de aceite que entrará a la empresa a despachar el fluido y el tablero eléctrico de la bomba se ubicará en la puerta izquierda (ver Figura 27).

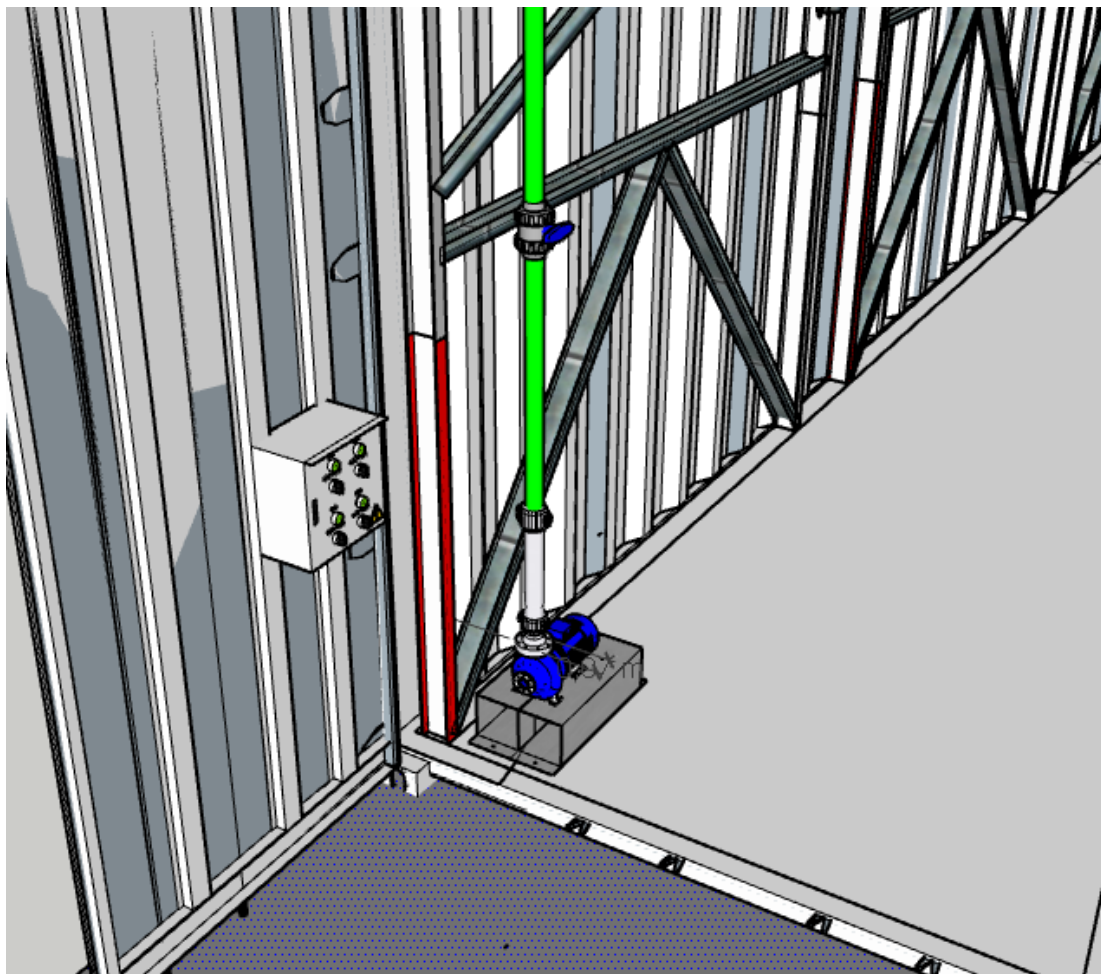


Figura 27: Ubicación de la bomba de llenado y tablero eléctrico.

Fuente: Salazar, P. (2021).

Por las medidas del contenedor modelado en Sketchup, se obtiene que según tanques de proveedores nacionales como RESINCA, el diámetro preferible para el tanque es de 2,36m y con una altura $h= 2,83m$, lo que proporcionaría un volumen de 12.000lts.

Por lo tanto, se necesita llenar el tanque a razón de mínimo 70l/s, para optimizar el tiempo de producción. Se buscó una bomba centrífuga que cumpliera con la característica, además de tener grado alimenticio para cumplir con las normas sanitarias. Debido a esta exigencia, para el proceso óptimo de la bomba y dependiendo de las estructuras del contenedor, se seleccionó una tubería de 2" para el llenado de los

tanques y tubería de 1 ½”, ya que la geometría del contenedor juega un papel importante en el diseño. Ya seleccionado el tipo de bomba que se va a utilizar, y dando como resultado la bomba tipo PEXP215TC-10-2, a una velocidad de 3600 rpm a 60 Hz, a presión Caudal: máx. 255 m³ / h, Cabeza de entrega: máx. 445 m, con temperatura: max ambiente 40°C (Ver anexo C). Además, se seleccionaron válvulas de bola, para las dos tuberías, respectivamente.

La selección de la tubería fue de PoliPropileno Random, por sus grandes beneficios y fácil soldadura, además que cumple con el grado alimenticio que necesita la operación.

4.3. Simulación del comportamiento del fluido en las tuberías, utilizando el software SolidWorks 2019, con su herramienta de Flow simulation.

Luego de determinar las dimensiones de las tuberías utilizando la herramienta Sketchup, se procedió a realizar el montaje de las tuberías, cuyos planos se pueden observar en el ANEXO B y fueron realizados en software SolidWorks y además se encuentran los planos de sus accesorios incluidos en dicho apartado.

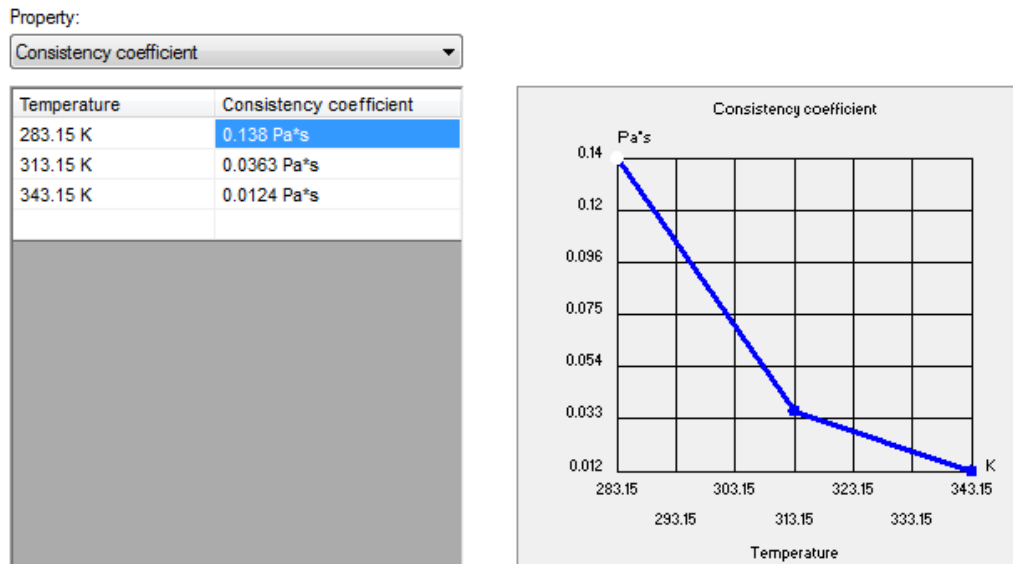
Una vez armada la tubería de llenado en SolidWorks, se procede a simular por tramos, para analizar mejor sus resultados y tener una percepción más enfocada de los resultados de la misma, utilizando la herramienta FlowSimulation, analizando principalmente el comportamiento del fluido, con propiedades específicas para aceite como fluido No Newtoniano (Ver Cuadro 10) y con una propiedad de coeficiente de consistencia que depende de la temperatura (Ver Tabla 1).

Cuadro 8. Propiedades del aceite a simular.

Property	Value
Name	Olive oil
Comments	
Density	917.53 kg/m ³
Specific heat	1971.8 J/(kg*K)
Thermal conductivity	0.17 W/(m*K)
Viscosity	Power-law model
Consistency coefficient	(Table)
Set up maximum viscosity	<input type="checkbox"/>
Set up minimum viscosity	<input type="checkbox"/>
Power-law index	1

Fuente: Salazar P. (2022).

Tabla 1. Coeficiente de consistencia del aceite a simular.



Fuente: Salazar P. (2022).

Para el primer tramo de la tubería de llenado se aprecia que el fluido entra con un caudal de $Q= 20 \text{ L/s}$, tal como se definió en las condiciones de entrada del fluido para proceder con la simulación, a medida que el fluido recorre la tubería se desplaza con una velocidad constante de $11,152 \text{ m/s}$ (Ver Figura 28).

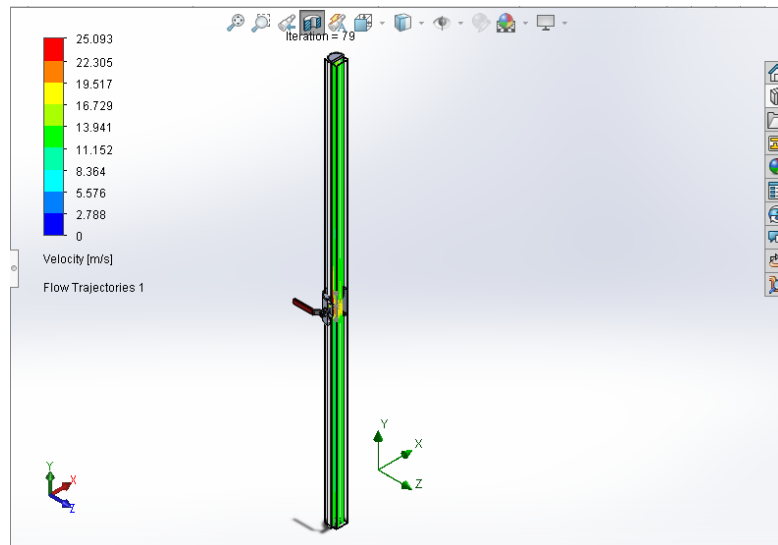


Figura 28: Recorrido del fluido en el primer tramo de tubería de llenado.

Fuente: Salazar P. (2022).

Si se observa el fluido cuando atraviesa la válvula, se aprecia un cambio de velocidad de 16,729 m/s y 25.093 m/s, esto ocurre por la diferencia de área de la válvula, ya que para el fluido poder mantener el mismo caudal Q , debe aumentar su velocidad y además se produce perdidas por accesorio (Ver Figura 29).

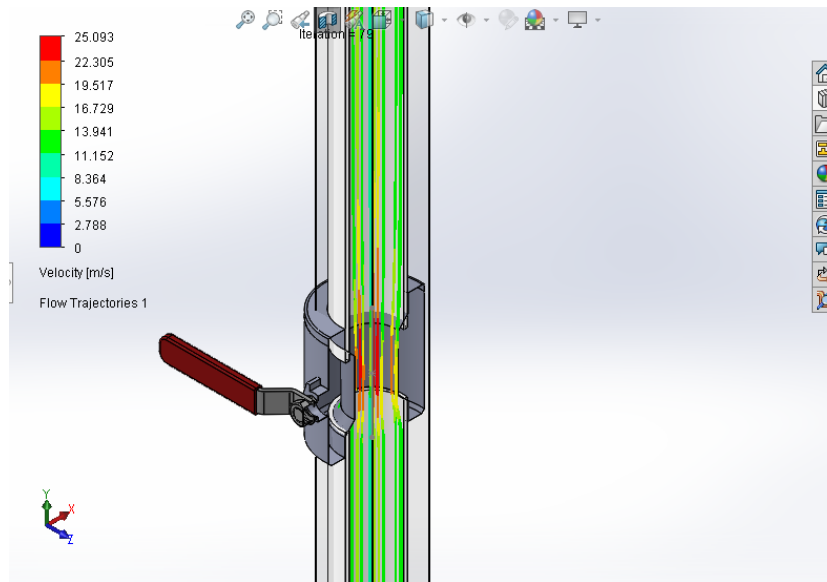


Figura 29: Diferencia de velocidad en válvula del primer tramo.

Fuente: Salazar P. (2022).

Para el tramo N°2, se aprecia que atraviesa el fluido por el codo a razón de 11,361 m/s y su velocidad aumenta a medida que continua el tramo de tubería (Ver Figura 30).

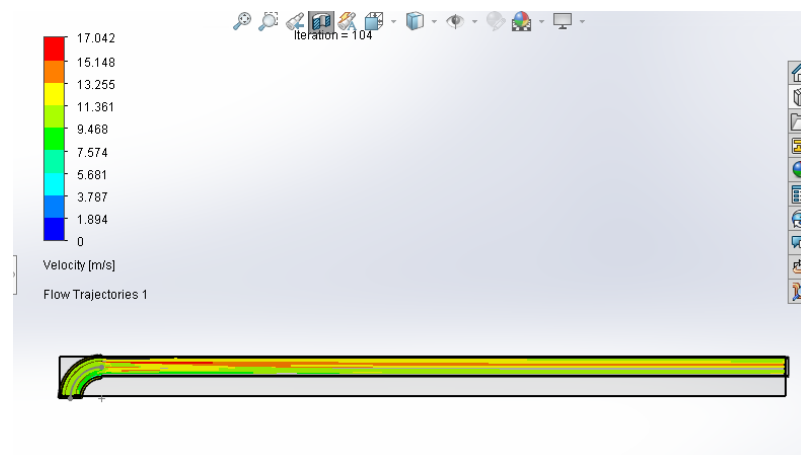


Figura 30: Tramo de tubería N°2.

Fuente: Salazar P (2022).

Para el tramo 3, sección 1, se observa como ha disminuido la velocidad ya que el fluido atraviesa uno de los tramos más grandes de la tubería y pasa por un codo en el que se producen pérdidas por accesorios (Ver Figura 31).

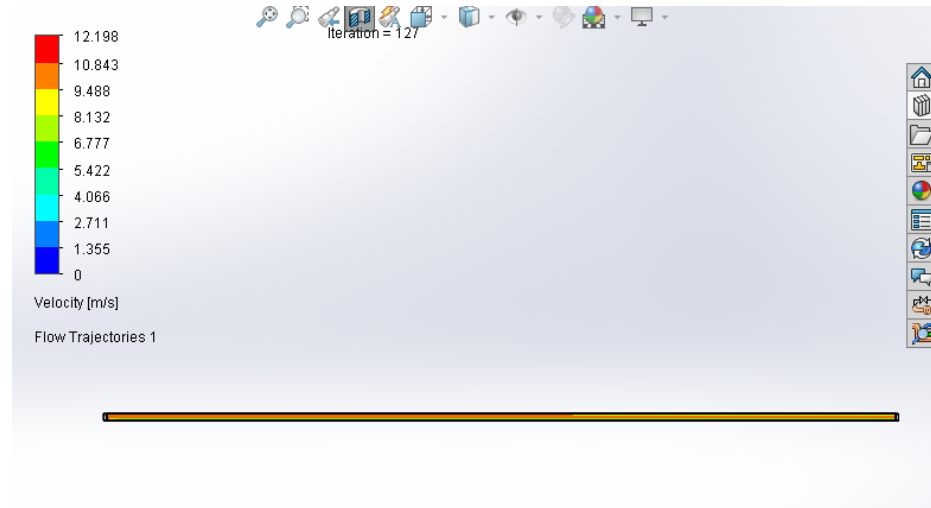


Figura 31: Tramo de tubería 3 sección 1.

Fuente: Salazar P (2022).

Para el tramo de tubería 3 sección 2, se encuentra una tee (Ver Figura 32) que comunica este tramo con la tubería de llenado 2 y por accesorio presenta pérdidas y luego esta sección continúa hasta el otro extremo de la tubería (Ver Figura 33).

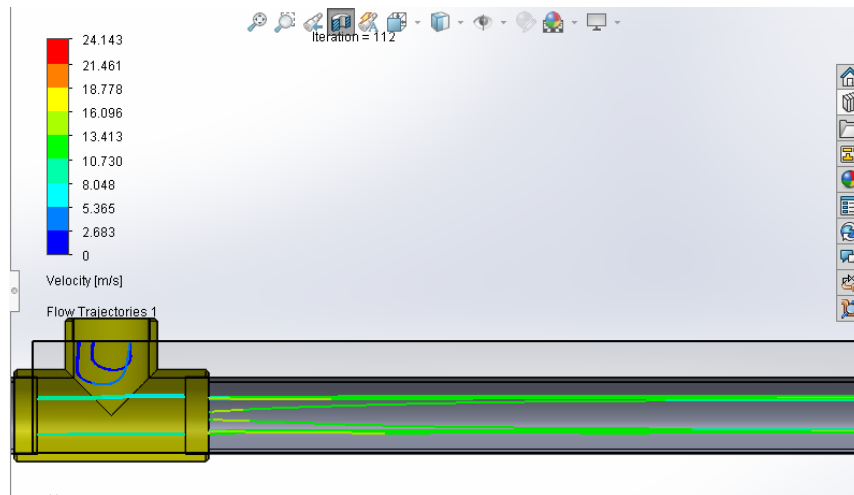


Figura 32: Tramo de tubería 3 sección 2

Fuente: Salazar P (2022)

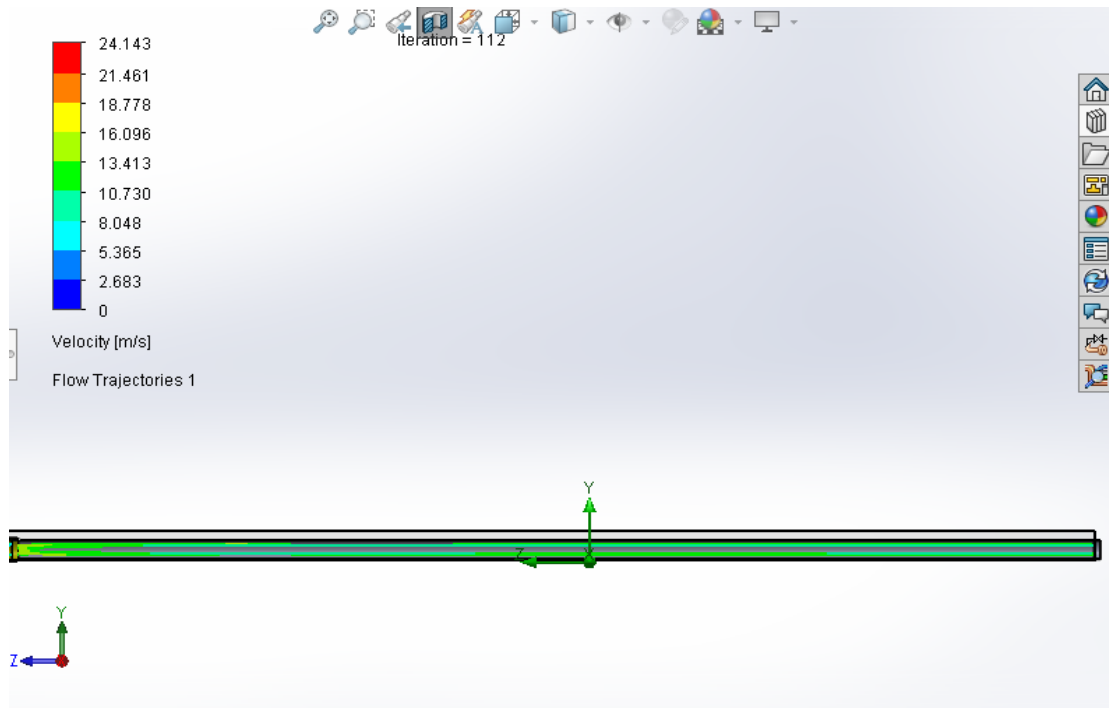


Figura 33: Tramo de tubería 3 sección 3.

Fuente: Salazar P (2022).

En la sección 3 del tramo 3 se observa la diferencia de velocidad al entrar a la bomba (Ver Figura 34).

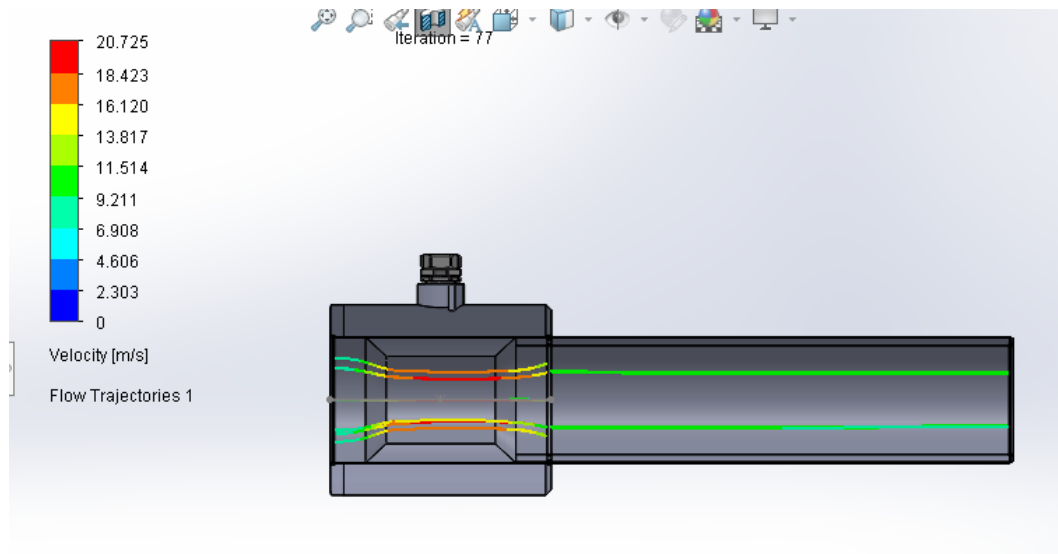


Figura 34: Tramo de tubería 3 sección 4.

Fuente: Salazar P (2022).

Luego se realizó la simulación del tramo 4 de la tubería de llenado (Ver Figura 35) en el cual el fluido recorre desde el tramo 3 y cambia su dirección de horizontal a vertical a través de un codo de 90°, atravesando así otra válvula manual (Ver Figura 36) que va a regular el paso del fluido que se dirige al tanque N°1, el cual dicho tanque una vez alcance el nivel máximo de 12.000 lts de aceite, se procede a cerrar por completo la válvula N°4.

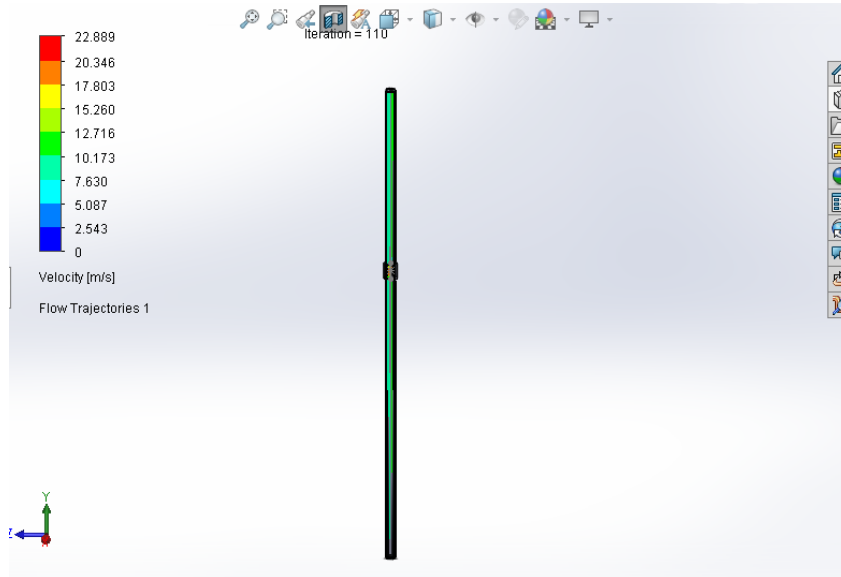


Figura 35: Tramo de tubería 4

Fuente: Salazar P (2022).

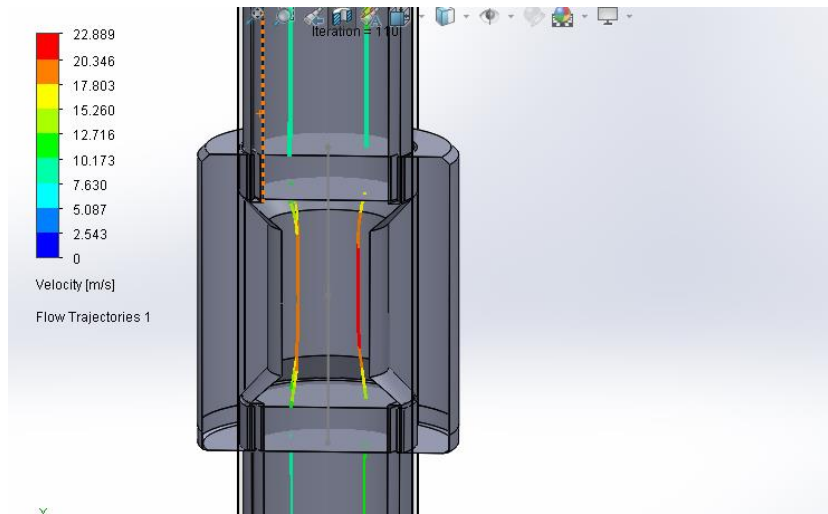


Figura 36: Válvula N°4, de la tubería de llenado al tanque N°1.

Fuente: Salazar P (2022).

Para terminar de simular el recorrido del fluido al tanque N°1, se presenta el tramo 5 y 6, a la salida del codo que une al tramo 4 con el 5, se presenta un leve incremento de la velocidad (Ver Figura 37).

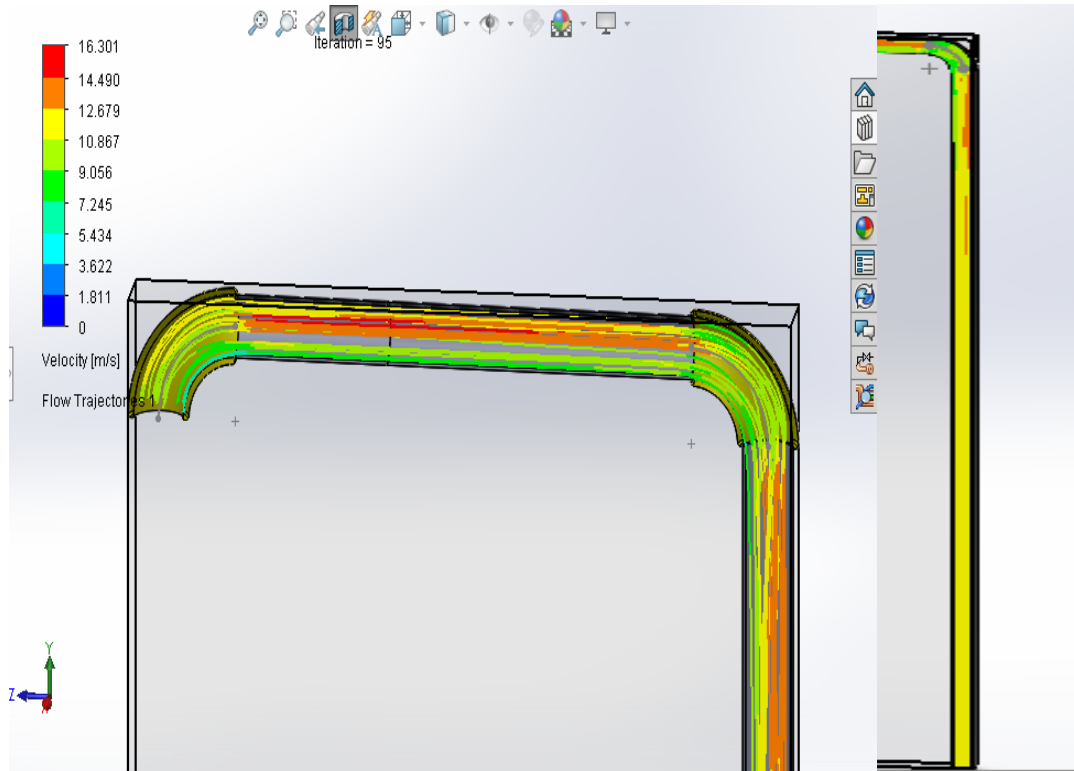


Figura 37: Tramo 5 y 6 al tanque N°1.

Fuente: Salazar P (2022).

Para la segunda y última tubería, se encuentra el tramo 7, 8 y 9, en el cual se puede apreciar que guarda relación el tramo 4, 5 y 6 respecto a los resultados y para este caso analizamos la presión, que a la salida del codo del 7-8 (Ver Figura 38) se presenta una presión 331,251 kPa y a la entrada de la tubería se encuentra a presión ambiental, ya que el tanque en este momento se encuentra abierto.

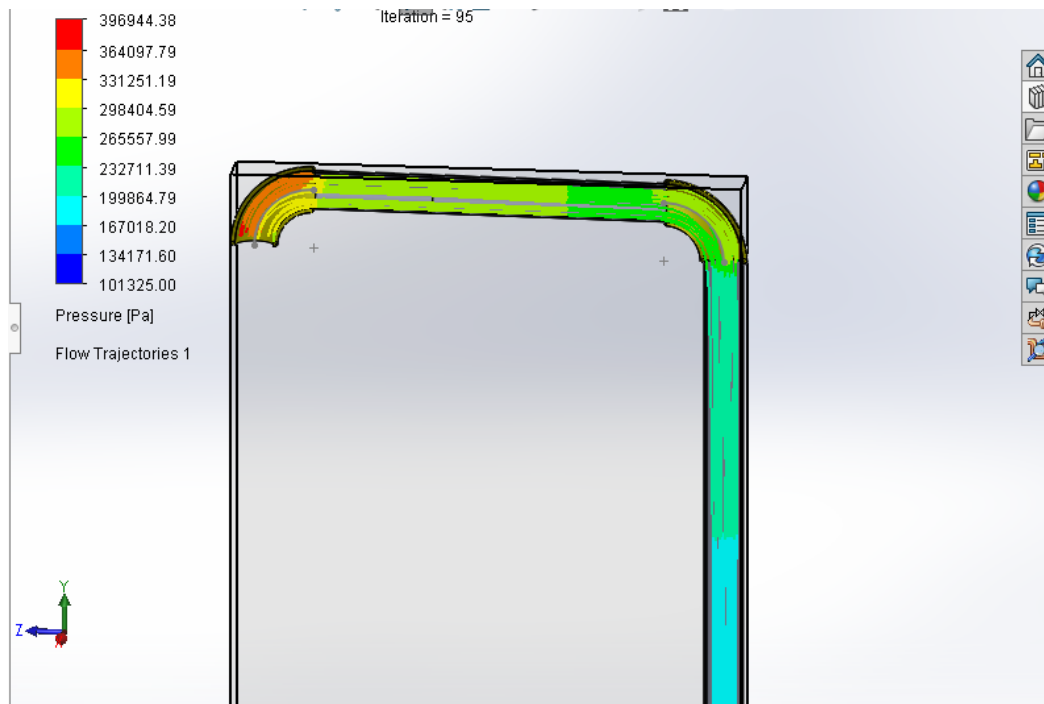


Figura 38: Válvula N°4, de la tubería de llenado al tanque N°1.

Fuente: Salazar P (2022).

Para saber la velocidad en las tuberías de descarga, se escogió un caudal de 0.6 L/s, lo que arrojó en los resultados una velocidad promedio de 3,47m/s, tal como se observa en la simulación en uno de los tramos de las tuberías de descarga (Ver Figura 39).

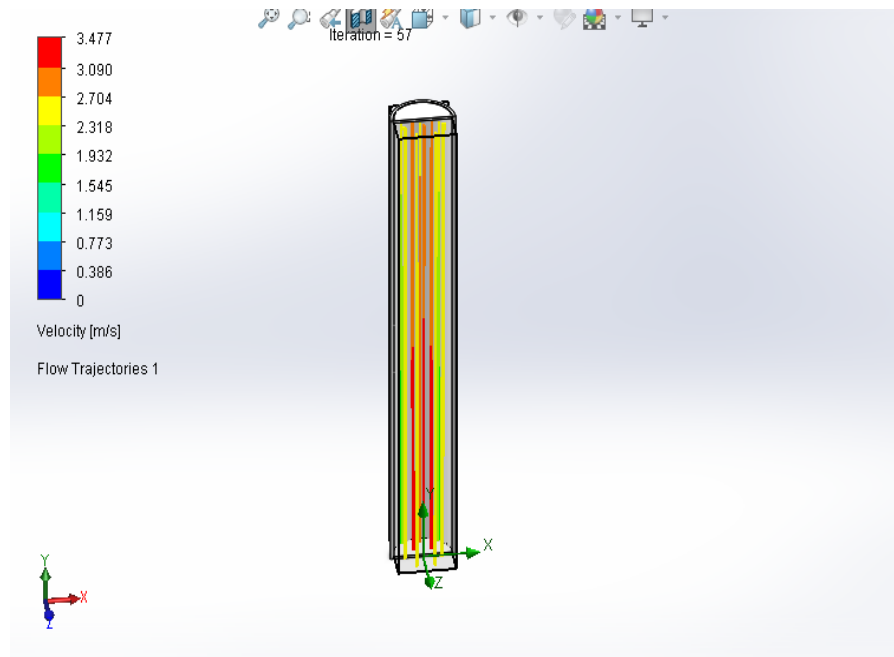


Figura 39: Determinación de la velocidad de la tubería de descarga.

Fuente: Salazar P (2022).

Perdida de cargas

Se comenzó calculando las pérdidas en la tubería de descarga, para la cual, así como en la simulación, se utilizó propiedades de aceite de oliva (Ver Tabla 2), por su similitud al aceite de palma, además la empresa planea envasar distintos tipos de aceite comestible.

Tabla 2. Tabla de ejemplo con los valores de viscosidad para la viscosidad dinámica y la viscosidad cinemática.

Líquidos	Viscosidad Dinámica η / mPa*s a 20°C	Viscosidad Dinámica η / mPa*s a 0°C	Viscosidad Cinemática μ / mm ² /s a 20°C
Agua	1,002	1,792	1,004
Aceite de oliva	80,8		89
Etanol	1,20	1,78	1,52

Fuente: <https://www.flottweg.com/es/wiki/tecnica-de-separacion/viscosidad-dinamica/>

Por lo tanto, se agregaron valores necesarios para el cálculo:

$$d = 0,0409\text{m}$$

$$L = 13,12\text{m}$$

$$\rho = 916\text{ kg/m}^3$$

$$\mu = 89\text{ mm}^2/\text{s} = 406\text{ SSU}$$

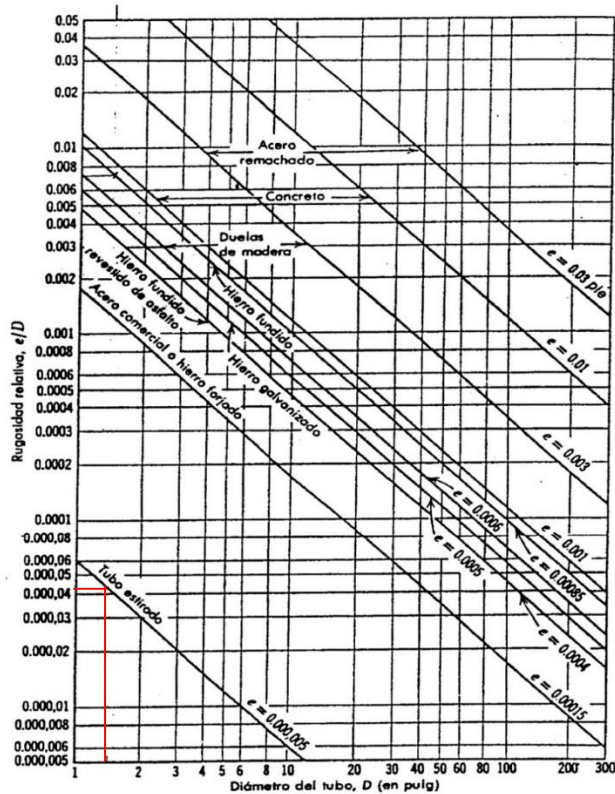
$$\eta = 80,8\text{ mPa}\cdot\text{s}$$

$$f = 0.007$$

$$V = 3,4777\text{ m/s} = 11.407\text{ pie/s}$$

Para determinar la rugosidad (e) primero se tuvo que observar el diagrama y guiarse por la curva y de tubos estirados, al igual que el diámetro de la tubería (Ver Figura 40).

Figura 40: Rugosidad relativa para tubos.



Fuente: <https://docplayer.es/124912081-Desarrollo-ecuacion-de-darcy-weisbach-diagrama-de-moody-radio-hidraulico-longitud-equivalente-tuberias-en-serie-y-paralelo-envejecimiento-cavitacion>

Por lo tanto, $e = 5 \times 10^{-6}$ pie, lo cual es equivalente a $1,524 \times 10^{-6}$ m, mientras que $e/D = 3,726 \times 10^{-5}$

Para poder calcular las pérdidas se toma de guía cuadro con pérdidas para ver las pérdidas en la entrada y en la salida de la tubería, así como la relación Le/D para algunos accesorios en los diversos accesorios de la tubería (Ver cuadro 9 y 10).

Cuadro 9. Resumen de las fórmulas y/o valores, relacionados con los distintos accesorios

Tipo de singularidad	K
Válvulas, codos, tees	$f_t (Le/D)$
Entrada proyectada	1
Entrada recta	0,5
Entrada muy suave	0,05
Salida de una tubería	1
Ensanchamiento brusco	$(1-(D_1/D_2)^2)^2$
Reducción brusca de sección (Contracción)	$0,5(1-(D_1/D_2)^2)^2$

Fuente: Sandoval J (2022).

Cuadro 10. Relación Le/D para algunos accesorios

Accesorio	Le/D
Válvula de globo	340
Válvula de ángulo	150
Válvula de compuerta c.a.	8
Válvula de compuerta abierta	900
Válvula de bola	3
Válvula de verificación tipo giratorio	1000
Válvula de verificación tipo bola	150
Válvula de mariposa abierta por completo, 2 a 8 pulgadas	45
Válvula de mariposa abierta por completo, 10 a 14 pulgadas	35
Válvula de mariposa abierta por completo, 16 a 24 pulgadas	25
Válvula Check (Anti retorno)	100
Codo estándar a 90°	30
Codo radio largo a 90°	20

Continuación de Cuadro 10

Codo roscado a 90°	50
Codo roscado a 45°	26
Te con flujo directo	20
Te con flujo en el ramal	60

Fuente: Sandoval J (2022).

Por lo tanto, se tiene que:

Ahora para los cálculos de accesorios se utiliza la longitud equivalente, por lo tanto, en la tubería se presentan:

- 3 codos de 90° = 3x30 = 90
- 2 tee estándar de flujo directo = 2x20 = 40
- 2 válvulas check (anti retorno) = 2x100 = 200
- 3 válvulas de bola = 3x3 = 9

$$\sum Le/D = 339$$

Una vez teniendo estos datos, procedemos a calcular las pérdidas con Darcy

Weisback:

$$H_L = \left(f \frac{L}{D} + f \frac{Le}{D} + K \right) \frac{V^2}{2g} \quad (\text{Ec. 20})$$

O con su ecuación modificada:

$$h_L = f_T \cdot \left(\frac{L_e}{D} \right) \cdot \left(\frac{u^2}{2g} \right) \quad (\text{Ec. 21})$$

$$H_L = 0.007 \cdot (339) \cdot \left(\frac{(11,407 \text{ pie/s})^2}{62,4 \text{ pie}^2/\text{s}^2} \right)$$

$$H_L = 4,948 \text{ pie} = 1,508 \text{ m}$$

De esta forma se puede apreciar que hay una pérdida moderada a la hora de envasar los cuñetes, gracias a que se utiliza una tubería prácticamente lisa como lo es la tubería PPR con termofusión.

Para la tubería de llenado de los tanques se tomó lo siguiente:

$$Q = 20 \text{ l/s} = 307 \text{ gal/min}$$

$$d = 0,0525 \text{ m}$$

$$L = 18,64 \text{ m}$$

$$\rho = 916 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu = 89 \text{ mm}^2/\text{s} = 406 \text{ SSU}$$

$$\eta = 80,8 \text{ mPa}\cdot\text{s}$$

$$f = 0.007$$

$$V = 11,152\text{m/s} = 36,587 \text{ pie/s}$$

Por lo tanto, se tiene que:

Ahora para los otros cálculos de accesorios se utiliza la longitud equivalente, por lo tanto, en la tubería se presentan:

- 6 codos de $90^\circ = 6 \times 30 = 180$
- 1 tee estándar de flujo directo = 20
- 5 válvulas de bola = $5 \times 3 = 15$

$$\sum Le/D = 215$$

Una vez teniendo estos datos y tomando la velocidad de la simulación de fluidos, procedemos a calcular las pérdidas con la ecuación de Darcy Weisback modificada (Ec. 21):

$$h_L = f_T \cdot \left(\frac{L_e}{D}\right) \cdot \left(\frac{u^2}{2g}\right)$$

$$H_L = 0.007 \cdot (215) \cdot \left(\frac{(36,587 \text{ pie/s})^2}{62,4 \text{ pie}^2/\text{s}^2}\right)$$

$$H_L = 32,26 \text{ pie}$$

$$H_L = 9,68 \text{ m}$$

Para la tubería de llenado se obtiene una pérdida considerable, debido a la velocidad que se necesita utilizar para mover el fluido y todos los accesorios que contiene para cumplir con el objetivo.

Selección de la bomba

Luego de tener los resultados de las pérdidas en tuberías, se comienzan a realizar los cálculos para la selección de la bomba de la tubería de llenado de los tanques, ya que la tubería de descarga no necesita ya que se utiliza un sistema por gravedad:

Calculo de altura estática

Para este cálculo se necesita la altura de descarga crítica (D) que se determinó en la fase II con el programa sketchup, que corresponde a la altura del contenedor,

sumado con la altura del tanque y a la altura estática de succión (s) que corresponde a la cisterna que se utiliza para la recepción del aceite con respecto al piso.

$$D = 5,22 \text{ m}$$

$$s = 1 \text{ m}$$

$$\text{Altura estática} = D - s = 5,22 - 1 = 4,22\text{m}$$

Ahora se procede a calcular el cabezal dinámico total TDH:

$$\text{TDH}_{\text{recepción}} = \text{Altura Dinámica} + \text{Altura estática}$$

$$\text{TDH}_{\text{recepción}} = 4,22\text{m} + 16\text{m}$$

$$\text{TDH}_{\text{recepción}} = 20,22\text{m} = 66,33\text{pie}$$

Calculo de la columna de velocidad (Hv)

$$\text{Teniendo que } V = 36,587 \text{ pie/s}$$

$$H_v = 0,0155V^2 = 20.74 \text{ pie} = 6,32\text{m}$$

Luego de haberse calculado la columna de velocidad y las pérdidas se procede a determinar la altura dinámica:

$$\text{Altura dinámica} = \text{pérdidas por fricción} + \text{columna de velocidad}$$

$$\text{Altura dinámica} = (6,32 + 9,68) \text{ m} = 16 \text{ m}$$

Calculo de la cabeza Neta de succión positiva disponible

Luego de calculado se tiene que:

$$P_{\text{atm}} = 14,7 \text{ PSIA}$$

$$G.E: 0,992$$

$$P_v = 0,1$$

$$H_l = 31,75\text{pie}$$

$$\text{NPSH}_{\text{disponible}} = \frac{(14,7-0,1)*2,31}{0,992} + 3,28\text{pie} - 32,26 \text{ pie}$$

$$\text{NPSH}_{\text{disponible}} = 5,01\text{PSI}$$

Calculo de potencia requerida en el sistema

$$Q = 307 \text{ gal/min}$$

$$\text{TDH} = 66,33 \text{ pie} = 28,75 \text{ PSI}$$

$$P_H: \frac{307 \text{ gal/min} * 28,75 \text{ PSI}}{1715} = 5,14 \text{ HP}$$

Para obtener la potencia absorbida (P_{ab}) se obtiene una eficiencia mecánica de 60% por lo tanto:

$$P_{ab} = \frac{PH}{\eta} = \frac{5,14}{0,6} = 8,56 \text{ HP}$$

Potencia eléctrica

Finalmente, para este cálculo, considera una eficiencia estándar de 90% (Ver anexo C-2), usando la siguiente ecuación se obtiene que:

$$P_E = \frac{P_{ab}}{\eta_e} = \frac{8,56}{0,9} = 9,51 \text{ HP}$$

Por lo tanto, se utilizará una potencia de 10HP.

En la siguiente fase con estas especificaciones, altura máxima, potencia y caudal máximo. Además, se selecciona una bomba que cumpla con la condición de grado alimenticio.

4.4 Instalación y activación de los diversos equipos que comprende la planta.

Para esta fase se siguió un cronograma actividades de 16 semanas (Ver Cuadro 7), tiempo establecido para lograr instalar los equipos de la planta optimizando el espacio tal como se muestra en la fase II y activar el ciclo de llenado de la línea de producción.

Cuadro 11. Fecha de las semanas del cronograma.

Semanas	Fecha de inicio de semana	Fecha de finalización de semana
1	24/01/2022	28/01/2022
2	31/01/2022	04/02/2022
3	07/02/2022	11/02/2022
4	14/02/2022	18/02/2022
5	21/02/2022	25/02/2022
6	28/02/2022	04/03/2002
7	07/03/2022	11/03/2022
8	14/03/2022	18/03/2022

Continuación cuadro 11.

9	21/03/2022	25/03/2022
10	28/03/2022	01/04/2022
11	04/04/2022	08/04/2022
12	11/04/2022	15/04/2022
13	18/04/2022	22/04/2022
14	25/04/2022	29/04/2022
15	02/05/2022	06/05/2022
16	09/05/2022	13/05/2022

Fuente: Salazar P. (2021).

Fabricación bases de los tanques

- Fabricación de las bases 1, 2, 3 y 4 (ver Figura 41).



Figura 41: Primera base fabricada.

Fuente: Salazar, P. (2022).

- **Tiempo de duración:** 4 días.

- **Días:** martes semana N°2 hasta viernes semana N°3.
- **Semanas N°:** 2, 3
- **Materiales requeridos para cada una de las bases fabricadas:**
 - ✓ 118 mts de viga doble t de 8
 - ✓ 38,80 mts de viga doble t de 10
 - ✓ 14.22mts de tubo estructural de 120 x 60
 - ✓ 12 mts de tubo estructural de 100 x 40
 - ✓ 15 flanches de 20 x 20 x 5 milímetros
 - ✓ 15 kilos de electrodos 332
 - ✓ 8 discos de corte de 7 De 1/8
 - ✓ 7 discos de corte extrafino de 7
 - ✓ 6 discos extrafino de 4

Fabricación de las estructuras de los tanques

Fabricación de la Estructura 1, 2, 3 y 4

Para esta parte se utilizaron vigas y tubos estructurales que fueron soldados dentro del contenedor para dar soporte al contenedor que va a soportar a los 4 tanques con aceite, los cuales tendrán una capacidad de 12.000 litros cada uno (ver Figura 42, 43).

Tiempo de duración: 3 días

Días: miércoles de semana N°2 hasta viernes de la semana N°3.

Semana N°: 4 y 5

Materiales requeridos para cada estructura por separado:

- 118 mts de viga doble t de 8
- 38,80 mts de viga doble t de 10
- 14.22mts de tubo estructural de 120 x 60
- 12 mts de tubo estructural de 100 x 40
- 15 flanches de 20 x 20 x 5 milímetros
- 15 kilos de electrodos 332

- 8 discos de corte de 7 De 1/8
- 7 discos de corte extrafino de 7
- 6 discos extrafino de 4



Figura 42: Tubo estructural.

Fuente: Salazar, P. (2022).



Figura 43: Tubo estructural soldado.

Fuente: Salazar, P. (2022).

Pintado de las Estructuras de los tanques (ver Figura 44, 45 Y 46).

- ✓ Pintado de la Estructura 1, 2, 3 y 4.

Tiempo de duración: 7 días.

Días: jueves semana N°5 hasta viernes de semana N°6.

Semana N°: 5 y 6.

Materiales requeridos para cada uno de las Estructuras de los tanques:

- 2 cuñetes de pintura



Figura 44: Estructuras mientras se pintan.

Fuente: Salazar, P. (2022).



Figura 45: Estructuras mientras se pintan.

Fuente: Salazar, P. (2022).



Figura 46: Estructuras pintadas.

Fuente: Salazar, P. (2022).

Pintado de las Bases de los tanques (ver Figura 47).

- ✓ Pintado de la Base 1, 2, 3 y 4

Tiempo de duración: 2 días

Días: viernes y lunes

Semana N°: 3 y 4

Materiales requeridos para pintar cada una de las bases:

- 2 cuñetes de pintura.



Figura 47: Estructuras pintadas base tanques.

Fuente: Salazar, P. (2022).

Procura de la Bomba

Para la procura de la bomba, se procede a seleccionar la bomba más conveniente con 3600 RPM, para el proceso de llenado de tanques con las características necesarias (ver Figura 48), en la cual se necesitaba una bomba que fuera capaz de producir un caudal de 20 L/s para el llenado de los dos tanques de 12.000 litros y tuviera una potencia que fue calculada en la fase III de 10HP.

Tiempo de duración: 2 días

Días: martes, miércoles

Semana N°: 7

Materiales requeridos:

- Bomba (ver Figura 36).
- Filtro de línea A/Inoxidable tipo CLAMP 1 1/2" (ver Figura 48).
- Adaptador A/Inox NPT x CLAMP 2"x 2" (Ver figura 49).
- Empacadura CLAMP en Teflon 1 1/2"
- Empacadura CLAMP en Teflon 2"
- Abrazadera CLAMP 1 1/2"
- Abrazadera CLAMP A/Inoxidable 2"
- 2m Tubo flexible eléctrico plástico 3/4"

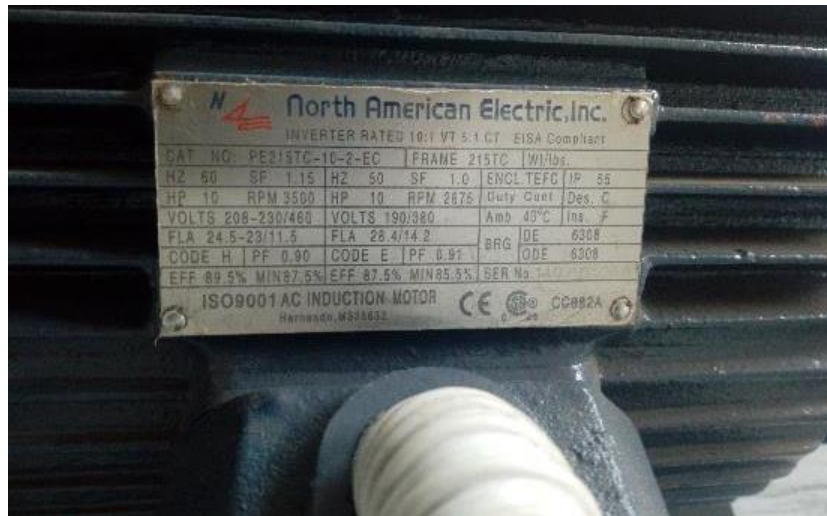


Figura 48: Especificaciones de la bomba.

Fuente: Salazar, P. (2022).



Figura 49: Bomba con filtro de línea y conexión clamp.

Fuente: Salazar, P. (2022).

-Ubicación de los tanques (ver Figura 50).

- ✓ Ubicación del primer tanque en la base

Tiempo de duración: 2 días

Días: martes, miércoles

Semana N°: 3

- 1 montacargas
- 1 Mecate

- ✓ Ubicación del segundo tanque en la base

Tiempo de duración: 1 día

Días: jueves

Semana N°: 3

- 1 montacargas
- 1 Mecate



Figura 50: Ubicación de tanque N°1.

Fuente: Salazar, P. (2022).

Instalaciones Eléctricas del container (ver Figura 51).

- ✓ Iluminación interna en el container de los tanques

Tiempo de duración: 1 día

Días: martes

Semana N°: 5

Materiales requeridos:

- 1 Interruptor
- Remaches
- 1 Cajetín 4x2
- 1 Cable THW12 Cobre 600v Rojo

- 4 Lámparas LED marca Hammer de 36W(110v)
- 5 regletas LUMISTAR 20X10mm
- 70m Tubería eléctrica de PVC ½”, espesor 1.52mm



Figura 51: Materiales para instalación eléctrica de contenedor N°1.

Fuente: Salazar, P. (2022).

Instalaciones de acometidas eléctricas para la línea de producción y la bomba

Tiempo de duración: 22 días

Días: Inicio: Jueves

Finalización: Jueves

Semana N°: 7,8,9,10 y 11.

Materiales requeridos:

- Línea de acometida

- Caja general de protección
- Interruptor de control de potencia
- Interruptor derivado
- Toma de tierra del edificio
- Fusibles
- 70m de tubería plástica ½” espesor 1.52mm

Instalación tubería alimentación tanques (Ver Figura 52, 53, 54 y 55).

Como ya se mencionó, el material con que se encuentran hechas las tuberías son de un polímero termoplástico de alta tecnología, lo que quiere decir que está diseñado para derretirse y fusionarse a determinada temperatura. En el caso de las tuberías y conexiones en PPR, esta característica física es utilizada como ventaja para “fusionar” cada elemento de la instalación, lo que evita fugas y filtraciones a lo largo del tiempo.

Este es un método de soldadura simple y rápido en la que los extremos de dos piezas distintas se unen al aplicar calor en puntos estratégicos, con las herramientas adecuadas. Estas herramientas como lo son Polifusora en caja metálica con matrices y la tijera para cortar tubos PPR (Ver anexo C).

Métodos de soldadura en las tuberías

Para la instalación de tuberías se llevó a cabo un proceso de soldadura que fue fundamental para su instalación:

Corte: Se realizó previo a la soldadura, ya que se tomaron los tramos necesarios para cortar el tubo perpendicularmente con una tijera adecuada, que se podía ajustar independientemente al diámetro de las dos tuberías. Al ser un proceso previo se debió asegurar una perfecta limpieza antes de proceder a la soldadura.

Calentamiento: Este procedimiento consistió en montar la matriz correspondiente al diámetro del tubo al soldar, ya sea del tubo de 2” o el de 1 1/2”. Luego se conectó la polifusora DONSEN a la red 110V ó 220. A partir de este momento se debe tener un máximo cuidado ya que se debe comprobar que la polifusora DONSEN esté a la

temperatura de trabajo 260 °C (luz verde), por lo que se debe utilizar guantes para evitar accidentes debido a las altas temperaturas.

Soldadura socket o Polifusión: Es uno de los métodos más utilizados para unir tuberías y conexiones PPR. Por lo general, es usada para soldar piezas desde 20 mm hasta 160 mm de diámetro. El sistema a socket recibe este nombre ya que siempre la tubería se inserta en la conexión que puede ser un anillo, codo, tee, adaptador, etc. En este tipo de soldadura, se calienta la parte externa de uno de los extremos de la tubería y la parte interna de la pieza de encaje, lo que permite que ambas se fusionen en una sola. Por lo tanto, se debe insertar al mismo tiempo, con una ligera presión el tubo y el accesorio en la matriz. Una vez realizada la inserción, calentar ambas piezas, durante el tiempo que indica la compañía (Ver tabla 3) y se debe evitar un calentamiento excesivo, ya que causa obstrucciones en la tubería.

Tabla 3. Tiempo de calentamiento de las uniones de tubería para una soldadura eficiente, dependiendo del diámetro de la tubería.

Diámetro (ø)	Calentamiento (Segundos)	Ensamblaje (segundos)	Tiempo de enfriamiento (Minutos)	Inserción del tubo
ø 20 mm	5 seg.	4 seg.	2 min.	14 mm
ø 25 mm	7 seg.	4 seg.	3 min.	15 mm
ø 32 mm	8 seg.	6 seg.	4 min.	17 mm
ø 40 mm	12 seg.	6 seg.	4 min.	18 mm
ø 50 mm	18 seg.	6 seg.	4 min.	18 mm
ø 63 mm	24 seg.	8 seg.	6 min.	26 mm
ø 75 mm	30 seg.	8 seg.	6 min.	29 mm

Fuente: <https://donsenvenezuela.com/tecnicas-de-soldadura/>

Instalación de tuberías que van desde la bomba hasta el interior del tanque (Ver figura 52).

Tiempo de duración: 4 días

Días: miércoles, jueves, viernes, lunes

Semana N°: 12 y 13

Materiales requeridos:

- 6 codos 90° Liso PPR Termofusión 63mm (2")
- 2 Tee Lisa PPR Termofusión 63mm (2")
- 6 Válvulas PPR Termofusión D/UNION 63mm (2")
- 2 Uniones plásticas PPR Termofusión 63mm (2")
- 5,5 unid Tubos PPR Termofusión 4 MTS PN 12,5 63mm X 7,1mm (2")
- 1 Polifusora PPR Termofusión 20mm-63mm (1/2"-2") (PQT-1)
- 1 Tijera PPR Termofusión 20mm-75mm (1/2" -2 1/2") (PQT-1)



Figura 52: Instalación de tubería de llenado.

Fuente: Salazar, P. (2022).

- ✓ Instalación de tuberías de descarga que van de los tanques a la línea de producción (Ver Figura 51).

Tiempo de duración: 4 días

Días: martes, miércoles, jueves y viernes.

Semana N°: 14

Materiales requeridos:

- 4 Tubos PPR Termofusión 4 MTS PN12.5 50mm X 5,6mm (1 ½")
- 6 Válvulas PPR Termofusión D/Unión 50mm (1 ½")
- 6 codos 90° Liso PPR Termofusión 50mm (1 ½") (PAQ-4)
- 2 Tee Lisa PPR Termofusión 50mm (1 ½")
- 2 Válvulas Check 1 ½" Semilic Bronce
- 1 Anillo RED. PPR Termofusión 50mm/32mm (1 ½" – 1")
- 1 Adaptador R/Macho PPR Termofusión 32mm x 1" (1" x 1")
- 2 unidades Conexión P/Tanque Plástica 1 ½"
- 1 Polifusora PPR Termofusión 20mm-63mm (1/2"-2") (PQT-1)
- 1 Tijera PPR Termofusión 20mm-75mm (1/2" -2 ½") (PQT-1)
- 1 Tijera PPR Termofusión 20mm-40mm (1/2" – 1 ¼") (PQT-1)
- Manguera sanitaria transparente 5/8"



Figura 53: Tubería de descarga a la línea de producción.

Fuente: Salazar, P. (2022).



Figura 54: Tuberías de llenado y descarga.

Fuente: Salazar, P. (2022).

Ubicación de la unidad máquina de envasado y tapado de aceite (Ver Figura 54).

Tiempo de duración: 4 días

Días: lunes, martes, miércoles y jueves

Semana N°: 15

Materiales requeridos:

- Unidad de llenado de cuñetes



Figura 55: Tuberías de llenado y descarga.

Fuente: Salazar, P. (2022).

Instalación de la unidad de llenado (Ver Figura 54).

Tiempo de duración: 4 días

Días: martes, miércoles, jueves y viernes.

Materiales de la máquina:

- Instalaciones eléctricas (Ver Figura 55).
- Manguera sanitaria transparente 5/8"
- Instalación de aire comprimido (Ver Figura 56).

Semana N°: 15



Figura 56: Instalación de unidad de envasado.

Fuente: Salazar, P. (2022).



Figura 57: Instalaciones eléctricas.

Fuente: Salazar, P. (2022).



Figura 58: Instalaciones de aire comprimido.

Fuente: Salazar, P. (2022).

Activación del primer ciclo

Para el primer ciclo, se utilizó agua para determinar si existían fugas en la tubería, lo cual pudo determinar que fue una instalación exitosa ya que se respetó el proceso de soldadura en las tuberías.

Luego en la semana 16 se llevó a cabo el proceso de llenado y descarga en los tanques, a la empresa arribó la cisterna con 20.000lts de aceite para llenarlos con 10.000lts cada uno y se obtuvieron los siguientes resultados:

Para el llenado de los cuñetes se obtuvieron resultados favorables ya que se estimaba un caudal según los cálculos de la fase III de: y los resultados en el ciclo de descarga de la tubería se midieron tomando varios tiempos de envasado y sacando un promedio (Ver tabla 4). Para esto se utilizó la ayuda de un cronometro y se repitió 5 veces.

Tabla 4. Tiempos de envasado de cuñetes.

N° de cuñetes envasados	Tiempo de llenado de cuñetes de 18lts (s).
2	50.25
2	53.10
2	51.45
2	51.37
2	50.58
Calculo Promedio Σ	51.35s

Fuente: Salazar P (2022)

De esta forma se puede decir que la instalación fue optima y cumple con los parámetros establecidos en el diseño y cálculos, con breve variación en el caudal.

4.5 Determinación de la viabilidad económica, técnica y ambiental del proyecto.

4.5.1 Viabilidad económica

Según Blanco (2007), “se refiere al analisis exhaustivo de la relación costo beneficio del proyecto”. Además, se “refiere a los recursos económicos y financieros necesarios para desarrollar o llevar a cabo las actividades o procesos que deben considerarse para establecer el costo del tiempo, de la realización y de adquisición de nuevos recursos” (p. 29). En el siguiente cuadro se puede apreciar los costos de los materiales para la fabricación de la planta:

Tabla 5. Costo de equipos

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO /UNIDAD	COSTO TOTAL \$
Máquina envasadora de aceite comestible.	1	5.000	5.000
Codos 90° Liso PPR Termofusión 63mm (2")	5	3,81	19,05
Codos 90° Liso PPR Termofusión 50mm (1 ½") (PAQ-4)	5	1,78	8,9
Tee Lisa PPR Termofusión 50mm (1 ½")	5	2,54	12,70
Tee Lisa PPR Termofusión 63mm (2")	3	4,57	13,71
Válvulas PPR Termofusión D/UNION 63mm (2")	6	126,88	761,28

Continuación Tabla 5

Válvulas PPR Termofusión D/UNION 50mm (1 ½")	7	96,43	675,01
Válvulas Check 1 ½" Semilic Bronce	2	32	64
unidades Conexión P/Tanque Plástica 1 ½"	4	34,26	137,04
unidades Conexión P/Tanque Plástica 2"	4	54,05	216,20
Tubos PPR Termofusión 4 MTS PN 12,5 63mm X 7,1mm (2")	7	60,39	427,73
Tubos PPR Termofusión 4 MTS PN12.5 50mm X 5,6mm (1 ½")	6	37,30	223,80
Anillo Liso PPR Termofusión 63mm 2"	1	1,02	1,02

Continuación Tabla 5

Adaptador R/Macho PPR Termofusión 32mm x 1" (1" x 1")	1	9,14	9,14
4 Adaptador R/Macho PPR Termofusión 63mm x 2" (2" x 2")	4	24,36	97,44
Anillos Liso PPR Termofusión 63mm (2")	6	2,03	12,18
Anillo RED. PPR Termofusión 50mm/32mm (1 ½" – 1")	1	1,02	1,02
Polifusora PPR Termofusión 20mm-63mm (1/2"-2") (PQT- 1)	1	120	120
Tijera PPR Termofusión 20mm-75mm (1/2" -2 ½") (PQT-1)	1	74,10	74,10

Continuación Tabla 5

BOMBA	1	1.419,00	1.419,00
Accesorios bomba	7	258,56	258,56
Cuñetes de 18 litros de pintura usados en la planta	22	35	770
Materiales de construcción de estructuras	1	7.578,87	7.578,87
Compresor de aire y accesorios	3	1.456,78	1.456,78
Tanques de aceite	2	300	600
Contenedores marítimos de 40 pies	3	2.250,00	6.750,00
Materiales para instalación eléctrica	7	145	145
Equipos de protección personal adicionales	1	225,89	225,89
		TOTAL	39.605,47

Fuente: Salazar P. (2022).

Resultado: Se puede constatar que la empresa dispuso de un capital de 39.605,47 en materiales y equipos para activar los diversos procesos, lo que representa que fue viable economicamente la realización del proyecto factible.

4.5.2 Viabilidad técnica

Se desarrolló la viabilidad técnica para conocer si se cuenta con la infraestructura necesaria y con el personal calificado para ejecutar las diversas instalaciones y poder producir de acuerdo con la demanda de los clientes de la empresa.

En el presente estudio se determinó que:

- Se dispone de un galpón de 22,20 mts de largo y 16,71 mts de ancho, instalaciones ideales para hacer una mejor distribución de las áreas de producción de los colchones según la distribución en flujo continuo en U.
- Se dispone de diversos equipos, maquinarias, herramientas, materiales y recursos de mano de obra suficiente para desarrollar el proyecto, como se puede evidenciar en las fases anteriores.
- Una demanda de clientes en la región central, representado por pequeños y medianos negocios de comida rápida.

Tabla 6. Costo de mano de obra

Descripción	Costo/Hora (USD)	TIEMPO	TOTAL (USD)
Fabricación de estructura e instalación	4\$	120	480
Instalación de tuberías	6\$	64	384
Instalación de bomba	5\$	16	80
Instalaciones eléctricas	4\$	32	128
Ubicación de contenedores	9\$	10	90
Personal obrero para pintar estructura y ejecutar limpieza	3\$	640	1920
		TOTAL	3.082\$

Fuente: Salazar P. (2022).

Tabla 7. Costos de especialistas de instalación de la planta.

ESPECIALIDAD	CANTIDAD	COSTO/HORA (USD)	TIEMPO	TOTAL
Ingeniero Mecánico	1	5	640	3200\$
Tecnico electricista	1	3	15	45\$
Tecnico de instalación de tuberías	2	3	15	90\$

Fuente: Salazar P. (2022).

Tabla 8. Monto total de instalación y activación de la planta

Descripción	Monto parcial \$
Costo de equipos	39.605,47
Mano de obra	3.082
Montaje e instalación	3335
TOTAL	46.022.47

Fuente: Salazar P. (2022).

Resultado: Se obtiene que la empresa contrató al personal suficiente para ejecutar las labores de la planta, así como profesional calificado para ejecutar cada una de las tareas.

4.5.3 Viabilidad ambiental

Desde lo ambiental, este proyecto cumple con las pautas sobre la norma ISO 14000-1 para disminuir el impacto ambiental de las energías no renovables y los recursos materiales, ya que se trata de un proyecto por el cual se genera un ahorro de energía. El beneficio de su adquisición no solo es monetario, debido a que esta empresa cuenta con la característica de que sus válvulas son de accionamiento manual y no

eléctrico, además se reutilizaron contenedores marítimos que en parte estaban deteriorados y fue de un gran beneficio para optimizar el espacio. De esta forma no solo se reutilizaron contenedores, también otros materiales como vigas, tubos de metal y herramientas, que forman parte de las estructuras de los contenedores y la pasarela.

CONCLUSIONES

De esta forma se puede decir que en la planta desde el diagnóstico de las características iniciales, se contó con un equipo integrado, profesional y con conocimiento suficiente para ejecutar las diferentes tareas para iniciar un proyecto de un máximo de 16 semanas, así como además contaban con los equipos de protección suficientes para poder trabajar de manera segura y en un ambiente en que se cumplen con los estándares de higiene.

Por ello, luego de verificar que el sitio estuviera en condiciones adecuadas, se comienza a desarrollar en el programa Sketchup la planta para poder distribuir el espacio de los equipos que se pensaron en utilizar, utilizando escalas reales para que se adapte a las condiciones correctas y poder conocer los espacios y la cantidad de material necesario (por ejemplo, para la cantidad de metros de tubería necesarios) que se utilizan a lo largo del proyecto.

Luego de conocer las dimensiones mediante Sketchup, se procede a realizar los planos de las tuberías y la simulación del flujo de las mismas con el software de diseño SolidWorks, para esto último, es importante conocer el complemento de FlowSimulation, fundamental para este tipo de simulaciones que permite conocer diversos resultados, como lo son la presión y la velocidad del mismo en todo su recorrido.

Por otro lado, después de tener las medidas y la simulación, se determina que estructuralmente es viable la realización del proyecto, por tal razón se procede a la procura de materiales suficientes para elaborar por completo el proyecto y comienza la instalación de la planta, siempre manteniendo las operaciones seguridad e inocuidad necesarias durante la duración del proyecto. Al finalizar la instalación se activan los ciclos y se instruye al personal para que la planta continúe operando de manera óptima y sin restricción.

Por último, se calcula la viabilidad económica y técnica, conociendo los costos de los diversos equipos, mano de obra y precio de las diversas instalaciones, de esta forma se determina que el presupuesto de la empresa permitió la viabilidad del mismo, al igual que de forma ambiental, ya que no solo se utilizan válvulas manuales que reducen el consumo de las energías no renovables, también se utilizan contenedores marítimos con desgastes.

RECOMENDACIONES

De esta forma, se recomienda a la empresa:

- Instruir al personal en materia de seguridad, higiene e inocuidad, creando charlas sobre en qué momento usar los implementos de seguridad, zonas críticas en la que deben utilizar arnés por tener un nivel alto y las medidas higiénicas para manipular alimentos.
- Crear un manual de procedimientos, destacando las operaciones seguras desde el momento de recepción de aceite hasta la parte del envasado, ya que hay varios puntos en los que se debe mantener la concentración y el cuidado del personal.
- Se debe reemplazar los tanques de plásticos actuales en un periodo máximo de 4 años, debido a que, si no se sigue esta recomendación, puede ocurrir ablandamiento, plastificación, distorsión de la estructura o incluso pérdida de peso del material, debido a que serán utilizados de forma constante ya que para la sanitización es necesario recircular el aceite contenido. Deberá ser reemplazado por unos tanques de material (preferiblemente) acero inoxidable y con un diseño cónico que facilite la descarga del mismo.
- Realizar un plan de mantenimiento preventivo para evitar una parada de producción, debido a que para este proyecto se utiliza una línea de producción.
- Luego de cada recepción de aceite se debe limpiar el filtro de la bomba para mantener la higiene del proceso.
- Al finalizar el llenado o la descarga de los tanques se debe purgar la tubería utilizada, esto ubicando la válvula necesaria a la entrada del contenedor N°1 y con esto se consigue desperdiciar al máximo el aceite en la operación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, F. (2016). **“El proyecto de investigación” (introducción a la metodología científica)**. 6ta edición. Caracas, Venezuela.
- Ávila, J. (2015). **“Uso de contenedores de carga para proyectos de edificación”**. Posgrado de ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Barreto L. y Castañeda E (2021). En su trabajo que lleva por título **“Diseño y simulación de un módulo de laboratorio para el curso de Mecánica de Fluidos”** para optar al título de Ingeniero Mecánico-Eléctrico.
- Callata, I. (2021). En el estudio titulado **“Diseño e implementación de mecanismos para optimizar el proceso de envasado de aceite de soya en la empresa de conservas de pescado Beltrán E.I.R.L. Huachipa - Lima”**. Presentado en La Universidad Católica Tecnológica del Perú.
- Capiello y Suarez (2017). En el estudio titulado **“Estudio del comportamiento sismorresistente de una edificación modular compuesta prefabricada de mediana altura”**. Presentado en La Universidad Católica Andrés Bello Bello para optar por el título de Ingeniero Civil.
- Çengel, Y. Cimbala J. (2006). **Mecánica de Fluidos: Fundamentos y aplicaciones**. 1era Edición. Editorial: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A.
- Correa J. (2016). En su trabajo de grado titulado **“Análisis, diseño y desarrollo de un paseo virtual en 3D para la carrera de informática educativa, de la universidad nacional de loja, enfocado como una herramienta de difusión de los espacios que conforman la carrera de informática educativa”**
- Equipo ESSS (2016). **Dinámica de Fluidos Computacional**. Extraído del blog: <https://www.esss.co/es/blog/dinamica-de-fluidos-computacional-que-es/>
- Hurtado de Barrera, J. (2008). **Metodología de la investigación, una comprensión holística**. Caracas, Ediciones Quirón - Sypal.
- Lares F. (2009). **“Estudio socio técnico-económico para la creación de un desarrollo sustentable para la instalación de una planta extractora de**

- aceite de palma aceitera en el estado Monagas**". Barcelona, Venezuela.
- Lluguay K. (2016). En su trabajo que llevó por título **"Desarrollar un modelo CFD para el análisis del comportamiento del fluido en tuberías del banco de pérdidas de turbomaquinaria hidráulica y laboratorio"** Desarrollado en La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ubicada en Riobamba, Ecuador, para obtener el título de Ingeniero Mecánico.
- Medrano y Rebaza. (2019). Trabajo de investigación titulado **"Evaluación numérica de la cavitación y rendimiento de la bomba centrífuga operando en serie paralelo en el laboratorio de turbomáquinas"** presentado en la Universidadnacional del Santa, en Chimbote Perú, para optar por al título de Ingeniero Mecánico.
- Molero C. (2015) en su trabajo titulado **"transporte de líquidos –bombas"**. Universidad Nacional de Ucayali, Pucallpa, Perú.
- Tamayo, M. (2007). **El Proceso de la Investigación Científica**. 4ta Edición. México. Editorial: Limusa
- Udeos E. y Oyarvide R. (2010). **"Diseño de bombeo para una planta de recolección y procesamiento de aceite usado para reciclaje o reutilización"** presentado en la Escuela Superior Politécnica del Litoral, en Guayaquil Ecuador, para optar por al título de Ingeniero Mecánico.
- Wang Lucy (2014). **Nine-Story Prefab Apartment Tower was Installed in Just Five Days**. Extraído del artículo: <https://inhabitat.com/one9-nine-story-prefab-apartment-tower-was-installed-in-just-five-days/>
- White F. (2004). **Mecánica de Fluidos**. 5ta Edición. McGRAW HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S.A.U

ANEXOS

ANEXO A: ENTREVISTA SEMIESTRUCTURA

ANEXO A-1



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE MECÁNICA

CUADRO TÉCNICO METODOLÓGICO

OBJETIVO GENERAL: Diseñar e instalar una planta modular de envasado de diferentes tipos de aceites para consumo humano.					
OBJETIVO ESPECÍFICO	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Diagnosticar las características actuales del proceso de la empresa.	Características de la empresa.	Implica en conocer las condiciones de la empresa y si son óptimas para la elaboración del proyecto.	Personal	1	Entrevista Semiestructurada: Guion de entrevista
			Tiempo	2	
			Espacio Físico	3	
				4	
			Sanitización	5	
			Seguridad	6	
				7	
			Softwares de Diseño	8	

ANEXO A-2



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE MECÁNICA

GUION DE ENTREVISTA REALIZADA AL JEFE DE PLANTA RELACIONADO CON LAS TOMA DE DECISIONES PARA EL DISEÑO E INSTALACIÓN DE LA PLANTA MODULAR DE ENVASADO DE ACEITE COMESTIBLE.

Nombre: Aron Pinto		Cargo: Jefe de Planta	
INDICADOR	N°	PREGUNTAS	RESPUESTAS
PERSONAL	1	¿Cuenta la empresa con un equipo calificado para realizar las diversas instalaciones de la empresa?	
TIEMPO	2	¿Considera usted que en un periodo de 32 semanas serán suficientes para diseñar, instalar y activar todos los procesos de la planta?	
ESPACIO FÍSICO	3	¿Considera que el espacio de la planta es adecuado para realizar diversas instalaciones tanto administrativas como operativas que permita un buen desempeño del proceso?	
	4	¿La empresa está de acuerdo en utilizar contenedores marítimos dentro de la planta para que se pueda optimizar el espacio y cumpla con un diseño modular?	

SANITIZACIÓN	5	¿Cumple la planta con las condiciones salud y ambiente para realizar un proyecto de instalación de una planta de envasado de aceite para el consumo humano?	
SEGURIDAD	6	¿La estructura física de la empresa se encuentra en condiciones seguras para que se pueda desarrollar e implementar el proyecto factible?	
	7	¿Dentro de la empresa se encuentran las correctas señalizaciones al igual que los diversos equipos (Por ejemplo, extintor de fuego) para resguardar y asegurar la vida de las personas que laboran en la planta?	
SOFTWARE DE DISEÑO	8	¿Está de acuerdo en que se utilice la herramienta Sketchup para realizar la propuesta de diseño de la planta y permita optimizar el espacio de la misma?	

ANEXO A-3



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE MECÁNICA

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

Quien suscribe, Alicia de Pizzello, titular de la Cédula de identidad N° V-4198800, de Profesión: Ingeniera, mediante la presente se hace constar que las Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos del Trabajo de Grado Titulado: **DISEÑO E INSTALACIÓN DE UNA PLANTA MODULAR DE ENVASADO DE ACEITE COMESTIBLE**, realizado por: Salazar Pedro, portador de la cédula de identidad N° V-27.781.875, aspirante al Título de Ingeniero Mecánico, reúnen los requisitos suficientes, necesarios para ser válidos y son aptos para alcanzar los objetivos que se plantean en la investigación.

Atentamente:

Firma:

C.I:

4198800

Teléfono:

0412 0396931

ANEXO A-4



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE MECÁNICA

HOJA DE REGISTRO PARA LA VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

INSTRUCCIONES: Marque con una X el recuadro que identifique su punto de vista respecto al ítem de acuerdo a las siguientes apreciaciones:

- **CLARO:** Recolección simple y eficiente que ayuda a las personas entender con facilidad lo escrito.
- **CONFUSA:** Redacción con una falta total de coherencia entre varias ideas, que contradice y no guarda una relación LÓGICA.
- **INCOHERENTE:** Redacción con una falta total de coherencia entre varias ideas, que contradice y no guarda una relación lógica.

EN LA COLUMNA DE OBSERVACIONES PUEDE COMPLEMENTAR SU APRECIACIÓN

Ítems	Redacción de ítems			Pertinencia de los objetivos		Observaciones
	Clara	Confusa	Incoherente	Pertinente	No Pertinente	
1	X			X		
2	X			X		
3	X			X		
4	X			X		
5	X			X		
6	X			X		
7	X			X		
8	X			X		

Fecha: 18-5-22	Firma del especialista: <i>[Firma]</i>
Especialista: <i>[Firma]</i>	Descripción de perfil del Especialista: <i>[Firma]</i>

ANEXO A-5



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE MECÁNICA

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

Quien suscribe, Ana Arendano, titular de la Cédula de identidad N° V- 7.187.788, de Profesión: Ing. Industrial mediante la presente se hace constar que las Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos del Trabajo de Grado Titulado: **DISEÑO E INSTALACIÓN DE UNA PLANTA MODULAR DE ENVASADO DE ACEITE COMESTIBLE**, realizado por: Salazar Pedro, portador de la cédula de identidad N° V-27.781.875, aspirante al Título de Ingeniero Mecánico, reúnen los requisitos suficientes, necesarios para ser válidos y son aptos para alcanzar los objetivos que se plantean en la investigación.

Atentamente:

Firma:

C.I:

Teléfono:

Prof Ana Arendano
Arendano
7.187.788
0424 4459583

ANEXO A-6



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE MECÁNICA

HOJA DE REGISTRO PARA LA VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

INSTRUCCIONES: Marque con una X el recuadro que identifique su punto de vista respecto al ítem de acuerdo a las siguientes apreciaciones:

- **CLARO:** Recolección simple y eficiente que ayuda a las personas entender con facilidad lo escrito.
- **CONFUSA:** Redacción con una falta total de coherencia entre varias ideas, que contradice y no guarda una relación LÓGICA.
- **INCOHERENTE:** Redacción con una falta total de coherencia entre varias ideas, que contradice y no guarda una relación lógica.

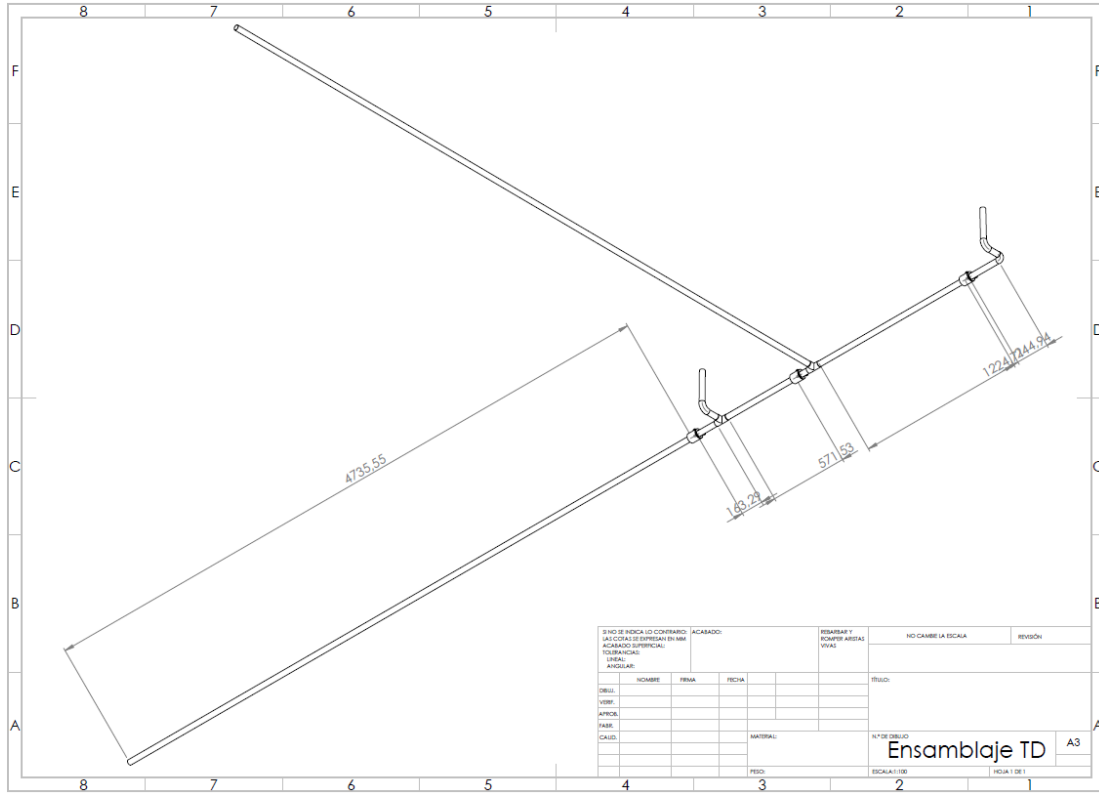
EN LA COLUMNA DE OBSERVACIONES PUEDE COMPLEMENTAR SU APRECIACIÓN

Ítems	Redacción de ítems			Pertinencia de los objetivos		Observaciones
	Clara	Confusa	Incoherente	Pertinente	No Pertinente	
1	X			X		
2	X			X		
3	X			X		
4	X			X		
5	X			X		
6	X			X		
7	X			X		
8	X			X		

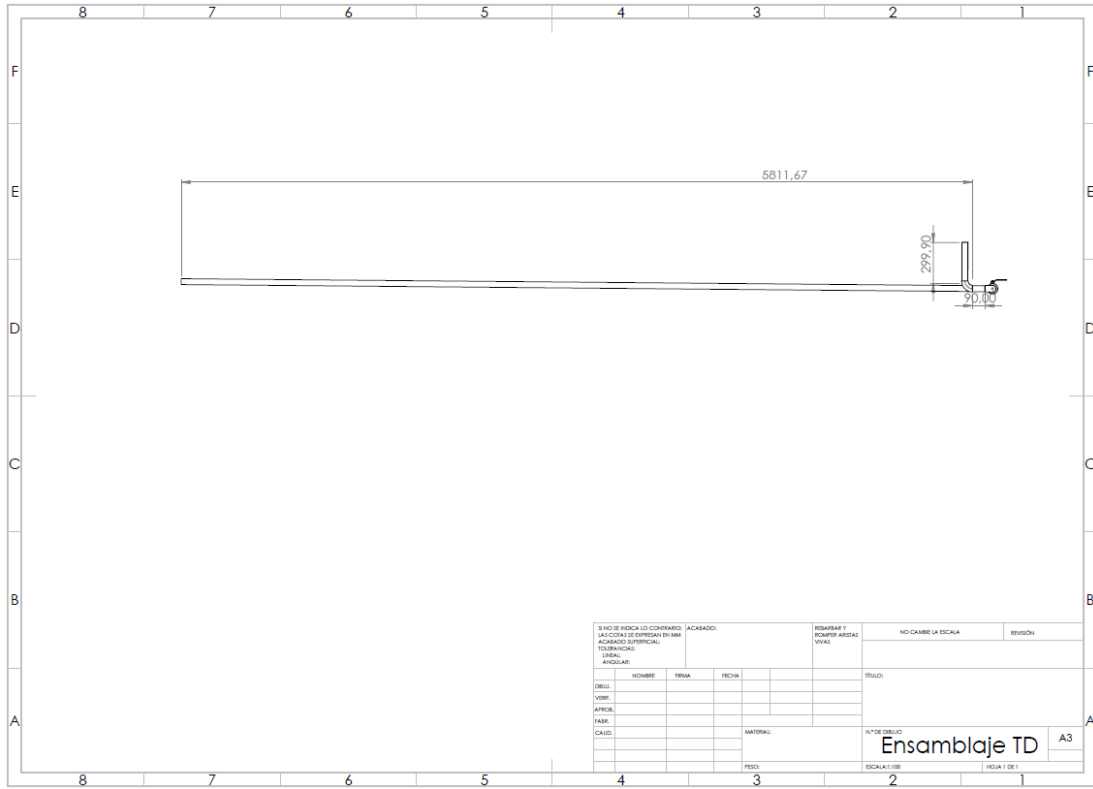
Fecha: 17/05/2022	Firma del especialista:
Especialista: Inga Industrial	Descripción de perfil del Especialista: Especialista en Ciencia / Metodología

PLANOS DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS

ANEXO B-1



ANEXO B-2



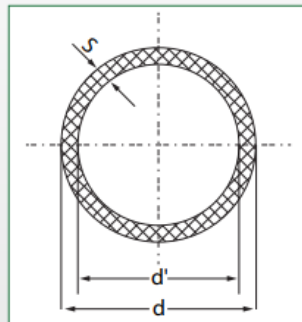
ANEXO B-4







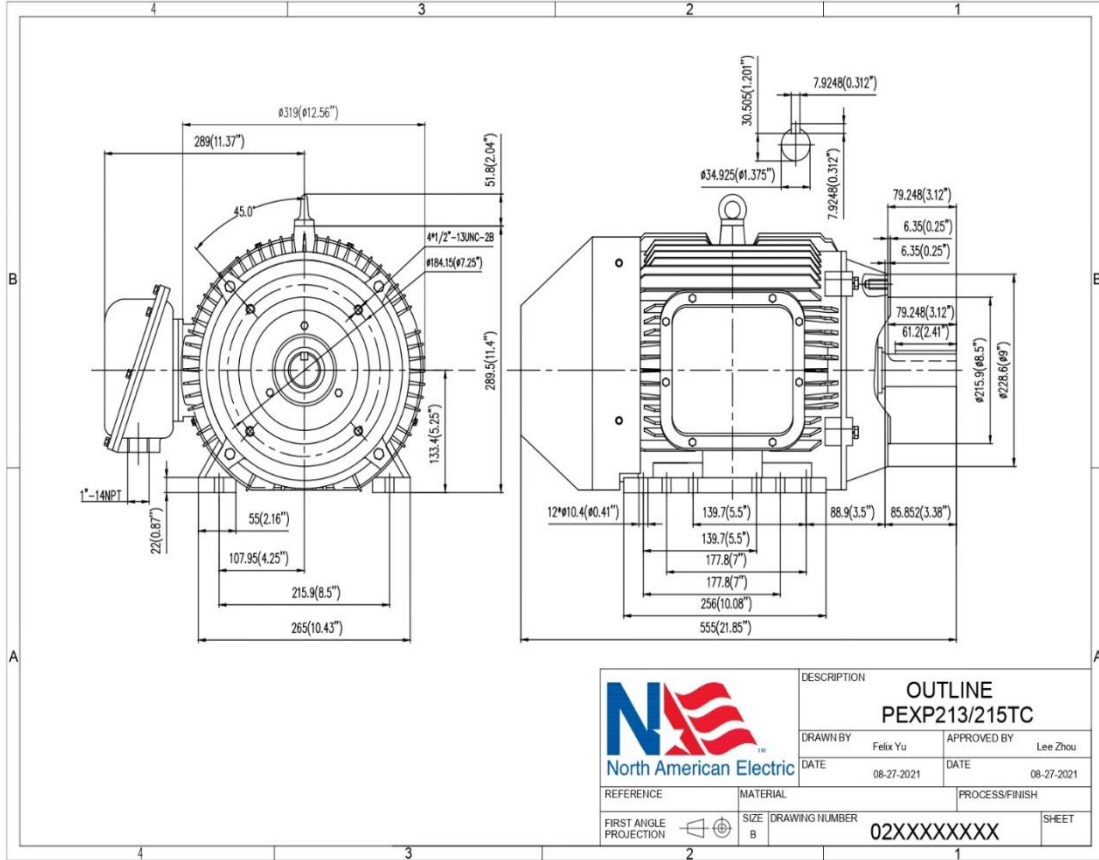
**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE
DIÁMETROS DE LA TUBERÍA DONSEN PPR®**



Código	Descripción	Diámetro externo (d)	Pared (S)	Diámetro interno (d')
DSA301	Tubo de 20 mm (1/2")	20 mm	3,40 mm	13,20 mm
DSA302	Tubo de 25 mm (3/4")	25 mm	4,20 mm	16,60 mm
DSA303	Tubo de 32 mm (1")	32 mm	5,40 mm	21,20 mm
DSA304	Tubo de 40 mm (1 1/4")	40 mm	6,70 mm	26,60 mm
DSA305	Tubo de 50 mm (1 1/2")	50 mm	8,30 mm	33,40 mm
DSA306	Tubo de 63 mm (2")	63 mm	10,50 mm	42,00 mm
DSA207	Tubo de 75 mm (2 1/2")	75 mm	10,30 mm	54,00 mm
DSA208	Tubo de 90 mm (3")	90 mm	12,30 mm	65,00 mm
DSA209	Tubo de 110 mm (4")	110 mm	15,10 mm	77,20 mm
DSA210	Tubo de 160 mm (6")	160 mm	21,90 mm	120,40 mm

PLANOS DE BOMBA CENTRIFUGA

ANEXO C-1



 North American Electric	DESCRIPTION	
	OUTLINE PEXP213/215TC	
DRAWN BY	Felix Yu	APPROVED BY
DATE	08-27-2021	Lee Zhou
DATE	08-27-2021	DATE
DATE	08-27-2021	DATE
REFERENCE	MATERIAL	PROCESS/FINISH
FIRST ANGLE PROJECTION	SIZE	DRAWING NUMBER
	B	02XXXXXXXX
		SHEET

ANEXO C-2



Typical Performance Curve

NEMA Series Motors: NEMA Design B - Efficiencies must meet NEMA MG-1 Table 12-12

MODEL NUMBER: PEX215TC-10-2

