

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE VALPARAISO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA



PROYECTO PARA OPTAR AL TITULO DE
INGENIERO CIVIL QUÍMICO

**"PREFACTIBILIDAD TECNICO
ECONOMICA DE PLANTA DE ACEITES
ESENCIALES"**

Juan Pérez Labra

Profesores Guía:

José Torres Titus

Jaime Fernández Celis

2008

DEDICATORIA

A Dios.

*A mis padres Alicia Labra Arias y Juan Pérez Aquilera,
por su amor, apoyo y paciencia.*

*A mis hermanas Maritza y Natalia, a mi sobrino Benjamín,
a mi abuelita Quela y todos mis familiares,
que compartieron conmigo este largo proceso..*

Juan Alonso Pérez Labra.

AGRADECIMIENTO

Quisiera agradecer de manera especial a mis profesores tutores Sr Jaime Fernández C. y Sr José Torres T. por su prestancia y disposición en los momentos finales de la ejecución de este proyecto.

RESUMEN

En este proyecto de título se presenta un estudio de prefactibilidad técnico – económica de una planta de aceites esenciales, la que para efectos de evaluación económica, producirá aceite esencial de orégano y como caso especial producirá aceite esencial de romero.

El motivo del proyecto tiene relación, con el permanente aumento del consumo de aceites esenciales a nivel mundial, gracias a los nuevos convenios internacionales y al nacimiento de nuevos mercados de exportación, como China, EE.UU., la Unión Europea y Oceanía.

Debido a lo anterior, se diseñó una planta de aceites esenciales para producir un aceite esencial que permitiera una alta rentabilidad al proyecto.

Para elegir el aceite esencial a producir, se evaluó primero en laboratorio a cuatro tipos de aceites esenciales como son, el orégano, eucalipto, menta y jengibre; aquí se analizaron distintas variables que influirían en la rentabilidad del proyecto, como son la disponibilidad de materia prima, proceso productivo, precio del aceite y rendimiento. Llegando a la conclusión que el aceite de orégano cumplía con las mejores condiciones para obtener una buena rentabilidad, ya que, en la zona de localización de la planta (Quillota), se dispone de la suficiente materia prima para el proceso, así mismo, el proceso de producción de aceite de orégano es más económico, debido a que no se requieren equipos de reducción de tamaño como cortadora o molino; y que la relación precio de venta – rendimiento trae mayores ganancias que los otros aceites estudiados.

Los estudios de laboratorio también permitieron seleccionar el proceso productivo; este es el proceso de destilación por arrastre de vapor, proceso mundialmente usado para producir esencias aromáticas y oleorresinas. Cada etapa del proceso consta de una serie de equipos, los cuales fueron diseñados, teniendo como base, los estudios de laboratorio.

Una vez dimensionada la planta, se hizo el estudio económico, donde se determinó: que la inversión necesaria para el proyecto asciende a US\$ 253963; y que la rentabilidad del proyecto fue alta (TIR 86%) para la condición de 0% de capital prestado por el banco.

Finalmente se realizó un análisis para el caso de no disponer de materia prima suficiente (orégano), para ello se eligió al romero como alternativa de aceite esencial a producir, obteniéndose una rentabilidad 13% menor, ya que la relación precio del aceite de romero – rendimiento es inferior a la del aceite esencial de orégano.

INDICE

CAPÍTULO I: Introducción

1.1 Objetivos.....	2
1.1.1 Objetivo general.....	2
1.1.2 Objetivos específicos.....	2
1.2 Justificación del proyecto.....	3
1.2.1 Investigación y proyecto.....	3
1.2.2 Pruebas de laboratorio.....	3
1.2.3 Selección del aceite a producir.....	4
1.2.4 Selección del proceso y diseño de la planta.....	4
1.2.5 Evaluación económica de la planta.....	5

CAPÍTULO II: Aceites esenciales

2.1 Generalidades.....	9
2.1.1 Localización en la planta.....	9
2.1.2 Composición química.....	9
2.2 Factores que influyen sobre la composición y el rendimiento del aceite esencial en la planta.....	10
2.2.1 Monoterpenoides.....	12
2.3 Clasificación.....	13
2.4 Aplicaciones.....	15
2.5 Obtención.....	17
2.5.1 Métodos directos de obtención.....	19
2.6 Propiedades.....	22
2.6.1 Propiedades físico-químicas.....	22
2.7 Composición química de los aceites esenciales.....	24
2.8 Pruebas de laboratorio.....	25
2.8.1 Materiales.....	26
2.8.2 Procedimiento general.....	26
2.8.3 Resultados.....	27
2.8.4 Comparación entre los aceites obtenidos.....	28

CAPÍTULO III: Antecedentes generales

3.1 Características del orégano.....	30
3.2 Propiedades cualitativas.....	31
3.2.1 Propiedades físicas.....	31
3.2.2 Propiedades químicas.....	32
3.3 Propiedades cuantitativas.....	33
3.3.1 Ubicación.....	33
3.3.2 Temporabilidad.....	33
3.3.3 Disponibilidad.....	33
3.3.4 Coeficientes técnicos de conversión.....	34

CAPÍTULO IV: Estudio de mercado

4.1 Generalidades.....	36
4.2 Características del mercado del aceite esencial de orégano.....	36
4.3 Área geográfica que abarca el mercado de aceite esencial de orégano....	37
4.4 Características del producto: aceite esencial de orégano.....	39
4.5 Usos y especificaciones del aceite esencial de orégano.....	39
4.5.1 Usos.....	39
4.5.2 Especificaciones.....	41
4.6 Oferta y demanda de aceite esencial de orégano.....	43
4.6.1 Principales ofertantes.....	43
4.6.2 Principales demandantes.....	44
4.7 Sistemas de comercialización y precios.....	44
4.7.1 Análisis del sistema de comercialización.....	44
4.7.2 Análisis del precio.....	44
4.7.3 Análisis del precio del aceite esencial de romero como Alternativa al aceite esencial de orégano.....	45
4.8 Tamaño y localización del proyecto.....	47
4.8.1 Tamaño de la planta.....	47
4.8.2 Relación tamaño – mercado.....	47
4.8.3 Relación tecnología – inversión.....	47
4.8.4 Relación ubicación – tamaño.....	48

4.8.5 Capacidad de producción.....	48
4.8.6 Programa de producción.....	49
4.8.7 Ingresos previstos.....	50
4.8.8 Localización del proyecto: factores localizacionales.....	51

CAPÍTULO V: Descripción del proceso productivo

5.1 Selección del proceso.....	54
5.2 Recepción de la materia prima.....	54
5.3 Selección.....	54
5.4 Destilación.....	55
5.5 Condensación.....	55
5.6 Separación.....	55
5.7 Envasado.....	56
5.8 Análisis post – producción.....	56
5.8.1 Análisis primarios.....	56
5.8.2 Análisis secundarios.....	56
5.9 Diagrama de flujo del proceso productivo.....	58
5.9.1 Definición de corrientes.....	58

CAPÍTULO VI: Balances de materia y energía

6.1 Conversiones.....	60
6.2 Balances de materia.....	61
6.2.1 Balance en la recepción y limpieza de materia prima.....	61
6.2.2 Balance de materia en el destilador.....	62
6.2.3 Balance de materia en el decantador.....	63
6.2.4 Rendimiento del proceso.....	64
6.3 Balance de energía.....	65
6.3.1 Balance de energía en el destilado.....	65

CAPÍTULO VII: Diseño y especificaciones de los equipos

7.1 Equipos principales.....	72
7.1.1 Equipo de limpieza.....	72
7.1.2 Equipo de destilación.....	75
7.1.3 Equipo de separación.....	107
7.1.4 Equipo de producto final.....	108
7.2 Equipos auxiliares.....	109
7.2.1 Galpón.....	109
7.2.2 Balanzas.....	109
7.2.3 Equipo de tratamiento de agua.....	110
7.2.4 Caldera.....	111
7.2.5 Bomba.....	113

CAPÍTULO VIII: Organización del proyecto

8.1 Distribución de la planta.....	115
8.1.1 Terreno y área necesaria.....	115
8.1.2 Distribución y arreglo de la planta.....	116
8.1.3 Plano de distribución de la planta.....	117
8.1.4 Layout de la planta.....	118
8.2 Organización del proyecto.....	119
8.2.1 Objetivo de la organización.....	119
8.2.2 Organigrama.....	119
8.2.3 Funciones generales en la empresa.....	121
8.2.4 Funciones específicas.....	122

CAPÍTULO IX: Evaluación económica

9.1 Estimación del capital total de inversión.....	123
9.1.1 Capital fijo.....	124
9.1.2 Inversión en capital fijo directo.....	129
9.1.3 Inversión en capital fijo indirecto.....	131
9.1.4 Capital de trabajo.....	132

9.2 Costo total del producto.....	131
9.2.1 Costo de producción.....	134
9.2.2 Gastos generales de empresa.....	140
9.2.3 Estimación del costo total del producto.....	143
9.3 Estudio de rentabilidad del proyecto.....	145
9.3.1 Caso 1: Flujo de caja del proyecto con 0% de capital prestado.....	145
9.3.2 Caso 2: Flujo de caja del proyecto con 25% de capital prestado.....	147
9.3.3 Caso 3: Flujo de caja del proyecto con 50% de capital prestado.....	149
9.3.4 Caso 4: Flujo de caja del proyecto con 75% de capital prestado.....	151
9.3.5 Sensibilidad del proyecto por capital prestado.....	155
9.3.6 Flujo de caja del proyecto por aumento en 10% del precio de Materia prima con 0% de capital prestado.....	155
9.3.7 Flujo de caja del proyecto por aumento en 10% del precio de Materia prima con 25% de capital prestado.....	157
9.3.8 Flujo de caja del proyecto por aumento en 10% del precio de Materia prima con 50% de capital prestado.....	159
9.3.9 Flujo de caja del proyecto por aumento en 10% del precio de Materia prima con 75% de capital prestado.....	161
9.3.10 Sensibilidad del proyecto por aumento de 10% en precio de Materia prima con capital prestado.....	163
9.3.11 Flujo de caja y rentabilidad del proyecto con producción de Aceite esencial de orégano y aceite esencial de romero.....	165
 CAPÍTULO X: Conclusiones.....	 167
CAPÍTULO XI: Bibliografía.....	169

INDICE DE FIGURAS

➤ Figura 1: Diagrama de bloque proceso productivo.....	5
➤ Figura 2: Isopreno.....	10
➤ Figura 3: Expresión.....	19
➤ Figura 4: Destilación arrastre de vapor.....	25
➤ Figura 5: Componentes aceite de orégano.....	39
➤ Figura 6: Exportaciones romero seco 2001-2005.....	46
➤ Figura 7: Diagrama de flujo proceso productivo.....	58
➤ Figura 8: Recepción y limpieza.....	61
➤ Figura 9: Balance de materia en destilado.....	63
➤ Figura 10: Balance en decantador.....	65
➤ Figura 11: Balance de energía en destilado.....	67
➤ Figura 12: Estanque destilación aceites esenciales.....	75
➤ Figura 13: Variación del TIR por préstamo bancario.....	154
➤ Figura 14: Variación de VAN por préstamo bancario.....	154
➤ Figura 15: Variación TIR con 10% de aumento de precio de materia Prima y capital prestado.....	163
➤ Figura 16: Variación de VAN con 10% de aumento de precio de Materia prima y capital prestado.....	164

CAPITULO I

Introducción

INTRODUCCION

En el presente capítulo se mostraran los objetivos planteados para el proyecto y además una breve reseña del contenido del informe.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

- Diseñar y evaluar una planta para la obtención de aceites esenciales.

1.1.2 Objetivos específicos

- Analizar mediante pruebas de laboratorio distintos tipos de aceites esenciales.
- Elegir un tipo de aceite esencial para estudiar la factibilidad técnico-económica de la planta.
- Diseñar planta de aceite esencial de orégano.
- Evaluar rentabilidad del proceso de obtención de aceite esencial de orégano.
- Evaluar la rentabilidad del proceso para otros aceites estudiados en laboratorio.

1.2 JUSTIFICACION DEL PROYECTO

La justificación del proyecto tiene que ver con el por qué de la planta, el por qué de los objetivos y el por qué de los datos de diseño.

1.2.1 Investigación y proyecto

El estudio de la prefactibilidad técnico económica de una planta de aceites esenciales nace en los cursos de investigación y proyecto, los cuales tuvieron tres etapas, la primera que fue la investigación y proyecto 1, tuvo como objetivo principal la recopilación de información respecto a los aceites esenciales, como por ejemplo, que son los aceites esenciales, métodos de obtención y usos. La segunda etapa fue la investigación y proyecto 2, esta tuvo como objetivo realizar trabajos de laboratorio para obtener rendimientos de distintos aceites en condiciones de trabajo iguales, aquí se estudiaron aceites como el de eucalipto, menta piperita, limón, canela y naranja. La tercera etapa fue la investigación y proyecto 3, su objetivo principal fue el diseño de un sistema de producción de aceites esenciales por destilación por arrastre de vapor a escala piloto.

Todo esto sirvió como base para la elección de este tema como proyecto de título, donde se evaluará el diseño completo de una planta de aceites esenciales.

Es así que el proyecto se dividió en distintas partes las que se explican a continuación.

1.2.2 Pruebas de laboratorio

La primera parte del desarrollo de este informe de título comenzó con una serie de análisis preliminares en laboratorio de cuatro tipos de aceites esenciales (orégano, jengibre, eucalipto y menta). Estas pruebas se realizaron con la finalidad de evaluar el comportamiento de estos aceites desde que se recepciona la materia prima hasta el obtención del aceite, o sea, hacer pasar la materia prima por una serie de procesos unitarios (cortado, molienda, secado, destilación), para así poder obtener resultados experimentales que servirán para un posterior desarrollo de balances de materia y diseños de equipos.

1.2.3 Selección del aceite a producir

Una vez hechas las pruebas de laboratorio, con la información técnica obtenida como rendimientos, mermas, procesos usados y más las condiciones logísticas de la materia prima como disponibilidad, transporte, temporabilidad, entre otras; se tenía que tomar la decisión de cuál aceite esencial se iba a producir en la planta de aceites esenciales, para así poder desarrollar estudios de mercado y análisis económico del proyecto en sí.

Es por eso, que se eligió al orégano como aceite a producir no sólo por su disponibilidad en la zona de ubicación de la planta (Quillota), sino que también porque no se requieren procesos previos a la obtención, ya que la materia prima ya viene seca y con un tamaño adecuado y además los rendimientos obtenidos en el laboratorio fueron altos.

Un mayor desarrollo de este punto se muestra en la tabla N° 5 del informe.

1.2.4 Selección del proceso y diseño de la planta

La selección del proceso de obtención se debió mayormente a cuestiones prácticas, ya que, sabiendo que se iba a producir aceite esencial de orégano y que no se necesitan procesos previos para producirlo, como cortado o molienda, resultaba mucho más económico obtener el aceite en una planta de destilación por arrastre de vapor, proceso universalmente usado para la obtención de éstas, no sólo por los buenos rendimientos que se obtienen, sino también por ser un proceso económico. Este proceso consta de una serie de etapas las que se muestran en la figura N° 1, y por tanto de una serie de equipos que se deben diseñar como por ejemplo cinta transportadora, destilador, condensador, decantador, estanque de almacenamiento, además de un sistema de ablandamiento de agua para caldera. Estos equipos fueron diseñados siguiendo las normas internacionales de diseño y se detallan en el capítulo 7 del presente informe.

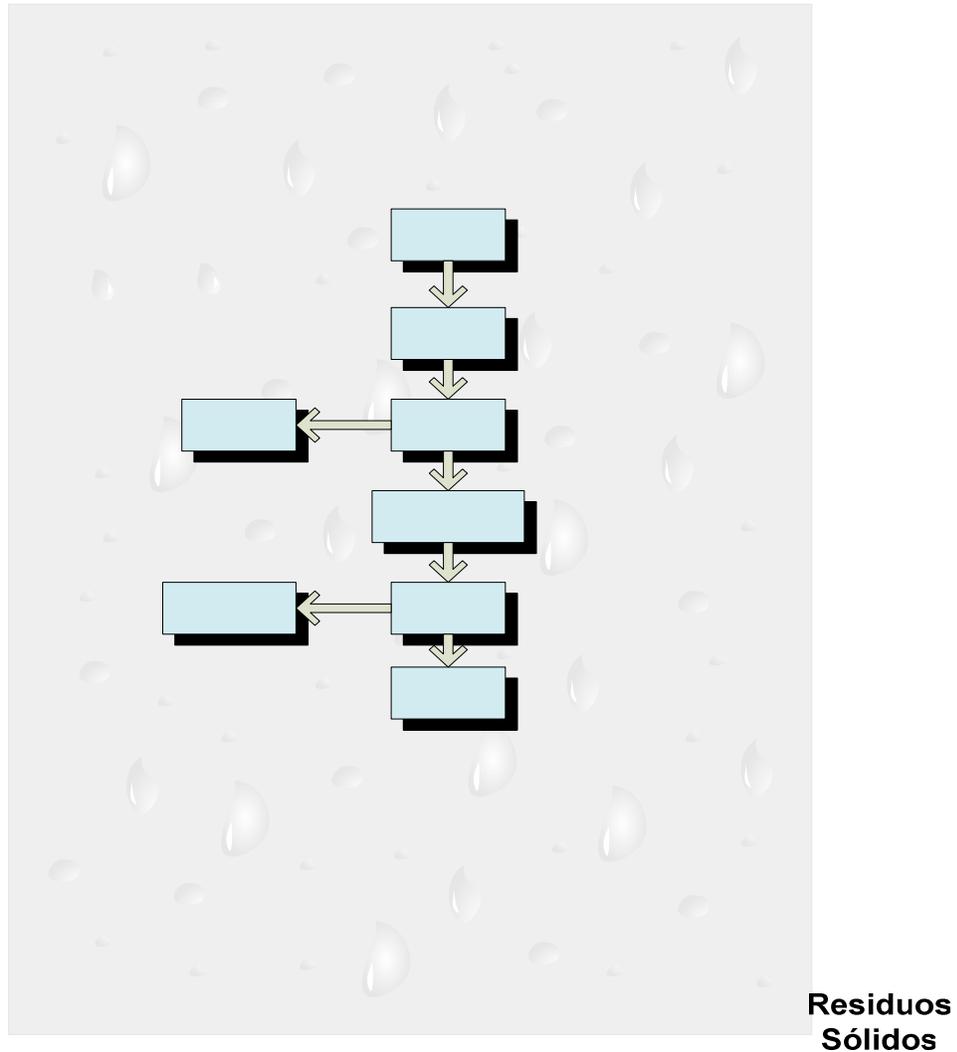


Figura 1: Diagrama de bloque proceso productivo

1.2.5 Evaluación económica de la planta

La evaluación económica del proyecto tiene como finalidad analizar la rentabilidad (VAN, TIR) del proceso de obtención de aceite esencial de orégano, teniendo en cuenta todos los costos involucrados en la instalación y operación de la planta, ya sea, equipos, terrenos, edificaciones, materiales, mano de obra, materia prima, suministros, etcétera y también los ingresos por la venta del producto en el mercado internacional. Para ello se realizarán los respectivos flujos de caja y análisis de sensibilidad.

Vale decir, que también se analizará la rentabilidad del proyecto con la producción de un producto alternativo al aceite de orégano, que es el aceite de

romero, durante un período de tiempo determinado; esto a causa de que habrá días que no se dispondrá de la materia prima necesaria, debido a imponderables naturales o de logística.

El desarrollo de estos puntos se mostrará en el capítulo 9 del presente informe.

Con esto se puede llevar acabo el estudio de la prefactibilidad técnico económica de una planta de aceites esenciales, el que se desarrolla a continuación.

CAPITULO II

Aceites Esenciales

ACEITES ESENCIALES

Los aceites esenciales son una mezcla de componentes volátiles, producto del metabolismo secundario de las plantas. Las esencias son mezclas más o menos complejas en cuya composición entra una porción de hidrocarburos de la serie polimetilénica del grupo de los terpenos que responden a la fórmula $(C_5H_8)_n$ (monoterpenos, $n=2$; sesquiterpenos, $n=3$; diterpenos, $n=4$; etc.) junto con otros compuestos casi siempre oxigenados (alcoholes, éteres, ésteres, aldehídos y compuestos fenólicos) que son los que transmiten a los aceites esenciales el aroma que las caracteriza.

Se les llama aceites por su apariencia física y consistencia que es bastante parecida a los aceites grasos, pero se distinguen de ellos, porque al dejar caer unas gotas de esencia sobre papel, éstas se volatilizan fácilmente sin dejar ninguna huella ni mancha grasosa.

2.1 GENERALIDADES

2.1.1 Localización en la planta

Los aceites esenciales se encuentran muy difundidos en el reino vegetal, especialmente en las fanerógamas, en las cuales se hallan repartidas unas sesenta familias (compuestas, labiadas, lauráceas, mirtáceas, rosáceas, rutáceas, umbelíferas, etc.). Se pueden encontrar localizados en diferentes partes de la planta, por ejemplo: en las hojas (menta, romero, orégano, etc.), en las flores (jazmín, rosa, etc.), en la cáscara del fruto (cítricos) y en los frutos (anís, cardamomo e hinojo, etc.).

En ocasiones las diferentes partes de la misma planta suministran esencias distintas en su composición como, por ejemplo, los aceites extraídos de la raíz, tallo, y las hojas del hinojo. Y también está el ejemplo de la canela que encierra en su corteza una esencia rica en aldehído cinámico, mientras que en sus hojas y raíces predominan el eugenol y el alcanfor, respectivamente. Se puede decir que la cantidad y composición del aceite varía de una especie a otra, y dentro de los mismos géneros de la planta.

2.1.2 Composición química

Actualmente se conocen más de doscientos aceites esenciales de apreciado valor comercial en los cuales se han identificado alrededor de cuatrocientos componentes químicos. Junto con los terpenos, se encuentran compuestos oxigenados como alcoholes libres (borneol, geraniol, linalol, nerol, mentol, terpineol, etc.) o en forma de ésteres, aldehídos (cinámico, benzaldehído, neral (cital, geranial), citronelal, salicílico, etc.), cetonas (alcanfor, carvona, fenchona, mentona, tuyona, etc.), ácidos libres (acético, benzoico, cianhídrico, cinámico propiónico, valeriánico, etc.) en pequeñas cantidades o en forma de ésteres o éteres.

2.2 FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE LA COMPOSICION Y EL RENDIMIENTO DEL ACEITE ESENCIAL EN LA PLANTA

Muchos factores influyen sobre la composición del aceite esencial, entre ellos se pueden destacar:

- Condiciones geobotánicas del medio, como son clima, altitud, tipo de suelo, cantidad de lluvias, etc.
- Método de cultivo, como uso de fertilizantes, abono, pesticidas, otros químicos, etc.
- Época de recolección y parte de la planta, por ejemplo, raíz, tallo, hoja, semilla, etc.
- Modo de manejo y almacenamiento del material vegetal, ya sea, fresco, seco, fermentado, etc.
- Método de obtención del aceite, como destilación, maceración, prensado, extracción con solventes, extracción con fluidos supercríticos, etc.
- Edad de la planta y estado fenológico.

Entre los compuestos mayoritarios de los aceites esenciales figuran los terpenoides. Estos compuestos son las sustancias más abundantes en el mundo de los productos naturales y están formados por varias unidades isoprénicas, cuyo número sirve como criterio para la clasificación de los terpenos:

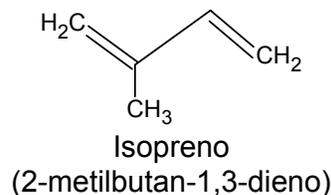


Figura 2: Isopreno

Tabla N° 1
Clasificación de los terpenos

Nombre	Unidades Isoprénicas	Número átomos de carbono
Monoterpenos	2	C ₁₀
Sesquiterpenos	3	C ₁₅
Diterpenos	4	C ₂₀
Sesterterpenos	5	C ₂₅
Triterpenos	6	C ₃₀
Caretonoides	8	C ₄₀
Resinoides	n	(C ₅) _n

Fuente: Elaboración propia

Durante los últimos 60 años los terpenoides han sido objeto de intensa investigación, por ejemplo en el área de química orgánica: estudio de mecanismos de reacciones (carbocationes y sus reordenamientos); en el establecimiento de relaciones tipo “estructura molecular – olor”; en el estudio de reactividad de sistemas cíclicos y en el análisis conformacional. En cuanto a su aplicación y comercialización los terpenoides han sido productos tradicionales en la industria de perfumería, en la elaboración de cosméticos, jabones, fragancias, aromatizantes de alimentos, colorantes naturales y otros productos utilizados como desinfectantes, detergentes preparaciones farmacéuticas y suplementos vitamínicos. Aunque algunos terpenoides se aislan de las plantas, muchos de ellos se sintetizan industrialmente a gran escala.

Los terpenoides presentes en las plantas y otros organismos vivos que los metabolizan están involucrados en numerosos procesos bioquímicos cumpliendo diversas funciones como hormonas sexuales, feromonas de insectos, sustancias reguladoras de crecimiento, insecticidas naturales, pigmentos, receptores en el proceso de visión en los animales. La distribución de terpenoides puede servir como base de la identificación taxonómica de plantas y microorganismos. Su implicación directa en interacciones “planta – insecto” y “planta – planta” yace en el fundamento de la naciente ciencia “química ecológica”.

En los últimos años un gran número de terpenoides (más de 1500) que se encuentran en la naturaleza han sido aislados y caracterizados. Existen por lo menos 38 tipos diferentes de esqueletos de monoterpenoides, alrededor de 200 de sesquiterpenoides y han sido descubiertas cerca de 500 moléculas individuales de iridoides, uno de los grupos de terpenoides.

2.2.1 Monoterpenoides

Los compuestos monoterpénicos forman parte de la mayoría de los aceites esenciales que se extraen de las flores, hojas y tallos de plantas aromáticas. Comúnmente se presentan como mezclas isoméricas muy complejas y de difícil separación. Solamente el alcanfor puede ser aislado en forma bastante pura a través de un proceso de cristalización de la esencia que lo contenga.

Los monoterpenoides de acuerdo con su estructura pueden ser divididos en los siguientes grupos:

- Monoterpenoides acíclicos
- Monoterpenoides monocíclicos
- Monoterpenoides bicíclicos

2.3 CLASIFICACION

Los aceites se clasifican con base en diferentes criterios: consistencia, origen y naturaleza de los compuestos mayoritarios, entre otros.

De acuerdo con su consistencia las esencias se dividen en fluidas, bálsamos y oleorresinas. Esencias fluidas son líquidos muy volátiles a temperatura ambiente. Bálsamos principalmente contienen sesquiterpenoides y su consistencia es más viscosa, son poco volátiles y propensos a polimerizarse (bálsamo de copaiba). Oleorresinas tienen el aroma característico de las plantas y son típicamente líquidos muy viscosos o sustancias semisólidas (caucho, guttapercha, oleorresinas de pprika, de pimienta negra, de clavel, etc.) (Tabla N 2).

Tabla N 2
Clasificación de los aceites esenciales

Criterio	Clasificación	Ejemplos
Consistencia	Fluidos	Líquidos muy volátiles a temperatura ambiente: esencias de menta, salvia, limón, albahaca, etc.
	Bálsamos	De consistencia espesa, poco volátiles y propensos a polimerizarse: bálsamo de copaiba, bálsamo del Perú
	Oleorresinas	Líquidos muy viscosos o sustancias semisólidas: caucho, gutapercha, oleorresina de pprika, etc.

Origen	Naturales	Se obtienen directamente de la planta y no se someten posteriormente a ninguna modificación física o química: esencias de plantas aromáticas y flores.
	Artificiales	Se obtienen a través de los procesos de enriquecimiento de la misma esencia con uno de sus componentes principales, o son la mezcla de varias esencias naturales, por ejemplo, esencia de anís enriquecida con anetol.
	Sintéticas	Mezclas de diversos productos químicos obtenidos sintéticamente.
Naturaleza química de los componentes mayoritarios	Monoterpenoides	Esencias de albahaca, salvia, menta, etc.
	Sesquiterpenoides	Esencia de ciprés, copaiba, jengibre, etc.
	Compuestos Oxigenados	Esencias de geranio jazmín, lavanda, ylang-ylang, etc.

Fuente: www.flissbis.com/aroma

Por su origen las esencias se clasifican como naturales, artificiales y sintéticas. Las naturales se obtienen directamente de la planta y no se someten posteriormente a ninguna modificación fisicoquímica o química, son costosas y variables en su composición. Las esencias artificiales se obtienen a través de los procesos de enriquecimiento de la misma esencia con uno de los componentes, o son las mezclas de varias esencias naturales extraídas de

distintas plantas, por ejemplo, la mezcla de esencias de rosa, geranio y jazmín enriquecidas en linalol, o la esencia de anís enriquecida con anetol.

Las esencias sintéticas son mezclas de diversos productos obtenidos por medio de procesos químicos. Se utilizan ampliamente en la preparación de sustancias aromatizantes y saborizantes (esencias de vainilla, limón, fresa, etc.).

Según la estructura química de los componentes mayoritarios que determinan el olor particular de los aceites, éstos se dividen en los tres grupos mostrados en la tabla N° 2.

2.4 APLICACIONES

Actualmente se han analizado más de tres mil aceites esenciales de gran número de especies botánicas. Más de doscientos aceites tienen un alto valor comercial y se utilizan ampliamente en diferentes ramas de la industria (alimentos, jabones, ambientadores, perfumes, cosméticos, licores, insecticidas, fármacos, etc.).

Las esencias naturales son empleadas como aromatizantes (anís, cardamomo, clavo, menta, tomillo, naranja, etc.) y/o saborizantes (anís, eneldo, hinojo, limón, naranja, etc.), como ingredientes de algunos preparados farmacéuticos (caléndula, eucalipto, manzanilla, menta, salvia, etc.) o son base de perfumes y productos cosméticos finos (albahaca, geranio, jazmín, salvia, rosa, ylang-ylang, etc.), desodorantes, lociones, jabones líquidos (orégano, salvia, yerbabuena, etc.), pastas dendríticas (anís, eucalipto, menta, orégano, tomillo, etc.). Algunos de los aceites esenciales poseen propiedades insecticidas y fungicidas (ajenjo, citronella, ciprés, enebro, pino, etc.) y se utilizan en los preparados especiales.

El valor comercial y el uso del aceite esencial dependen básicamente de su composición química, la cual a su vez está condicionada por diversos factores

de tipo botánico y agrícola. La composición del aceite depende fuertemente del método de extracción.

2.5 OBTENCION

Para la obtención de esencias se emplean diferentes técnicas de extracción, cuya descripción comparativa aparece en la tabla N° 3.

Tabla N° 3
Análisis comparativo de los principales métodos de extracción de aceites esenciales

Método de extracción	Ventajas	Limitaciones
Extracción con vapor	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Método industrial y de laboratorio. ➤ Buenos rendimientos en aceite extraído. ➤ Obtención del aceite puro, libre de solvente ➤ Bajo costo ➤ Tecnología no sofisticada 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Procesos colaterales como polimerización de los terpenos. ➤ Hidrólisis de ésteres. ➤ Destrucción térmica de algunos componentes. ➤ No es aplicable a flores
Extracción con solventes volátiles	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Uso de temperaturas bajas. ➤ No provoca termodestrucción ni alteración química de los componentes del aceite. ➤ Posibilidad de separación de componentes individuales. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Costoso. ➤ Contaminante del ambiente, riesgo de incendio y explosión. ➤ Difícil separar completamente el solvente sin alterar la composición del aceite. ➤ Coextracción de ácidos grasos, ceras, pigmentos.
Extracción con CO₂ supercrítico	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Alto rendimiento. ➤ Ecológicamente limpio. ➤ Fácil retiro y reciclaje del solvente. ➤ Bajas temperaturas de extracción. ➤ No hay alteración química del aceite. ➤ Cambiando 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ácidos grasos, pigmentos y ceras también pueden ser extraídos junto con el aceite esencial. ➤ ALTA INVERSION INICIAL.

<p>Extracción con CO₂ supercrítico</p>	<p>parámetros operacionales se puede variar la composición del aceite.</p>	
<p>Maceración con solventes no volátiles y enfleurage</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Uso de bajas temperaturas. ➤ Ausencia de destrucción térmica y deterioro químico de los componentes del aceite. ➤ Extracción de esencias de flores delicadas (rosa, jazmín, azahar, etc.). 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Operación costosa, demorada. ➤ Poco rendimiento del aceite. ➤ Difícil separación del solvente (aceites vegetales).

Fuente: Elaboración propia

2.5.1 Métodos directos de obtención

- Compresión de la cáscara, raspado de la cáscara, lesiones mecánicas de la corteza.

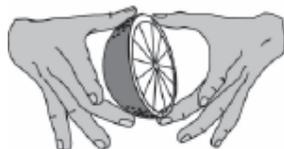


Figura 3: Expresión

- Destilación con agua (hidrodestilación), destilación con agua y vapor, destilación con vapor seco, destilación-extracción con solvente simultánea.
- Extracción con solventes volátiles, con solventes no volátiles (aceites vegetales), con fluidos supercríticos.
- Enflurage¹, adsorción sólido – líquido y/o sólido – gas.

Los métodos directos se aplican principalmente a los cítricos. La técnica de enflurage se utiliza para extracción de sustancias volátiles de flores delicadas (jazmín, rosa), que a veces siguen metabolizando el aceite varios días después de su recolección.

Por su sencillez, bajo costo y altos rendimientos, el arrastre con vapor es la técnica más usada en la industria de los aceites esenciales. Varias farmacopeas la recomiendan como el método óptimo de obtención de esencias. Durante la extracción por arrastre con vapor pueden ocurrir procesos colaterales, tales como polimerización y resinificación de los terpenos, hidrólisis de ésteres y formación de algunas sustancias artefactos debido al empleo de temperaturas elevadas.

La técnica de extracción con solventes (éter de petróleo, pentano, éter etílico, etc.) permite obviar estos inconvenientes, al trabajar a temperaturas bajas sin alterar la composición original del aceite. Sin embargo, esta técnica es costosa, contaminante, presenta dificultades en aislamiento completo del solvente y

¹ Del inglés enfleurage.

además algunas sustancias como ácidos grasos, ceras, pigmentos y otros pueden ser coextraídos con el aceite. Frecuentemente la maceración con solventes orgánicos se usa particularmente para la obtención de los componentes individuales, y más a menudo, como etapa previa a la de arrastre de vapor.

El creciente interés por las extracciones utilizando fluidos supercríticos se desprende de diversas ventajas tanto económicas, como operacionales que esta técnica presenta sobre los métodos de extracción convencionales.

El método de extracción con los fluidos supercríticos presenta múltiples ventajas (alto rendimiento, ecológicamente limpio, fácil retiro y reciclaje del solvente, bajas temperaturas de extracción, sin alteración química del aceite).

El método se basa en que los aceites esenciales son completamente miscibles con el CO₂ líquido y su solubilidad es variable dentro de la región supercrítica. La extracción con fluidos supercríticos presenta muchas opciones para lograr y controlar la selectividad deseada, la cual es bastante sensible a variaciones en la presión, la temperatura y el tipo de solvente (CO₂, Propano). El extracto queda prácticamente libre de solvente, pudiéndose recuperar éste con pérdidas mínimas por el calentamiento isobárico o descomposición isotérmica. La extracción de aceites esenciales con fluidos supercríticos ha cobrado especial interés durante la última década. Entre las limitaciones de esta técnica figura el alto costo de la inversión inicial.

Un equipo de extracción para este método consta básicamente de un sistema de compresión, una cámara de extracción en donde se pone en contacto a una temperatura controlada el material vegetal y el gas comprimido, una cámara de expansión donde el gas se separa para volver a la etapa inicial, dejando un extracto libre de solvente. Esta última característica cobra más importancia a medida que hacen más exigentes las normas internacionales con respecto a la presencia de trazas de solventes orgánicos en artículos para el consumo humano. Por su disponibilidad y bajo costo, el CO₂ es el gas más empleado

para este tipo de extracciones, las cuales encuentran creciente aplicación a nivel industrial, como lo atestigua el gran número de patentes otorgadas.

Como se mencionó anteriormente, la gran versatilidad de esta técnica surge de la solubilidad de una sustancia orgánica en un solvente, y está relacionada con la densidad de este último, que en el caso de los fluidos supercríticos esta puede variarse continuamente sobre un amplio rango a través de la temperatura y la presión. Esto permite llevar a cabo extracciones selectivas. Otras ventajas sobre las técnicas de extracción convencionales son bajo riesgo de incendio y la baja contaminación ambiental.

Dentro de las desventajas figuran el alto costo de la inversión inicial y la extracción preferencial de sustancias oxigenadas. Tal como en las otras técnicas de extracción es preciso optimizar las variables operacionales a fin de lograr mejores resultados, pero el número de variables es mayor (temperatura, presión, tiempo de contacto), así como su intervalo de valores. Para el caso del CO₂ las temperaturas y presiones de interés están por encima de 32°C y 82 atms, respectivamente.

En general, para describir más completamente la composición de los metabolitos secundarios volátiles y semivolátiles de plantas, es necesario combinar varias técnicas de aislamiento. Así, los métodos de arrastre con vapor y destilación-extracción simultánea con solventes recuperan con mayor eficiencia monoterpenos y sus derivados oxigenados. La extracción con solventes, asistida por la radiación de microondas y la extracción con fluidos supercríticos enfocan el aislamiento de metabolitos secundarios hacia productos más pesados: como sesquiterpenoides, hidrocarburos mayores de C₂₀ y diterpenos, como se observa en la salvia negra (*lepechinia schiedeana*).

2.6 PROPIEDADES

Las esencias son generalmente líquidas a la temperatura ambiente, e incoloras cuando se encuentran puras y poseen el aroma peculiar de las plantas de las cuales se extraen. Las esencias de ajeno y manzanilla presentan un color azul, debido a que contienen el hidrocarburo sesquiterpénico, chamazuleno.

Por exposición al aire los aceites esenciales se tornan espesos y se colorean intensamente. El olor de las esencias es extraordinariamente variable y constituye su característica más definida; son muy poco solubles en agua, pero solubles en solventes orgánicos (acetona, éter, pentano, alcohol etílico concentrado, etc.).

2.6.1 Propiedades físico-químicas

Históricamente, antes del uso de las técnicas modernas del análisis químico instrumental (GC/MS, RMN-H, RMN-C, FT-IR, cromatografía multidimensional, análisis "headspace", etc.) la caracterización de aceites esenciales se limitaba a las siguientes determinaciones de propiedades macroscópicas:

- Solubilidad en varios solventes
- Punto (rango) de ebullición
- Gravedad específica
- Rotación óptica
- Índice de acidez
- Número de éter
- Contenido de alcoholes y cetonas, y otros.

La evaluación de estas constantes físico - químicas se realiza como un estudio preliminar con el fin de descubrir adulteraciones de los aceites volátiles, sobre todo para los que poseen alto valor comercial.

2.7 COMPOSICION QUIMICA DE LOS ACEITES ESENCIALES

Anteriormente, la identificación de los componentes individuales del aceite se convertía en una larga operación, que incluía el aislamiento y purificación de éstos (cromatografía de capa delgada, cromatografía en columna, destilación fraccionada, etc.) para su posterior determinación estructural por métodos químicos tradicionales (obtención de derivados, reacciones de coloración, pruebas de grupos funcionales, etc.).

El estudio de diferentes variables (cultivo, condiciones geobotánicas, métodos de extracción, época de recolección y partes de la planta, métodos de almacenamiento y manejo del material vegetal, edad, actividad biológica, propiedades organolépticas, etc.) que coincidan la calidad y la aplicabilidad del aceite esencial y, por ende, su precio y aceptabilidad en el mercado, se realiza a través del establecimiento de la composición química del aceite.

2.8 Pruebas de laboratorio

Se realizaron con el fin de elegir un tipo de aceite esencial para estudiar acabadamente en el proyecto, tomando como parámetros importantes para la producción de aceites esenciales, algunos de los mostrados en esta introducción como son: disponibilidad, estación del año, método de obtención, rendimiento, entre otros.

El proceso de obtención elegido es el de destilación por arrastre de vapor, el cual será descrito en el capítulo 4 de este proyecto.

A continuación se muestra un esquema representativo de este proceso, el cual fue implementado en el laboratorio de la escuela, con el propósito de hacer los análisis de rendimiento para distintos aceites esenciales, como orégano, jengibre, eucalipto, y menta.

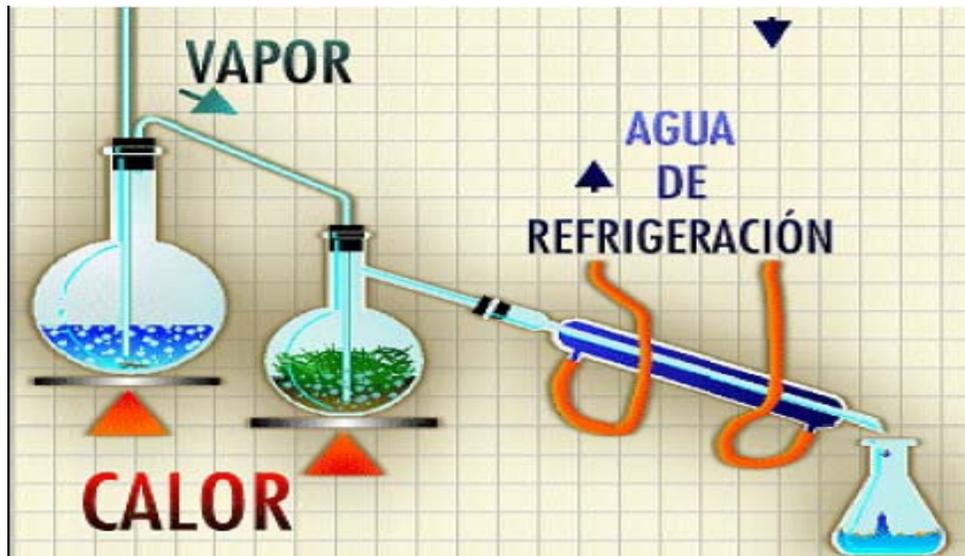


Figura 4: Destilación por arrastre de vapor

El ensayo se realizó de la siguiente manera.

2.8.1 Materiales

- Dos balones de tres bocas
- Dos calentadores
- Vaso precipitado
- Papel filtro
- Pinzas
- Tubo condensador
- Embudo
- Balanza analítica

2.8.2 Procedimiento general

- Se pesó materia prima
- Ebullición de agua en balón generador de vapor
- Se colocó en segundo balón la muestra vegetal (orégano, menta, eucalipto y jengibre), adicionando agua hasta llegar a la mitad del balón. Este balón, se mantuvo siempre entre 40 y 45° C, para facilitar destilación.
- Una vez que ebulle el balón de vapor, se abre agua de condensación.
- Se dejó ebulir el balón por cuatro horas.
- En el transcurso de este tiempo, el aceite esencial es arrastrado por el vapor de agua.
- Se recibe mezcla aceite agua en vaso precipitado, aquí se filtra con papel filtro, el que deja pasar el agua condensada y retiene el aceite esencial.
- Se pesó el aceite esencial en balanza analítica.

2.8.3 Resultados

Los resultados de los ensayos se muestran en la tabla N° 4.

Tabla N° 4
Resultados pruebas de laboratorio

Aceite	Materia prima (g)	Aceite obtenido (g)	Rendimiento (%)
Orégano	300	3,29	1,10
Jengibre	989	0,31	0,03
Eucalipto	205	1,11	0,54
Menta	200	0,98	0,49

2.8.4 Comparación entre los aceites obtenidos

Con los resultados anteriores se puede llegar a lo que se muestra en la tabla N° 5, la comparación entre los aceites esenciales elegidos para el análisis:

Tabla N° 5
Comparación entre aceites esenciales

Aceite a producir	Parte utilizada	Tratamiento Previo	Rendimiento de laboratorio	Rendimiento bibliográfico	Valor comercial (€/ml)
Orégano	Hojas y flores	Ninguno	1,1 %	1 – 2 %	0,8 – 1
Jengibre	Tubérculo	Limpieza, molienda y secado	0,03 %	0,01 – 0,3%	3
Eucalipto	Hojas	Limpieza, cortado y secado	0,54 %	0,5 – 1,5 %	0,3 – 0,5
Menta	Hojas y ápices	Limpieza, cortado y secado	0,49%	0,5 – 1 %	0,4

Referencias: European fruits and vegetables report (ITC)

De acuerdo a la anterior tabla, considerando además la disponibilidad de la materia prima y de manera de estudiar la factibilidad técnico – económica de una planta de aceites esenciales, se elige al orégano como aceite esencial a producir.

Entonces, en los capítulos siguientes, se llevarán a cabo los distintos cálculos necesarios para el diseño y evaluación de una planta de aceite esencial que producirá orégano.

CAPITULO III

Antecedentes generales

ANTECEDENTES GENERALES

Para llevar a cabo el diseño y evaluación de la planta de extracción de aceites esenciales, se debe elegir un producto o tipo de aceite a producir, este fue elegido tomando en cuenta variables importantes para una materia prima, como son por ejemplo, disponibilidad, temporalidad, etc.

Es por eso que se eligió al orégano como aceite a extraer, a continuación se mostrarán algunas características de éste.

3.1 Características del orégano

La materia prima necesaria para el proyecto la constituyen las hojas y flores del orégano (*Origanum vulgare*), ésta es una especie herbácea perenne, decidua que puede alcanzar hasta un metro de altura. Pertenece a la familia labiatae, sus flores varían desde color blanco a púrpura y muestra brácteas en verano, sus hojas son verdes a verde grisáceo y pueden ser vellosas o lisas.

El origen del orégano proviene principalmente de Turquía, se distribuye también por Europa y Asia central. Se ha asilvestrado en México, Sudamérica (Argentina, Chile y Perú) y Oceanía (Nueva Zelanda).

Requiere de clima cálido, alta luminosidad, bajo porcentaje de humedad, la no presencia de neblina y de bajas temperaturas nocturnas.

El terreno apropiado para su crecimiento debe ser franco arenoso, bien drenado, ricos en calcio, con un ph entre 6,5 y 6,8 con bastante materia orgánica.

Tabla N° 6
Clasificación Taxonómica

Item	Tipo
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Lamiales
Familia	Lamiaceae
Subfamilia	Nepetoideae
Tribu	Menthae
Género	Origanum
Especie	Vulgare
Nombre común	Orégano

Fuente: www.wikipedia.org

3.2 Propiedades cualitativas

3.2.1 Propiedades físicas

Planta de orégano es de olor agradable y penetrante, sabor amargo, de tallo consistente, erguido, de sección cuadrada, algo veloso y a veces de color rojizo, de una altura de 40 a 80 cm las hojas se disponen opuestamente, son pecioladas, de forma oval y borde entero, algo dentado, son de color verde oscuro y en la parte inferior tienen algo de pelusilla; las flores, de color rosa purpúreo, se agrupan en espigas anchas o alargadas.

3.2.2 Propiedades químicas

En la tabla N° 7, se presentan algunas características químicas del orégano de exportación.

Tabla N° 7
Propiedades químicas del orégano

Característica	Especificaciones			Método de prueba
	Orégano entero u hojas cortadas		Orégano molido	
	Procesado	Semi-procesado		
Humedad (%)	12	12	12	ISO 939
Cenizas totales (%)	10	12	12	ISO 928
Cenizas insolubles en ácidos (%)	2	2	2	ISO 930
Contenido de aceites volátiles ml/100g	1,8	1,5	1,5	ISO 6571

Fuente: ODEPA

3.3 Propiedades cuantitativas

3.3.1 Ubicación

Según datos de la Fundación Chile, el orégano es cultivado en regiones de clima cálido. En Chile los principales lugares donde se produce orégano están ubicados en el norte y centro del país donde se encuentran las condiciones apropiadas para el crecimiento de esta planta.

Las zonas donde se puede encontrar orégano, son Arica, Iquique, Pica, el altiplano, Copiapó, Illapel, la zona interior de la quinta región como Putaendo e Hijuelas y también en la región metropolitana. Se estima que hay más de 1000 Ha dispuestas a la producción de orégano.

3.3.2 Temporabilidad

El orégano en nuestro país se planta de acuerdo a las condiciones climáticas donde se producen, 2 veces al año, entre septiembre y noviembre, y entre marzo y abril de cada año. Y se cosecha cuando la planta ha alcanzado entre 40 y 50 centímetros de altura al momento de la floración (condición ideal para la extracción de aceite esencial), debiéndose cortar a 5 cm del suelo las ramillas para asegurar la regeneración de brotes.

3.3.3 Disponibilidad

La materia prima para el proyecto se puede encontrar cerca de la ubicación de la planta (quillota), existe una disponibilidad inmediata de orégano ya que en la quinta región interior hay plantadas 285 hectáreas y en la región metropolitana hay 277, las que en total suman más de 560 hectáreas², lo que permite tener disponible el producto para los requerimientos de la planta (considerando que cada m² de plantación produce 300 gramos de orégano). Cabe señalar, que estos números se mantienen desde el año 2002.

² Fuente: ODEPA, 2002

3.3.4 Coeficientes técnicos de conversión

Según Marreros (1996), García (1986) y Gorriti (1993) se tiene para la extracción de aceites esenciales, lo siguiente:

- Pérdidas o mermas

Selección³: 2, %

Destilación: 98,5%

Decantación⁴: 0,5%

- Parámetros de operación para la extracción de aceites esenciales, los que se muestran en la tabla N° 8.

Tabla N° 8
Parámetros de operación para extraer aceite de orégano

Aceite	Espesor materia cortada(mm)	T° Decantación (°C)	T° Destilación (°C)
Orégano	0,4	25 – 28	90

Fuente: "The essential oils" Gunther, (1963)

³ Para establecer los valores porcentuales de las pérdidas o mermas se tomó como base de cálculo la cantidad de materia que entra a cada etapa del proceso; estos porcentajes de obtuvieron de pruebas de laboratorio.

⁴ Corresponde al balance realizado en función del aceite esencial presente la materia prima.

CAPITULO IV

Estudio de mercado

ESTUDIO DE MERCADO

4.1 Generalidades

La producción de aceites esenciales se acerca a las 50 mil toneladas anuales. Más del 75% se produce en Asia, y solo China abarca el 40% de la producción mundial, el 15% de la producción se da en América, hoy podemos afirmar que el consumo de aceites esenciales está en permanente expansión, ya que su clasificación como producto natural le asegura un mercado importante.

Los principales países exportadores de aceites esenciales son Estados Unidos, Francia, el Reino Unido, Brasil, China entre otros.

4.2 Características del mercado del aceite esencial de orégano

El aceite esencial que se va a analizar es el aceite esencial de orégano (destilación de hojas y flores); se eligió este tipo debido a que es posible tener una buena rentabilidad al producirlo en el país, eligiendo las condiciones apropiadas en cada etapa de la producción.

El aceite esencial de orégano es un producto natural con una demanda internacional creciente, debido a su poder antibacteriano y antioxidante. El mercado para este producto se enfoca en los países más demandantes como E.E.U.U y España.

También, se puede decir, que no sólo se puede producir aceite esencial de orégano, gracias al diseño de la planta se pueden producir otros aceites esenciales como el de romero, eucalipto, entre otros. Esto debido a que no siempre se puede disponer de la cantidad necesaria de orégano.

4.3 Área geográfica que abarca el mercado del aceite esencial de orégano

Se eligieron dos mercados objetivos donde exportar, estos son los Estados Unidos y España, debido a su importante demanda de productos naturales en especial de los aceites esenciales donde se incluye el aceite esencial de orégano.

La categoría donde se incluye el aceite esencial de orégano, según el servicio nacional de aduanas es el de “los demás aceites esenciales, excepto los agrios”, o sea, excepto los aceites esenciales cítricos. A continuación se muestra en la tabla N° 9 las importaciones de aceites esenciales en esta subdivisión.

Tabla N° 9

Importaciones de los demás aceites esenciales, excepto los agrios (Ton)

País	2003	2004	2005	2006	2007
Alemania	0,5	1,4	0,1	0,4	0,9
Argentina	0,3	1,1	0,7	0,0	0,7
Australia	0,0	0,1	1,6	0,5	0,4
Austria	0,2	-	-	-	-
Brasil	0,0	1,2	0,1	0,4	1,3
China	0,1	1,3	0,6	0,0	1,7
Colombia	0,0	-	-	0,0	0,0
EEUU	6,9	29,0	27,1	23,0	34,7
España	8	11,7	10,7	14,2	15,7
Francia	0,9	0,4	0,3	0,8	2,0
India	0,0	0,1	1,0	1,7	2,3
Indonesia	0,3	1	2,5	3,2	0,1
Israel	-	-	0,1	0,1	0,2
Italia	-	0,1	0,5	1,1	2,2
Japón	0,0	-	0,1	0,0	0,0
México	0,1	-	0,0	0,1	0,3

Paraguay	2,7	-	0,2	-	-
R. Unido	0,9	0,8	0,9	0,6	2,2
Rusia	-	0,8	0,3	-	-
Sudáfrica	-	-	-	0,0	0,0
Sudán	-	-	-	-	0,0
Suiza	-	0,0	0,0	0,2	0,9
Ucrania	-	0,1	-	-	-
Uruguay	-	0,2	-	-	-
Vietnam	-	0,0	-	3,0	-
Total	20,9	49,3	46,8	49,3	65,6

Fuente: Elaborado por ODEPA con información del servicio nacional de aduanas.

4.4 Características del producto: aceite esencial de orégano

El aceite esencial de orégano es una sustancia líquida oleosa de color amarillo a pardo, viscoso, difícilmente soluble en alcohol e insoluble en agua. Los principales componentes químicos son el carvacrol, timol, p-cimeno y terpineno, así como otros terpenos que se presentan en la siguiente figura.

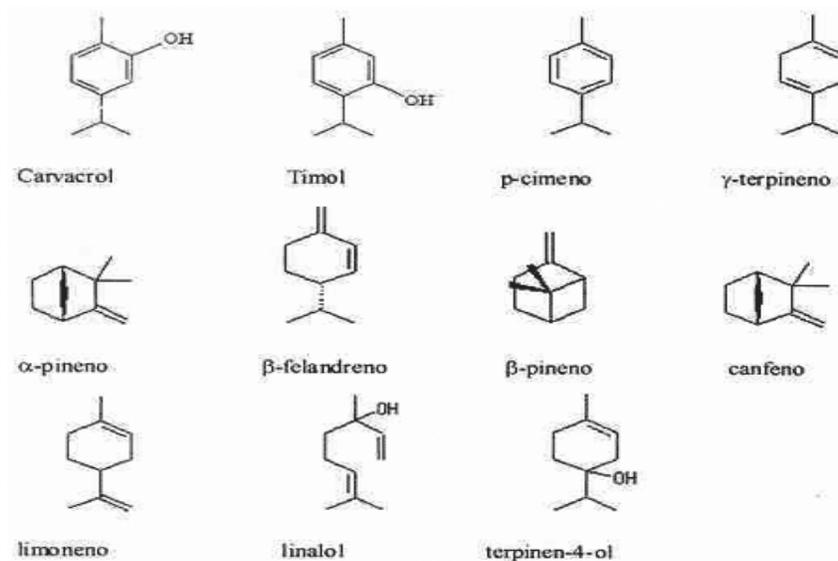


Figura 5: Componentes aceite de orégano

4.5 Usos y especificaciones del aceite esencial de orégano

4.5.1 Usos

El aceite esencial de orégano tiene variados usos:

- Como medio de enjuague en curaciones dentales
- Como antioxidante (propiedades asociadas al carvacrol y al timol)
- Como fungicida, bactericida y citotóxico.

También tiene propiedades desinfectantes y cicatrizantes frente a infecciones dérmicas debido a sus propiedades antifecciosas, antibacterianas y antisépticas. La esencia de orégano entra además en la composición de diversos perfumes, en la fabricación de jabones y cosméticos.

En estudios recientes⁵ sobre hierbas culinarias y medicinales se identificó al orégano como la hierba con la más alta actividad antioxidante, aun más que la vitamina E.

⁵ Fuente: Zheng, W. Et al 2002. Journal of agricultural and food chemistry.

4.5.2 Especificaciones

➤ Composición química

Los principales componentes químicos del aceite esencial de orégano son los monoterpenos, carvacrol, timol y cimeno, las proporciones se indican en la tabla N° 10

TABLA N° 10

Composición química del aceite esencial de orégano

Compuesto	Proporción (%)
Phellandrene OS	1,75
p-cymenecoccus aureus	6,86
Trans-sabinene hydrate	3,53
Linalool	1,47
Cis-sabinene hydrate	18,66
4-terpineol	9,43
Terpineol	2,76
Linalyl acetate	7,40
Thymyl-methyl-eter	1,52
Thymyl-methyl-eter	2,07
Carvacrol	7,72
Carvacrol	1,18
Trans-caryophyllene	2,76
Spathulenol	2,26
Caryophyllene oxide	2,21
Palmitic acid	8,39
9,12-octadecadienoic acid	8,29
9,12,15-octadecatrienal	5,08
2-methyl-hexanal	1,74
2-dodecanona	2,52
1,3,3-trimethyl-2-(3-methyl-2-methylene-3-buthylene-3-butenylidene) ciclohexanol	2,40

Fuente: "Composición química y actividad antibacteriana del aceite esencial de orégano", Escuela de Química, de la Universidad Nacional Federico Villarreal, Perú, 2001.

➤ **Características físico – químicas del aceite esencial de orégano**

La composición físico – química del aceite esencial de orégano se presenta en la tabla N° 11.

Tabla N° 11

Características Físico – Químicas del aceite esencial de orégano

Análisis	Resultado
Densidad relativa (15°C)	0,900-0,923
Índice de refracción	1,477
Solubilidad en etanol	95% arriba de 7 vol
Índice de éster	Arriba de 15

Fuente: "Composición química y actividad antibacteriana del aceite esencial de orégano", Escuela de Química, de la Universidad Nacional Federico Villarreal, Perú, 2001.

4.6 OFERTA Y DEMANDA DE ACEITE ESENCIAL DE OREGANO

4.6.1 Principales Ofertantes

No existen muchos registros de los ofertantes hacia los mercados elegidos (Estados Unidos y España), pero se sabe que los principales proveedores están en América y Turquía, a continuación se muestra un listado de ofertantes de aceite esencial de orégano.

- Aromáticos químicos potosinos (México)
- Citrus & Allied Essences (México)
- Amco internacional (México)
- Productos químicos reycomex (México)
- Knop Laboratorios (Chile)⁶

4.6.2 Principales demandantes

El cultivo e industrialización de muchos productos naturales, como el orégano, ha traído como consecuencia un aumento en la demanda; siendo los principales países importadores, los Estados Unidos, España y otros países de la unión europea como Francia, Suiza y Holanda.

El consumo de aceite esencial de orégano está enfocado en las industrias alimenticia y medicinal, ya sea como saborizante o como aditivo en fármacos de uso humano y animal.

⁶ Fuente: www.chileinfo.com

4.7 SISTEMAS DE COMERCIALIZACION Y PRECIOS

4.7.1 Análisis del sistema de comercialización

Comprende la combinación de un conjunto de variables controladas, las mismas que operan en el marco de factores del mercado de destino.

Dentro de la estructura de comercialización de los aceites esenciales, la elección de un determinado canal de distribución depende del tipo de producto a ser comercializado y de los servicios que ofrece dicho canal. Los EE.UU., la Unión Europea y Japón son los principales demandantes mundiales, sus importaciones de consumo en conjunto superan las 80000 toneladas.

Se puede decir, que el aceite esencial de orégano, así como la mayoría de los aceites esenciales, entran sin problemas a los Estados Unidos y países de la Unión Europea debido a los nuevos convenios de comercio exterior hechos con Chile.

4.7.2 Análisis del precio

El precio del aceite esencial de orégano está determinado por la demanda de los países industrializados del mercado mayorista europeo y regulado por los países proveedores del producto (México, Turquía). El precio del aceite esencial de orégano se rige de acuerdo a: la normatividad del mercado objetivo, variando de una marca a otra; a la calidad del producto y a la forma de venta de este producto, ya sea, a escala industrial o menor escala. En donde el mayor precio se encuentra a escala pequeña en venta de botellas de 5 a 15 ml, y el menor precio se encuentra en ventas a escala industrial de 1000 a 5000 ml.

Como referencia se sabe que en los Estados Unidos, el aceite esencial de orégano es comercializado en envases de vidrio con capacidades de 5 ml, 15 ml y de 1 oz a 10 oz con un precio promedio de US\$2 a US\$4 por onza (M.N.S. European fruits and vegetables report, año 2008) a través de diferentes empresas exportadoras.

En la unión europea, el aceite esencial de orégano también es comercializado en envases de vidrio con capacidades de que van de 10 a 20 ml y el precio promedio es de 0,2 a 0,4 €/ml.

4.7.3 Análisis del precio del aceite de romero como alternativa de producción al aceite de orégano

Debido a los imponderables de la naturaleza, a la disponibilidad o los vaivenes del mercado, no será posible tener todos los días del año la materia prima (orégano) necesaria para la producción de aceite de orégano; es por eso que se debe contar una alternativa para que la producción de la planta no pare y así no haya pérdidas económicas, que puedan afectar el correcto funcionamiento de la planta de proceso. Por eso, se eligió el romero como alternativa; debido principalmente a la disponibilidad de materia prima y además que se usa el mismo proceso de producción para extraer su aceite, que es la destilación por arrastre de vapor.

➤ Antecedentes del mercado nacional del romero

El romero es un arbusto perenne originario de las costas del mar mediterráneo. Sus usos son variados, aprovechando sus propiedades aromáticas o condimentarias, y en otros, la actividad antibacteriana y antioxidante que presenta tanto la planta como sus extractos, que son utilizados en la preservación de aceites y carnes.

La información del mercado disponible para esta especia es escasa, al igual que la mayoría de las hierbas deshidratadas. Los principales productores mundiales son países mediterráneos como Turquía, Marruecos, España o la ex Yugoslavia. Los precios promedio del 2008 reportados en el mercado de Nueva York, son de alrededor de US\$ 1,75 por Kg para el romero español y de US\$ 1,35 por Kg para el marroquí. Holanda, Alemania y otros países de Europa presentan precios similares.

En cuanto al mercado nacional, si bien la planta es conocida como ornamental, su producción como cultivo agrícola es nuevo, esperándose un aumento paulatino en los niveles de producción y exportación (ver figura 6). En el

contexto actual, el precio esperado a nivel de campo estaría en un rango entre \$350 y \$500 por Kg de hoja seca.

En cuanto al aceite esencial, su precio⁷ va de 0,3 a 0,4 €/ml, como referencia en el mercado europeo⁸.

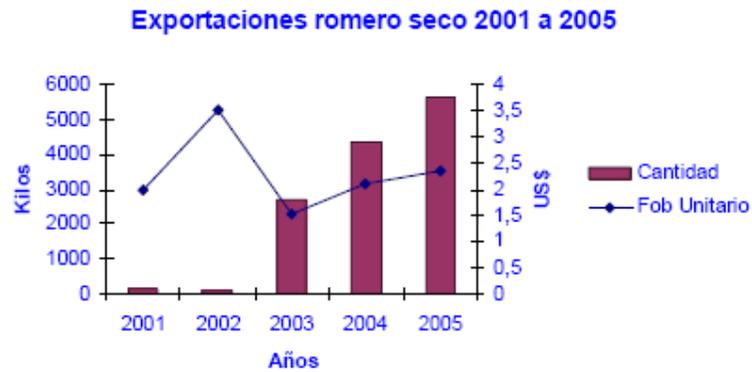


Figura 6: Exportaciones de romero seco 2001 a 2005

⁷ Los de la producción de aceite de romero como alternativa a la producción de aceite de orégano se verán en el capítulo de evaluación económica.

⁸ Fuente www.hipernatural.com

4.8 TAMAÑO Y LOCALIZACION DEL PROYECTO

4.8.1 Tamaño de la planta

Este está determinado por la disponibilidad de materia prima (orégano), sabiendo que en una hectárea plantada de orégano se pueden producir 6 toneladas de orégano seco y que en Chile hay más de 1000 hectáreas⁹ plantadas; se estimó que lo necesario para el proyecto serían 100 hectáreas, para así dependiendo de los rendimientos obtenidos, se logre una producción de 10000 kg de aceite esencial de orégano por año.

4.8.2 Relación tamaño – mercado

Según lo anterior, se quiere producir aproximadamente 10 toneladas de aceite esencial de orégano por año; estos tratarán de satisfacer la necesidad creciente de éste aceite esencial en los mercados antes mencionados. También la posibilidad que tiene el producto de ser comercializado en otros países consumidores como México, Suiza, entre otros, además para las consideraciones del proyecto y por los tratados firmados por Chile últimamente se puede asegurar que el tamaño de la planta es el adecuado.

4.8.3 Relación Tecnología – Inversión

La tecnología necesaria para la producción de aceite esencial de orégano, no es compleja por comprender operaciones básicas de transferencia de masa y calor (destilado, condensado y decantado) así como operaciones mecánicas de manipulación y traslado, si fuese necesario. Al no trabajar con equipos tan complejos la inversión no será tan alta lo que es bueno para la factibilidad del proyecto.

⁹ Fuente: “Manejo y producción de orégano”, Departamento de agricultura del desierto, Agosto 2003.

4.8.4 Relación Ubicación – Tamaño

Para la elección del lugar donde se llevara a cabo el proyecto se deben tener varias consideraciones como son medios de transporte (traslado), abastecimiento de materia prima (lugar donde se produzca alguna materia prima o terreno donde se pueda producir ésta) y otros factores como clima, ambiente, etc.

Por eso se eligió la ciudad de Quillota como lugar de instalación de la planta, porque las condiciones climáticas, ambientales y de disponibilidad de materia prima son óptimas.

4.8.5 Capacidad de producción

El tamaño de la planta dependerá de la demanda del producto en los mercados objetivos, de la cantidad y disponibilidad de materia prima, de la tecnología a utilizar y de la inversión, cuyos factores están analizados en las relaciones Tamaño – Mercado, Tamaño – Tecnología y Ubicación – Tamaño. Con esto, este proyecto pretende procesar, independiente de la época del año

Tabla Nº 12
Capacidad de Producción de la Planta

Aceite	A procesar	Producción
Orégano	600 (ton)	9-10 (ton)

4.8.6 Programa de producción

Para la producción se han planteado las siguientes consideraciones:

- El proyecto iniciará su producción el año 2008 utilizando el 80% de su capacidad instalada de producción en el primer año.
- El segundo año producirá a un 90% de capacidad instalada, trabajando al 100% en los demás años por no existir equipos complejos que requieren de largos períodos de ajustes o calibración.

Tabla N° 13

Programa de producción para la planta de aceites esenciales

Período 2009 – 2013

Aceite	Año	Capacidad (%)	Producción (ton)	Materia Prima (ton)
Orégano	2009	80	7,2 a 8	480
	2010	90	8,1 a 9	540
	2011	100	9 a 10	600
	2012	100	9 a 10	600
	2013	100	9 a 10	600

Fuente: Elaboración Propia

4.8.7 Ingresos previstos

De acuerdo a los precios internacionales del aceite esencial de orégano, el programa de producción, y los distintos factores de comercialización del producto en el mercado objetivo, los ingresos esperados para la producción programada son:

Para 80% producción					
Producción promedio	7600000	(g)			
Capacidad botella (ml)	Gramos botella	Porcentaje venta (%)	Cantidad por vender (g)	Costo por gramo (US\$/g)	Ingreso (US\$)
5	4,6	10	760000	0,144	109440
15	13,8	10	760000	0,14	106400
100	92	10	760000	0,13	98800
500	460	20	1520000	0,12	182400
1000	920	20	1520000	0,11	167200
5000	4600	30	2280000	0,1	228000
				Ingreso total	892240

Para 90% producción					
Producción promedio	8550000	(g)			
Capacidad botella (ml)	Gramos botella	Porcentaje venta (%)	Cantidad por vender (g)	Costo por gramo (US\$/g)	Ingreso (US\$)
5	4,6	10	855000	0,144	123120
15	13,8	10	855000	0,14	119700
100	92	10	855000	0,13	111150
500	460	20	1710000	0,12	205200
1000	920	20	1710000	0,11	188100
5000	4600	30	2565000	0,1	256500
				Ingreso total	1003770

Para 100% producción					
Producción promedio	9500000	(g)			
Capacidad botella (ml)	Gramos botella	Porcentaje venta (%)	Cantidad por vender (g)	Costo por gramo (US\$/g)	Ingreso (US\$)
5	4,6	10	950000	0,144	136800
15	13,8	10	950000	0,14	133000
100	92	10	950000	0,13	123500
500	460	20	1900000	0,12	228000
1000	920	20	1900000	0,11	209000
5000	4600	30	2850000	0,1	285000
				Ingreso total	1115300

4.8.8 Localización del proyecto: factores localizacionales

➤ Suministro de materia prima

La materia prima necesaria para obtener el aceite esencial de orégano (*oreganum vulgare*), son las hojas de orégano ya florecidas. Como se vio en el capítulo 2 de este proyecto, los lugares que registran mayores índices de producción de orégano son la quinta región interior, la región metropolitana y también las regiones de Arica-Parinacota y la de Tarapacá.

➤ Mercado

Se debe tener presente sólo para el costo de traslado del producto a los lugares de embarque, ya sea, Valparaíso o San Antonio.

➤ Transporte

Uno de los motivos por el cual se eligió la ciudad de Quillota como lugar de instalación de la planta es su cercanía con los proveedores de la materia prima, se tratará de no proveerse de orégano proveniente del norte, para no incurrir en mayores gastos.

➤ Suministros de energía eléctrica, combustible y agua

Estos serán provistos por empresas privadas de cada rubro.

➤ Disponibilidad de desperdicios

El proceso productivo de obtención de aceite esencial de orégano, tiene como desecho sólido, la materia orgánica que queda después de la destilación por arrastre de vapor, este desecho puede ser utilizado como abono o ser dispuesto en vertederos autorizados.

➤ **Clima**

No influye en mayor medida en el deterioro de los equipos.

➤ **Factores comunitarios**

Es un proceso que no tiene implicancias en el medio ambiente.

CAPITULO V

Descripción del proceso productivo

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

5.1 Selección del proceso productivo

Para seleccionar el proceso productivo a utilizar en el presente estudio, se tuvo en cuenta los diferentes métodos de obtención de aceites esenciales (vistos en el capítulo de aceites esenciales) de productos vegetales como son: por presión o expresión, por maceración, extracción con solvente, extracción con fluidos supercríticos y destilación por arrastre de vapor. Este último, el método de destilación por arrastre de vapor es el que se prefiere utilizar, no sólo por sus mejores rendimientos, sino por su economía con respecto a los otros métodos de obtención¹⁰, a continuación se mostrarán las etapas que este método comprende.

5.2 Recepción de la materia prima

El orégano seco traído en sacos de 12,5 kg, proveniente de pequeños y grandes productores será recepcionado en el galpón de almacenamiento. Estos permanecerán guardados hasta su uso.

5.3 Selección

Se realiza con el objetivo de separar cualquier impureza, adherida a la materia vegetal a utilizar, para así asegurar el rendimiento del proceso productivo y la calidad del aceite esencial a producir. La selección consiste en retirar toda la materia vegetal que presente signos de degradación o que no tenga el tiempo de vida suficiente (no llegue a la floración), se debe dejar en claro que la operación se realiza en forma manual en una cinta transportadora.

Esta cinta transportadora estará conectada con el tope del estanque de destilación.

¹⁰ Ver capítulo 1 sección 1.9; pruebas de laboratorio.

5.4 Destilación

El orégano seco es introducido en el estanque de destilación el cual está provisto de inyectores de vapor directo que deben poseer aditamentos de seguridad y control para este tipo de operaciones.

Con esto, se puede obtener el aceite esencial requerido por arrastre de vapor aprovechando las diferencias de temperaturas de volatilización de sus componentes (principio básico de la destilación). La duración de esta operación varía entre 2,5 – 4 horas, dependiendo de la cantidad de materia prima en el estanque.

5.5 Condensación

En esta operación se logra condensar los vapores del destilador. El producto resultante es una emulsión constituida por agua y aceite esencial de orégano. En esta operación se requiere de un intercambiador de calor que permita el cambio de estado físico de los vapores producto de la destilación. El refrigerante ocupado es agua a 20° C.

5.6 Separación

La temperatura óptima de separación para todos los aceites debe estar en el rango de los 20 – 30° C con el fin de evitar las pérdidas de aceite esencial por volatilización y cuidar la calidad del producto. El agua y el aceite esencial son recibidos en pequeño estanque de fondo cónico, aquí se logra la separación física por diferencia de densidades, donde el agua por ser más denso que el aceite va a decantar en el fondo del estanque.

5.7 Envasado

El aceite decantado es envasado en cilindros barnizados para evitar las reacciones del aceite esencial con el material que puede dar origen a la formación de peróxidos o hidroperóxidos, cuyo deterioro se conoce alteraciones organolépticas. Su disposición final dependerá del sistema de comercialización (botellas de 15 cc, 100 cc, 500 cc, 1000 cc, etc.).

5.8 Análisis post-producción

Estos análisis son necesarios una vez que el aceite esencial ya fue producido. Los análisis se hacen con el fin de cumplir con estándares internacionales de producción.

5.8.1 Análisis primarios

Son aquellos análisis básicos que pueden ser hechos en el laboratorio dispuesto en la planta de proceso, el cual contará con equipos para medir, por ejemplo:

- Densidad
- Ph
- Índice de refracción

5.8.2 Análisis secundarios

Son aquellos métodos de separación e identificación de aceites esenciales, estos son:

- Métodos químicos de separación (obtención de derivados)
- Destilación fraccionada
- Cromatografía de capa fina
- Cromatografía preparativa
- Cromatografía en columna

- Cromatografía líquida en alta eficiencia (obtención de fracciones)
- Cromatografía de gases (columnas capilares de alta eficiencia)

Los métodos modernos de análisis de aceites esenciales están fundamentados básicamente en la cromatografía de gases capilar usando detectores convencionales, principalmente, de ionización de llama (FID) y selectivo de masas (MSD).

5.9 Diagrama de flujo del proceso productivo

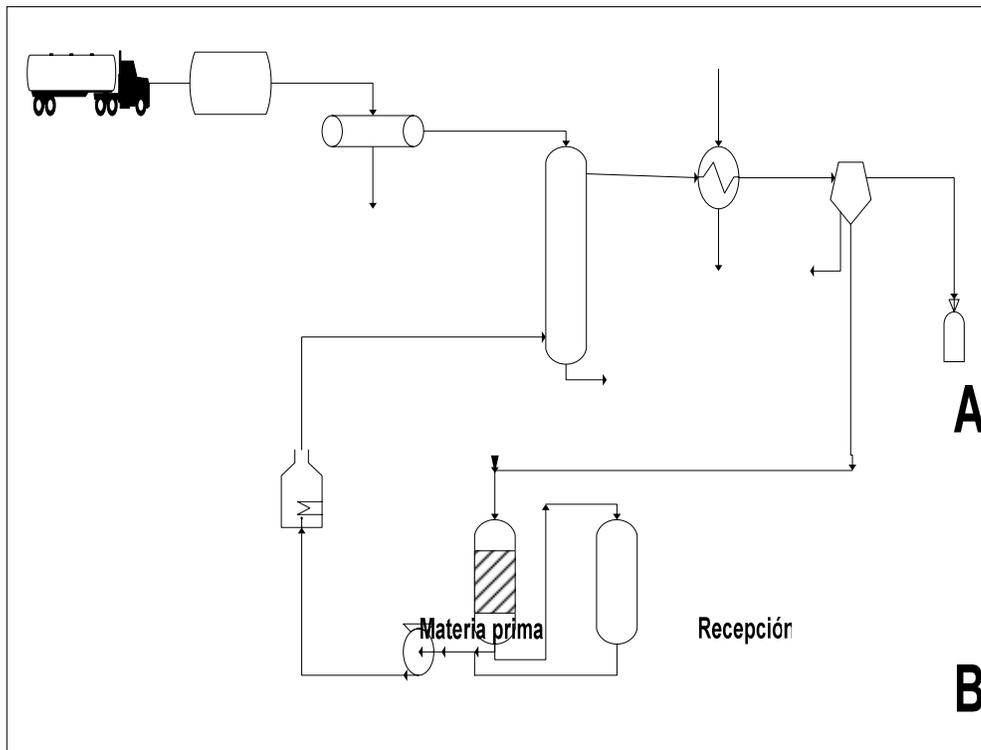


Figura 7: Diagrama de flujo proceso productivo

5.9.1 Definición de corrientes

- Corriente A : Materia prima inicial
- Corriente B : Mermas en recepción y selección
- Corriente C : Materia prima decepcionada y seleccionada
- Corriente E : Producto destilado
- Corriente F : Mermas por decantación
- Corriente G : Producto decantado
- Corriente H : Agua tratada para caldera

Cinta transportadora

C-1

T-2

Ablandador

I-2

Caldera

Bomba

H

P-1

CAPITULO VI

Balances de materia y energía

BALANCES DE MATERIA Y ENERGIA

Como ya se mencionó en capítulos anteriores, el proceso elegido para la obtención de aceite esencial de orégano es el de destilación por arrastre de vapor, de acuerdo a esto se realizaron los balances de materia y de energía. Estos se realizaron en distintos puntos o etapas del proceso de destilación por arrastre de vapor, basados en datos experimentales obtenidos de laboratorio.

6.1 Conversiones

Para un correcto desarrollo de los balances del proceso, como se indicó ya en el capítulo tres de este proyecto, existen una serie de conversiones por etapa de proceso que para el orégano son las siguientes:

- Pérdidas o mermas

Selección: 2%

Destilación: 98,5%

Decantación: 0,5%

Teniendo en cuenta estos datos, se procedió a realizar los balances de masa y energía pertinentes.

6.2 Balance de Materia

El balance de materia para el producto, en la elaboración del aceite esencial a partir de hojas secas de orégano; se realizó en aquellas operaciones y procesos que involucran la transferencia de masa desde o hacia el sistema sobre la base de procesamiento (según época del año) 2000 kg de orégano por turnos de 8 horas de trabajo. Para la ejecución del balance se tuvo en consideración los coeficientes técnicos de conversión indicados en las propiedades cuantitativas los cuales se sustentan en estudios realizados a escala de laboratorio.

A continuación se muestran los balances realizados para cada etapa del proceso por separado para cada producto.

6.2.1 Balance en la recepción y limpieza de la materia prima

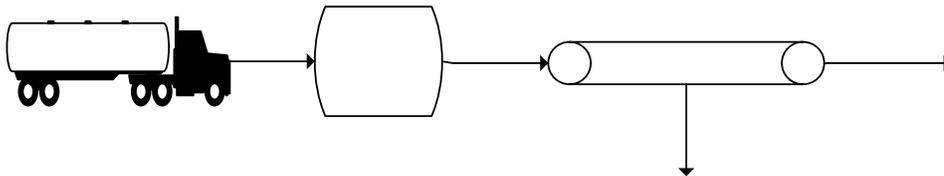


Figura 8: Recepción y limpieza

Considerando como base de cálculo, 2000 kg de materia prima, se realiza el balance y se obtienen los siguientes resultados¹¹.

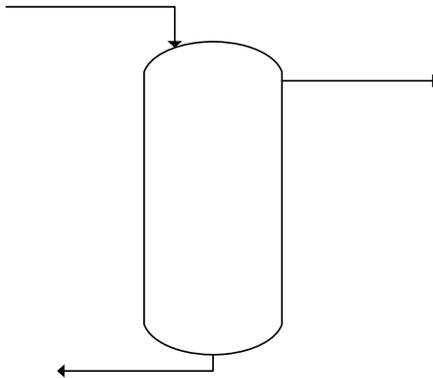
Tabla N° 14
Resumen del Balance de materia en recepción y limpieza para aceite de orégano

Material	Línea	Cantidad (Kg)
Materia prima inicial	A	2000
Mermas por R y S	B	40
Materia prima recepcionada y limpia	C	1960

Fuente: Elaboración Propia

¹¹ El desarrollo de los distintos balances se muestra en el apéndice 1

6.2.2 Balance de materia en el destilador (D-1)



C

Figura 9: Balance de materia en destilado

Tabla N° 15
Resumen del Balance de materia en destilador para aceite de orégano

Material	Línea	Cantidad (Kg)
Materia prima recepcionada y seleccionada	C	1960
Mermas por destilación	D	1930,6
Producto destilado	E	29,4

Fuente: Elaboración Propia

D

6.2.3 Balance de materia en el decantador (S-1)

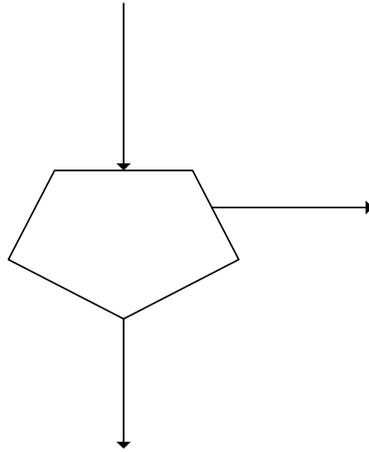


Figura 10: Balance en decantador

Tabla N° 16
Resumen del Balance de materia en decantador para aceite de orégano

Material	Línea	Cantidad (Kg)
Producto destilado	E	29,4
Mermas por decantación	F	0,147
Producto decantado	G	29,25

Fuente: Elaboración Propia

E

F

6.2.4 Rendimiento del proceso

A continuación se muestra el rendimiento obtenido teóricamente para el proceso

Tabla N° 17
Resumen del rendimiento del proceso

Aceite	Materia prima (Kg)	Producto decantado (Kg)	Rendimiento (%)
Orégano	2000	29,25	1,46

Fuente: Elaboración Propia

6.3 Balance de energía

El balance de energía se realizó para cada proceso, en aquellos procesos y operaciones que involucran cualquier tipo de transferencia de energía, para lo cual se tuvo en cuenta los parámetros como temperatura, flujo másico, etc, de cada componente de los sistemas analizados.

6.3.1 Balance de energía en el destilado

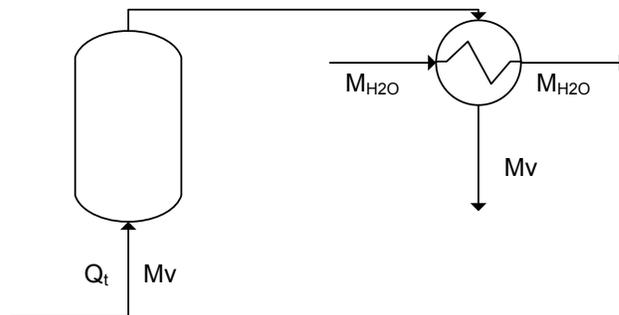


Figura 11: Balance energía en destilado

Donde:

M_v = Flujo de vapor requerido para la destilación

M_{VA} = Flujo de vapor requerido para el arrastre

Q_t = Calor necesario para destilación

Q_{VA} = Calor necesario para arrastre

M_{H_2O} = Agua requerida para el enfriamiento

Cálculo de flujo de vapor requerido para arrastre (M_{va}) y calor necesario para arrastre¹² (Q_{VA})

Según fórmulas para arrastre de vapor¹³:

¹² Siguiendo modelo de "Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta de extracción de aceite esencial de jengibre" de la Universidad de la amazonía peruana.

¹³ Problemas de ingeniería química, operaciones básicas, tomo 1, Ocon-Tojo; Ecc 5-74.

$$\frac{W}{B_1 - B_2} = \frac{P}{E * P_b} * \left(1 + \frac{1}{B_{\log}} \right) - 1$$

$$B_1 = \frac{M_i}{PM_{aceite}} \quad B_2 = \frac{M_f}{PM_{aceite}}$$

$$B_{\log} = \frac{B_1 - B_2}{2,3 * \log \left(\frac{B_1}{B_2} \right)}$$

Donde:

W = Kmol de vapor requerido en la destilación

B₁ = Kmol de aceite iniciales

B₂ = Kmol de aceite finales

P = Presión de operación (760 mmHg)

P_b = Presión de aceite puro a arrastrar (350 mmHg)

E = Eficiencia de arrastre (0,8)

Datos

PM_{aceite} = 187,51¹⁴

T_v = 130°C

Tiempo operación = 3 horas (todo aceite esencial)

Reemplazando los datos en ecuaciones de arrastre, se tiene que:

$$B_1 = \frac{M_i}{PM_{aceite}} = \frac{29,98}{187,51} = 0,1599 \text{Kmol}$$

$$B_2 = \frac{M_f}{PM_{aceite}} = \frac{29,25}{187,51} = 0,1560 \text{Kmol}$$

¹⁴ Fuente: <http://webbook.nist.gov/chemistry>

$$B_{\log} = \frac{B_1 - B_2}{2,3 * \log\left(\frac{B_1}{B_2}\right)} = \frac{0,1599 - 0,1560}{2,3 * \log\left(\frac{0,1599}{0,1560}\right)} = 0,1581 \text{ Kmol}$$

$$W = (B_1 - B_2) * \left(\frac{P}{E * P_b} * \left[1 + \frac{1}{B_{\log}} \right] - 1 \right)$$

$$W = (0,1599 - 0,1560) * \left(\frac{760}{0,8 * 350} * \left[1 + \frac{1}{0,1581} \right] - 1 \right) = 0,0736 \text{ Kmol}$$

Con los cálculos anteriores se obtiene que:

$$M_{VA} = \frac{W * PM_{\text{agua}}}{t} = \frac{0,0736 * 18}{3} = 0,44 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

$$Q_{VA} = \lambda_{v(130^\circ\text{C})} * M_{VA} = 519 * 0,44 = 229,29 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

Balance de energía en destilador (D-1)

$$M_q * \lambda_{v(130^\circ\text{C})} = m_{\text{agua}} * cp_{\text{agua}} * (T_2 - T_1) = Q$$

Donde:

Q = Calor para operar (Kcal)

M_q = flujo de vapor para operar

Λ_v = Calor latente del vapor a 130°C

t = tiempo operación (h)

m_{agua} = Masa de agua en destilador (Kg)

cp_{agua} = calor específico del agua (Kcal/Kg*°C)

T_2 = Temperatura operación (°C)

T_1 = Temperatura inicial (°C)

Datos

$\Lambda_v = 519 \text{ Kcal/kg}$

$t = 3 \text{ h}$

$m_{\text{agua}} = 1000 \text{ Kg}$

$cp_{\text{agua}} = 1 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$

$T_2 = 90^\circ\text{C}$

$T_1 = 18^\circ\text{C}$

Reemplazando y considerando 3 horas de operación, se obtiene que:

$$M_q = \frac{m_{\text{agua}} * cp_{\text{agua}} * (T_2 - T_1)}{\lambda_{v(130^\circ\text{C})} * t} = \frac{1000 * 1 * (90 - 18)}{519 * 3} = 46,24 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

$$Q = m_{\text{agua}} * cp_{\text{agua}} * (T_2 - T_1) = 1000 * 1 * (90 - 18) = 72000 \text{Kcal}$$

Cálculo de flujo de vapor requerido para destilación (M_v) y de calor necesario para destilación (Q_t)

$$M_v = M_{va} + M_q = 0,44 + 46,24 = 46,68 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

$$Q_t = \frac{Q}{t} + Q_{va} = \frac{72000}{3} + 229,29 = 24229,29 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

Cálculo de agua de enfriamiento en condensador

$$\lambda_{cond} * M_{aceite} = cp_{agua} * (T_f - T_i) * m_{agua}$$

Donde:

m_{agua} = flujo de agua de enfriamiento

Λ_{cond} = Calor de condensación del aceite (Kcal/Kg)

M_{aceite} = flujo de aceite (Kg/h)

Cp_{agua} = calor específico del agua a T_f (Kcal/Kg*°C)

T_f = Temperatura salida condensador (°C)

T_i = Temperatura entrada condensador (°C)

Datos

$\Lambda_{cond} = 535,1$ (Kcal/Kg)

$M_{aceite} = 9,75$ Kg/h

$Cp_{agua} = 0,9982$ Kcal/Kg*°C

$T_f = 50$ °C

$T_i = 18$ °C

Reemplazando

$$m_{agua} = \frac{\lambda_{cond} * M_{aceite}}{cp_{agua} * (T_f - T_i)} = \frac{535,1 * 9,75}{0,9982 * (50 - 18)} = 163,35 \frac{Kg}{h}$$

El balance de energía se resume en la tabla N° 18.

Tabla N° 18
Resumen del Balance de energía en destilado para aceite de orégano

Variable	Nombre de variable	Cantidad
M_{va}	Flujo de vapor requerido para arrastre	0,44 Kg/h
M_v	Flujo de vapor requerido para destilación	46,68 Kg/h
Q_{va}	Calor necesario arrastre	229,29 Kcal/h
Q_t	Calor necesario destilación	24229,29 Kcal/h
M_{H_2O}	Agua requerida para enfriamiento	163,35 Kg/h

CAPITULO VII

Diseño y especificaciones de los equipos

INGENIERIA DEL PROYECTO

Descripción y especificaciones de los equipos

7.1 Equipos principales

7.1.1 Equipo de limpieza

Tiene por función seleccionar la materia prima necesaria proveniente de los cultivos de materia vegetal a utilizar, quitándole todo tipo de partículas sólidas (tierra, hojas podridas, insectos, entre otros) adheridas a ellas, para esto se tiene una correa transportadora en el cual pueden estar dispuestas las partes de la materia vegetal a tratar, en este caso orégano.

A continuación se muestra el cálculo de la potencia requerida para el motor de la cinta transportadora¹⁵, considerando los siguientes datos:

Tabla N° 19

Datos para diseño de cinta transportadora

Característica	Dato
Largo cinta (L)	39,37 (pie)
Flujo de material (n)	1,52 (pie ³ /min) ó 2 ton/h
Ancho cinta (a)	50 (plg)
Inclinación cinta (°)	20° ó 0,349 (rad)

Con estos datos tenemos que:

a) Largo real del transportador será:

$$largo_real = \frac{39,37}{\cos(20^\circ)} = 41,9 \text{ (pie)}$$

¹⁵ "Chemical process equipment, selection and design", Stanley Walas, página 83, 2ª Ed.

b) Largo subida será:

$$largo_subida = 39,37 * \tan(20^\circ) = 14,33 \text{ (pie)}$$

c) Cálculo de la potencia del motor

$$Power = P_{hor} + P_{vert} + P_{empty}$$

Con:

$$P_{hor} = \text{potencia horizontal} = \left(0,4 * \frac{L}{300}\right) * \left(\frac{n}{100}\right) = \left(0,4 * \frac{39,37}{300}\right) * \left(\frac{2}{100}\right) = 1,05 \times 10^{-3} \text{ (HP)}$$

$$P_{vert} = \text{potencia vertical} = 0,001 * L_{subida} * n = 0,001 * 14,33 * 2 = 0,03 \text{ (HP)}$$

$$P_{empty} = \text{potencia para mover correa vacía} = \frac{n * x}{100}$$

Donde x se obtiene de la tabla 5.5 (c) del Libro “Chemical process equipment, selection and design”, Stanley Walas, 2ª Ed; mostrada en el anexo 1, teniendo como variables el largo (pie) y ancho (plg) de la banda transportadora. Con esto reemplazando los datos de largo = 39,37 (pie) y ancho = 50 (plg), se obtiene un valor de x = 1.

Ahora, reemplazando en la ecuación de potencia,

$$P_{empty} = \frac{1,52 * 1}{100} = 0,0152 \text{ (HP)}$$

En conclusión tenemos que:

$$Power = 0,00105 + 0,0287 + 0,0152 = 0,0463 \text{ (HP)}$$

Considerando factor de diseño 1,2, tenemos que:

$$Power_real = 0,045 * 1,2 = 0,056 \text{ (HP)}$$

Una vez hecho este cálculo se decide elegir un motor de capacidad Standard, cuyas especificaciones se muestran a continuación.

Tabla N° 20
Especificaciones equipo de limpieza

Característica	Especificación
Material a manipular	Hojas y racimos de orégano seco
Cantidad de material	2 ton
Tiempo de operación	1 h
Capacidad	5,5 HP
Número requerido	1
Material de construcción	Acero inoxidable

Y las dimensiones del equipo son:

Tabla N° 21
Dimensiones del equipo de limpieza

Característica	Dimensión (m)
Largo	12
Ancho	1,27
Alto	1

7.1.2 Equipo de destilación

Tiene como función principal extraer el aceite esencial del material vegetal (orégano) a tratar mediante contacto directo con vapor de agua, que será evaporada con un serpentín plano en el fondo de este estanque, ver figura 12.

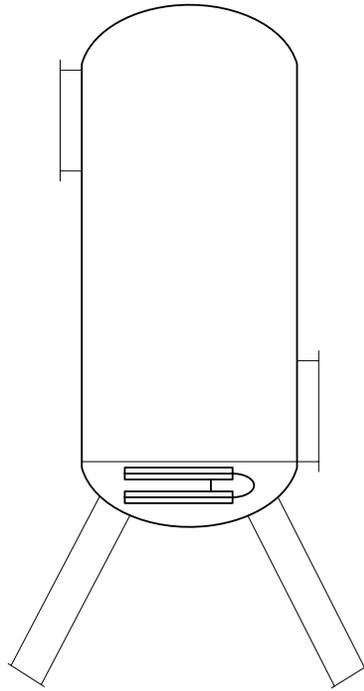


Figura 12: Estanque de destilación de aceites esenciales

Para el diseño mecánico del estanque de destilación se sigue el procedimiento mostrado en el libro Brownell & Young, 6ª Edición de 1965.

Para eso se elige primero el material, el cual tiene las siguientes características:

Acero SA-167 grado 11, tipo 316.
Composición nominal 18Cr – 10Ni – 2Mo
Esfuerzo admisible a 212° F de 18648 psi¹⁶.

Los datos para el diseño, se muestran en la siguiente tabla:

Tabla N° 22
Datos para diseño mecánico de estanque destilador de acero inoxidable

Característica	Abreviación	Valor
Diámetro interno	D _i	2 (m)
Altura	H	3,1 (m)
Presión interna	P _i	0,135 (bar)
Temperatura máxima	T _{max}	100 (° C)
Radio interno	r _i	1 (m)
Diámetro externo	D _{ext}	2,004 (m)
Radio externo	r _{ext}	1,002 (m)
Densidad acero inox	ρ _{ac}	7850 (Kg/m ³)
Coefficiente de soldadura	E	0,8
Esfuerzo admisible del material	f _{adm}	18648 (psi) ó 1286,07 (bar)
Gravedad	G	9,8 (m/s ²)
Espesor de corrosión	t _c	1 (mm)

Con estos datos podemos seguir el procedimiento de cálculo de bibliografía:

1.- Cálculo del espesor de carcasa (t_f)

$$t_f = \frac{P_i * r_i * 1000}{(f_{adm} * E - 0,6 * P_i)} + t_c$$

¹⁶ Valor obtenido del apéndice D, Brownell & Young.

Con:

t_f = espesor de carcasa (mm)

P_i = presión interna (bar)¹⁷

r_i = radio interno (m)

f_{adm} = esfuerzo admisible del material (bar)

E = coeficiente de soldadura

Reemplazando los datos:

$$t_f = \frac{0,135 * 1 * 1000}{(1286,07 * 0,8 - 0,6 * 0,135)} + 1$$

$$t_f = 1,13 \text{ (mm)}$$

$$t_{f,com} = 2 \text{ (mm)}$$

¹⁷ Para cálculo de presión ver apéndice 2-A

2.- Cálculo del espesor de cabezal toriesférico

Primero se obtiene el factor de intensidad de esfuerzo (M)

$$M = \frac{1}{4} * \left(3 + \sqrt{\frac{L}{r_c}} \right)$$

Con:

L = radio cóncavo esfera = $r_i - 2 * t_{f,com} = 1 - 2 * 0,002 = 0,996$ (m)

r_c = radio interior arista¹⁸, 9/16 pulgadas ó 1,429 (cm)

Reemplazando en la ecuación, tenemos:

$$M = \frac{1}{4} * \left(3 + \sqrt{\frac{0,996}{0,01429}} \right)$$

$$M = 2,837$$

Ahora para espesor de cabezal

$$t_{cab} = \frac{P_{int} * L * M * 1000}{(2 * f_{adm} * E - 0,2 * P_{int})} + t_c$$

Con:

t_f = espesor de carcasa (mm)

P_i = presión interna (bar)

L = radio cóncavo esfera (m)

f_{adm} = esfuerzo admisible del material (bar)

E = coeficiente de soldadura

M = Factor de intensidad de esfuerzo

¹⁸ De tabla 5.4 Brownell & Young, se asume valor menor de espesor, ver anexo 2

Reemplazando los datos en la ecuación de espesor, tenemos:

$$t_{cab} = \frac{0,135 * 0,996 * 2,837 * 1000}{(2 * 1286,07 * 0,8 - 0,2 * 0,135)} + 1$$

$$t_{cab} = 1,19 \text{ (mm)}$$

$$t_{cab,com} = 2 \text{ (mm)}$$

2.1 Cálculo de diámetro equivalente

$$D_{eq} = D_{ext} + \left(\frac{D_{ext}}{42} \right) + 2 * sf + \frac{2}{3} * icr$$

Con:

D_{eq} = diámetro equivalente (m)

D_{ext} = diámetro externo (m)

t_{cab} = espesor de cabezal (m)

sf = Standard straight flange: 1,5 plg,¹⁹ ó 0,0381 (m)

lcr = inside corner radius: 9/16 plg,⁹ ó 0.0143 (m)

Reemplazando;

$$D_{eq} = (2,004) + \left(\frac{2,004}{42} \right) + 2 * 0,0381 + \frac{2}{3} * 0,0143$$

$$D_{eq} = 2,137 \text{ (m)}$$

¹⁹ Según tabla 5.4 Brownell & Young, ver anexo 2.

2.2 Cálculo de peso de cabezales

$$P_{cab} = \pi * \frac{D_{eq}^2}{2} * t_{cab} * \rho_{cab} * g$$

Con:

D_{eq} = diámetro equivalente (m)

t_{cab} = espesor de cabezal (m)

ρ_{cab} = densidad material de cabezal (Kg/m³)

g = aceleración de gravedad (m/s²)

Reemplazando;

$$P_{cab} = \pi * \frac{2,137^2}{2} * 2 \times 10^{-3} * 7850 * 9,8$$

$$P_{cab} = 1103,7 \text{ (N)}$$

2.3 Cálculo del esfuerzo del cabezal

$$f_{cb} = \frac{P_{cab}}{\pi * D_{ext} * (t_f - t_c) * 100}$$

Con:

P_{cab} = peso del cabezal (N)

D_{ext} = diámetro exterior (m)

t_f = espesor de carcasa (mm)

t_c = espesor de corrosión (mm)

Reemplazando

$$f_{cab} = \frac{1103,7}{\pi * 2,004 * (2-1) * 100}$$

$$f_{cab} = 1,753 \text{ (bar)}$$

3. Peso de carcasa

$$P_{car} = \pi * (r_{ext}^2 - r_{int}^2) * \rho_{ac} * g * h$$

Con:

P_{car} = peso de carcasa (N)

r_{ext} = radio exterior (m)

r_{int} = radio interior (m)

ρ_{ac} = densidad del material de la carcasa (Kg/m^3)

g = aceleración de gravedad (m/s^2)

Reemplazando;

$$P_{car} = \pi * (1,002^2 - 1^2) * 7850 * 9,8 * 3,1 * X$$

$$P_{car} = 2999,9 * X \text{ (N)}$$

3.1 Cálculo de esfuerzo de carcasa

$$f_c = \frac{\rho * g * X}{100000}$$

Con:

f_c = esfuerzo de carcasa (bar)

ρ_{ac} = densidad del material de la carcasa (Kg/m^3)

g = aceleración de gravedad (m/s^2)

Reemplazando;

$$f_c = \frac{7850 * 9,8 * X}{100000}$$

$$f_c = 0,7693 * X \text{ (bar)}$$

3.2 Esfuerzo por presión interna

$$f_x = \frac{P_{int} * D_{ext} * 1000}{4 * (t_f - t_c)}$$

Con:

f_x = esfuerzo por presión interna (bar)

P_{int} = presión interna (bar)

D_{ext} = diámetro externo (m)

t_f = espesor de carcasa (mm)

t_c = espesor de corrosión (mm)

Reemplazando;

$$f_x = \frac{0,135 * 2,004 * 1000}{4 * (2 - 1)}$$

$$f_x = 67,64 \text{ (bar)}$$

4. Pesos muertos

4.1 Manholes (Superior e inferior)

Según procedimiento del capítulo 9 del libro Brownell & Young, se elige el manhole con las siguientes dimensiones, para la parte superior y para la parte inferior del estanque destilador.

Tabla N° 23
Dimensiones manhole superior e inferior

Espesor carcasa (plg)	D _i manhole (plg)	D de la tapa (plg)	t de la tapa (plg)
¼	20	28,75	¼

Características de la tapa

Material: Acero carbono SA-53 grado B, esfuerzo admisible de 897,08 (bar).

Cálculo de espesor de la tapa

$$t_t = D * \sqrt{\frac{c * P_i}{f_t * 100}} + \frac{1}{25,4}$$

Donde:

D = diámetro de la tapa (plg)

c = constante obtenida del apéndice H, de libro B & Y, igual a 0,162

f_t = esfuerzo admisible material de tapa (bar)

P_i = presión interna (bar)

t_c = espesor de corrosión (mm)

Reemplazando los valores, tenemos que:

$$t_i = 28,75 * \sqrt{\frac{0,162 * 0,135}{879,08 * 100}} + \frac{1}{25,4}$$

$$t_i = 0,054(\text{plg}) = 1,36 \text{ (mm)}$$

$$t_{i,com} = 2 \text{ (mm)}$$

Peso muerto por manhole

El peso de manhole y accesorios, se considera como el 18% de la masa de la carcasa, según capítulo 9 del libro Equipment Design, Brownell & Young, página 157. Por lo tanto, nos queda que:

$$P_{man} = 0,18 * P_{car} = 0,18 * 2999,9 * X = 540 * X \text{ (N)}$$

Así mismo, el esfuerzo debido a manhole es el siguiente:

$$f_{man} = 0,18 * f_c = 0,18 * 0,7693 * X = 0,138 * X \text{ (bar)}$$

4.2 Serpentín

El diseño del serpentín, que sirve para calentar el la materia vegetal y el agua presentes en el estanque destilador, se encuentra en el apéndice 2 – B. De acuerdo a esto tenemos que el largo del serpentín es de 11,696 (m) o 38,37 (pie).

Peso muerto debido al serpentín

De acuerdo a tabla 10 del libro Procesos de transferencia de calor, Donald Kern²⁰, se tiene que el peso por libra del material del serpentín es de 1,14.

Por lo tanto, el peso muerto debido al serpentín es:

$$P_s = l * M = 38,37 * 1,14 = 43,74(\text{lb}) = 194,45 \text{ (N)}$$

Donde:

l = largo del serpentín (pie)

M = peso del material del serpentín (lb/pie)

Con esto el esfuerzo debido al serpentín es:

$$f_{sr} = \frac{P_s}{D_i * \pi * (D_i - D_{nom})}$$

Donde:

D_i = diámetro interno del serpentín (plg)

D_{nom} = diámetro nominal del serpentín (plg)

P_s = peso del serpentín (lb)

Reemplazando los datos, se tiene que:

$$f_{sr} = \frac{43,74}{1 * \pi * (1 - 0,782)} = 63,87 \text{ (psi)}$$

$$f_{ser} = 4,40 \text{ (bar)}$$

²⁰ La tabla se adjunta en el anexo 3

4.3 Peso muerto debido al fluido

De acuerdo al apéndice 2 – A, el peso debido a la materia prima y el agua presentes en el destilador es 42420 (N). Por lo tanto el esfuerzo respectivo es el siguiente:

$$f_{hu} = \frac{P_{hu}}{\pi * D_{ext} * (t_f - t_c) * 100}$$

Donde:

P_{hu} = peso debido al fluido (N)

D_{ext} = diámetro externo del estanque (m)

t_f = espesor de carcasa (mm)

t_c = espesor de corrosión (mm)

Reemplazando los valores²¹ tenemos que:

$$f_{hu} = \frac{42420}{\pi * 2,004 * (2 - 1) * 100}$$

$$f_{hu} = 67,387 \text{ (bar)}$$

4.4 Total pesos muertos

De acuerdo a los esfuerzos calculados anteriormente, tenemos:

$$P_{pm} = (P_{car} + P_{man}) * X + (P_{hu} + P_{ser} + P_{cab})$$

Reemplazando los pesos, tenemos:

²¹ Peso del agua = 42420 (N) obtenido del apéndice 2 - A

$$P_{pm} = (2999,9 + 540) * X + (42420 + 194,45 + 1103,7)$$

$$P_{pm} = 3539,9 * X + 43723,9$$

Ahora el esfuerzo total debido a pesos muertos es el siguiente

$$f_{pm} = (f_s + f_{man}) * X + (f_{hu} + f_{ser} + f_{cab})$$

Reemplazando los esfuerzos, tenemos:

$$f_{pm} = (0,7693 + 0,138) * X + (67,38 + 4,40 + 1,754)$$

$$f_{pm} = 0,907 * X + 73,53$$

5. Esfuerzos por vientos

Suponiendo que:

$$D_{eff} = D_{ext}$$

Con:

D_{eff} = diámetro efectivo (m)

D_{ext} = diámetro exterior (m)

Ya que no existe aislamiento ni cañerías pesadas, se tiene que.

$$P_w = \frac{0,004 * B * V_w^2 * F_s * F_h}{30}$$

Con

P_w = presión del viento en (lb/pie²)

B = presión atmosférica en (plg de Hg)

V_w = velocidad del viento en la quinta región, 20 Km/h ó 10,78 nudos.

F_s y F_h = factores de seguridad²², con $F_s=0,6$ y $F_h=1$.

Reemplazando;

$$P_w = \frac{0,004 * 29,92 * 10,78^2 * 0,6 * 1}{30}$$

$$P_w = 0,2786 \text{ (lb/pie}^2\text{)}$$

$$P_w = 13,341 \text{ (Pa)}$$

Ahora, tenemos el esfuerzo por viento:

$$f_{wx} = \frac{P_w * D_{eff} * 1000}{2 * \pi * r_{ext}^2 * (t_f - t_c)} * X^2$$

Con:

f_{wx} = esfuerzo por viento (Pa)

D_{eff} = diámetro efectivo (m)

r_{ext} = radio exterior (m)

t_f = espesor de carcasa (mm)

t_c = espesor de corrosión (mm)

Reemplazando²³;

$$f_{wx} = \frac{13,341 * 2,004 * 1000}{2 * \pi * 1,002^2 * (2 - 1)} * X^2$$

$$f_{wx} = 4238 * X^2 \text{ (Pa)}$$

$$f_{wx} = 0,0424 * X^2 \text{ (bar)}$$

²² Factores obtenidos del capítulo 9 del libro Equipment Design, Brownell & Young.

²³ 1 bar = 10^5 Pa

Con momento máximo de:

$$M_{w(\max)} = \frac{P_w * D_{eq} * h^2}{2}$$

Con:

P_w = presión del viento (Pa)

D_{eq} = diámetro equivalente (m)

h = altura del estanque (m)

Reemplazando;

$$M_{w(\max)} = \frac{13,341 * 2,137 * 3,1^2}{2}$$

$$M_{w(\max)} = 137 \text{ (N*m)}$$

6. Esfuerzo por sismos

$$P_{total} = p * X + P$$

Con

P_t = peso de la estructura (N)

p = peso de cargas muertas que dependen de la altura (N)

P = peso de cargas muertas que no dependen de la altura

Reemplazando el dato de altura de la tabla N° 22; donde $X = 3,1$ m

$$P_t = 54697,4 \text{ (N)}$$

Cálculo del período de vibración

$$T = \sqrt{\frac{p * h^4}{E * r_{ext}^2 * (t_f - t_c)}}$$

Con

p = peso por metro (Kg/m)

$$p = \frac{P_t}{h * g}$$

Donde

P_t = peso de la estructura (N)

h = altura del equipo (m)

g = aceleración de gravedad (m/s^2)

Reemplazando

$$p = \frac{54697,4}{3,1 * 9,8}$$

$$p = 1800,4 \text{ (Kg/m)}$$

h = altura del equipo (m)

E = esfuerzo admisible para acero, $2 * 10^{11}$ (psi) ó $1,3793 * 10^{15}$ Pa.

r_{ext} = radio externo (m)

t_f = espesor de carcasa (m)

t_c = espesor de corrosión (m)

Reemplazando

$$T = \sqrt{\frac{1800,4 * 3,1^4}{1,3793 * 10^{15} * 1,002^2 * (0,002 - 0,001)}}$$

$$T = 3,46 * 10^{-4} \text{ (s)}$$

De acuerdo a la tabla de zona sísmica²⁴:

Zona	< 0,4 s	> 1,0 s	C
1	0,05	0,02	0,05
2	0,1	0,04	0,1
3	0,2	0,08	0,2

Para período de vibración menor a 0,4 s, y con zona sísmica 3 (alto peligro de sismo) para la quinta región y Chile específicamente, se tiene un valor de constante $c = 0,2$, el cual será utilizado en el cálculo de esfuerzo.

Ahora, cálculo de esfuerzo

$$f_s = \frac{c * P_t}{h^2 * \pi * r_{ext}^2 * (t_f - t_s)} * \left(H - \frac{X}{3} \right) * X^2$$

Con:

f_s = esfuerzo por sismo (Pa)

c = constante zona sísmica

P_t = masa total (N)

h = altura del equipo (m)

r_{ext} = radio externo (m)

t_f = espesor de carcasa (m)

t_s = espesor de corrosión (m)

²⁴ Tabla obtenida de apuntes de diseño mecánico.

Reemplazando;

$$f_s = \frac{0,2 * 54697,4}{3,1^2 * \pi * 1,002^2 * (0,002 - 0,001)} * \left(h - \frac{X}{3}\right) * X^2$$

$$f_s = 360901 * \left(h - \frac{X}{3}\right) * X^2 \text{ (Pa)}$$

$$f_s = 3,609 * \left(h - \frac{X}{3}\right) * X^2 \text{ (bar)}$$

Por lo tanto la ecuación de esfuerzo por sismo queda:

$$f_{sx} = -\frac{f_s}{3} * X^3 + f_s * h * X^2$$

f_s = esfuerzo por sismo (bar)

h = altura del estanque destilador (m)

Reemplazando;

$$f_{sx} = -\frac{3,609}{3} * X^3 + 3,609 * 3,1 * X^2$$

$$f_{sx} = -1,20 * X^3 + 11,18 * X^2$$

Con momento flector máximo de:

$$M_{sx} = \frac{2 * c * W_t * h}{3}$$

Con:

M_{sx} = momento flector máximo (N*m)

c = constante zona sísmica

W_t = masa total equipo (N)

h = altura estanque destilador (m)

Reemplazando;

$$M_{sx} = \frac{2 * 0,2 * 54697,4 * 3,1}{3}$$
$$M_{sx} = 22608,3 \text{ (N*m)}$$

7. Evaluación entre esfuerzo de sismo y esfuerzo por viento máximo

Sabiendo que esfuerzo por viento máximo es:

$$f_{w(\max)} = f_w * X^2$$

y X = altura estanque = 3,1 (m)

$$f_{w(\max)} = 0,0424 * 3,1^2 = 0,407 \text{ (bar)}$$

Ahora, sabiendo que esfuerzo por sismo máximo es:

$$f_{s(\max)} = f_s' * X^3 + f_s'' * X^2$$

y X = altura estanque = 3,1 (m)

$$f_{s(\max)} = -1,20 * 3,1^3 + 11,18 * 3,1^2$$

$$f_{s(\max)} = 71,69 \text{ (bar)}$$

Ya que, $f_{s(\max)} > f_{w(\max)}$, se puede decir que el esfuerzo controlante es el esfuerzo por sismo.

8. Análisis combinado para equipo en operación

8.1 Lado sismo

$$f = f_s + f_x - f_{pm}$$

Con:

f = esfuerzo para equipo en operación lado sismo (bar)

f_s = esfuerzo por sismo (bar)

f_{pm} = esfuerzo por pesos muertos (bar)

f_x = esfuerzo por presión interna (bar)

Reemplazando;

$$f = -1,20 * X^3 + 11,18 * X^2 - 0,907 * X - 5,88$$

Para la ecuación de análisis combinado para equipo en operación lado sismo tenemos que:

$$f_{\max} = f_{adm} * E$$

Con:

f_{\max} = esfuerzo máximo material (bar)

f_{adm} = esfuerzo admisible del material = 1286,07 (bar)

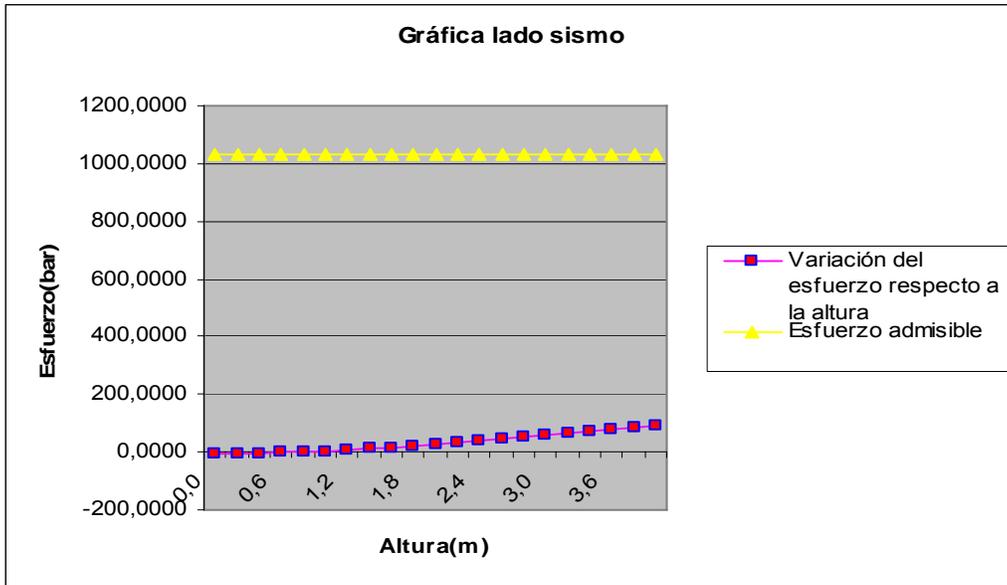
E = coeficiente de soldadura = 0,8

$$f_{\max} = 1286,07 * 0,8 = 1028,856 \text{ (bar)}$$

Y sabiendo que, ($f - f_{\max}$), la ecuación queda:

$$X : -1,20 * X^3 + 11,18 * X^2 - 0,907 * X - 1034,74 = 0$$

Reemplazando los valores de altura (de 0 a 4 metros), se obtiene el siguiente comportamiento:



Ya que ambas líneas no se intersectan, el equipo soporta la operación.

8.2 Lado contrario sismo

$$f = -f_s - f_{pm} + f_x$$

Con:

f = esfuerzo para equipo en operación lado contra sismo (bar)

f_s = esfuerzo por sismo (bar)

f_{pm} = esfuerzo por pesos muertos (bar)

f_x = esfuerzo por presión interna (bar)

Reemplazando;

$$f = 1,20 * X^3 - 11,18 * X^2 - 0,907 * X - 5,88 \text{ (bar)}$$

Para la ecuación de análisis combinado para equipo en operación lado contrario sismo, tenemos que:

$$f_{adm} = 1,5 * 10^6 * \frac{(t_f - t_s)}{r_{ext} * 14,5}$$

Con:

f_{adm} = esfuerzo admisible material (bar)

t_f = espesor de carcasa (m)

t_s = espesor de corrosión (m)

r_{ext} = radio externo (m)

Reemplazando;

$$f_{adm} = 1,5 * 10^6 * \frac{(0,002 - 0,001)}{1,002 * 14,5}$$

$$f_{adm} = 103,24 \text{ (bar)}$$

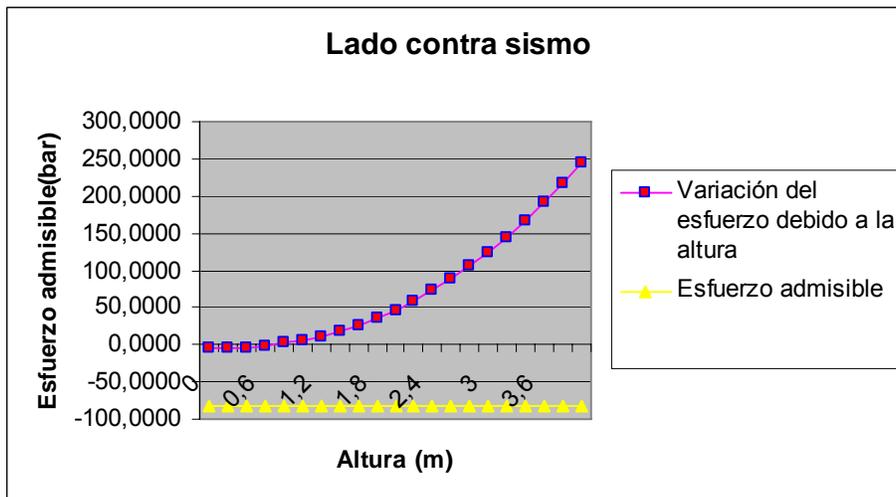
Ahora, el esfuerzo máximo del material, considerando coeficiente de soldadura (E) igual a 0,8, tenemos:

$$f_{\max} = -E * f_{adm} = -0,8 * 103,04 = -82,59 \text{ (bar)}$$

Y sabiendo que, (f-f_{max}), la ecuación queda:

$$X : 1,20 * X^3 - 11,18 * X^2 - 0,907 * X + 76,7 = 0$$

Reemplazando los valores de altura (de 0 a 4 metros), se obtiene el siguiente comportamiento:



Ya que ambas líneas no se intersectan, el equipo resiste en operación del lado contrario del sismo.

9. Análisis combinado para equipo sin operación

9.1 Lado sismo

$$f = f_s - f_{pm}$$

Con:

f = esfuerzo para equipo sin operación lado sismo (bar)

f_s = esfuerzo por sismo (bar)

f_{pm} = esfuerzo por pesos muertos (bar)

Reemplazando;

$$f = -1,19 * X^3 + 11,07 * X^2 - 0,907 * X - 73,54 \text{ (bar)}$$

Para la ecuación de análisis combinado para equipo sin operación lado sismo tenemos que:

$$f_{\max} = f_{adm} * E$$

Con:

f_{\max} = esfuerzo máximo material (bar)

f_{adm} = esfuerzo admisible del material = 1286,07 (bar)

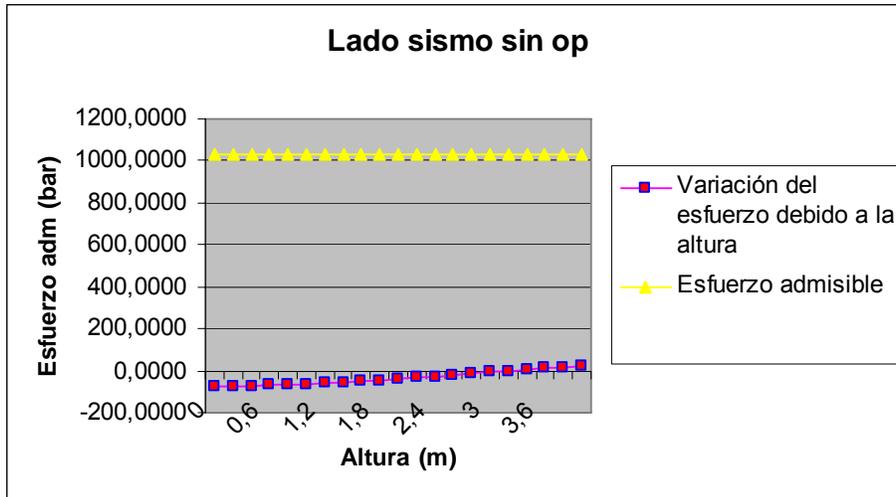
E = coeficiente de soldadura = 0,8

$$f_{\max} = 1286,07 * 0,8 = 1028,855 \text{ (bar)}$$

Y sabiendo que, ($f - f_{\max}$), la ecuación queda:

$$X : -1,20 * X^3 + 11,18 * X^2 - 0,907 * X - 1102,4 = 0$$

Reemplazando los valores de altura (de 0 a 4 metros), se obtiene el siguiente comportamiento:



Ya que ambas líneas no se intersectan, equipo resiste el lado de sismo sin operación.

9.2 Lado contrario sismo

$$f = -f_s - f_{pm}$$

Con:

f = esfuerzo para equipo sin operación lado contra sismo (bar)

f_s = esfuerzo por sismo (bar)

f_{pm} = esfuerzo por pesos muertos (bar)

Reemplazando;

$$f = 1,19 * X^3 - 11,07 * X^2 - 0,907 * X - 73,54 \text{ (bar)}$$

Para la ecuación de análisis combinado para equipo sin operación lado contrario sismo, tenemos que:

$$f_{adm} = 1,5 * 10^6 * \frac{(t_f - t_s)}{r_{ext} * 14,5}$$

Con:

f_{adm} = esfuerzo admisible material (bar)

t_f = espesor de carcasa (m)

t_s = espesor de corrosión (m)

r_{ext} = radio externo (m)

Reemplazando;

$$f_{adm} = 1,5 * 10^6 * \frac{(0,002 - 0,001)}{1,002 * 14,5}$$

$$f_{adm} = 103,24 \text{ (bar)}$$

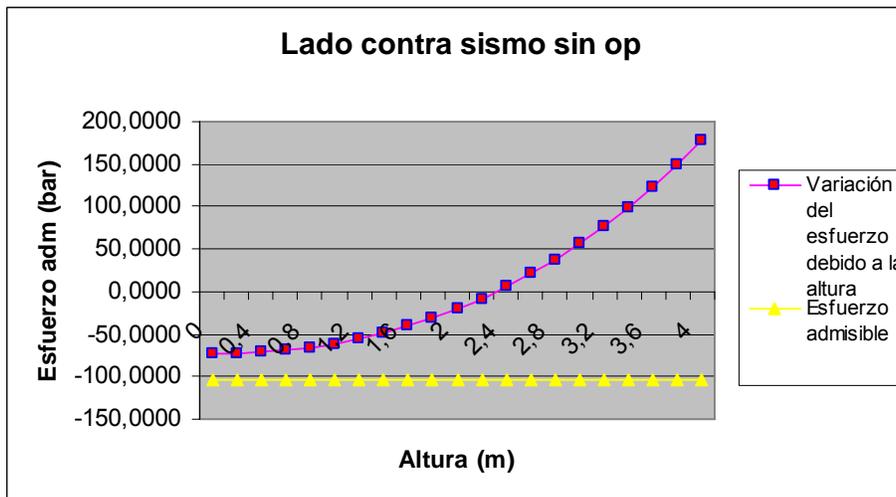
Ahora, el esfuerzo máximo del material, considerando coeficiente de soldadura (E) igual a 0,8, tenemos:

$$f_{\max} = -E * f_{adm} = -0,8 * 103,24 = -82,59 \text{ (bar)}$$

Y sabiendo que, (f-f_{max}), la ecuación queda:

$$X : 1,19 * X^3 - 11,07 * X^2 - 0,907 * X + 9,05 = 0$$

Reemplazando los valores de altura (de 0 a 4 metros), se obtiene el siguiente comportamiento:



Ya que ambas líneas no se intersectan, el equipo resiste el lado contrario del sismo sin operación.

10. Cálculo del perfil de las patas del estanque

Para seleccionar el perfil de las patas se debe cumplir que lo siguiente:

a)

$$\frac{l}{r} \leq 60$$

Con:

l = largo de patas (pulgadas)

r = radio de giro del perfil seleccionado (pulgadas)

y también,

b)

$$f_p \leq f_{acero}$$

Con:

f_{ac} = esfuerzo del acero carbono = 12750 (psi)

f_p = esfuerzo sobre las patas (psi)

Sabiendo que f_p equivale a:

$$f_p = \frac{P}{n * A}$$

Con:

P = masa total del equipo (lb)

n = número de patas (4)

A = área del perfil seleccionado (plg^2)

Ahora, considerando:

$$P = \text{peso_cabezal} + \text{peso_carcasa} + \text{peso_manholes} + \text{peso_serpentín} + \text{peso_agua}$$

Tenemos que:

$$P = 1103,7 + 2999,9 + 540 + 194,45 + 42420 \text{ (N)}$$

$$P = 47258,5 \text{ (N)}$$

$$P = 10632 \text{ (lb)}$$

Teniendo en cuenta lo anterior mostrado, se elige perfil del apéndice G del libro Brownell & Young, la cual se muestra en el anexo 6 de esta memoria, para poder reemplazar los datos en las fórmulas.

Con esto el perfil elegido es el C6, el cual tiene las siguientes características

Perfil y tamaño nominal	Área (A) (pulg ²)	Radio de giro (r) (pulg)	Espesor de pared (pulg)
C6 7 X 2 1/8 R = 0,25	2,85	2,72	0,2

Ahora reemplazando en ecuación de esfuerzo sobre las patas, tenemos que:

$$f_p = \frac{10632}{4 * 2,85}$$

$$f_p = 932,6 \text{ (psi)}$$

Y de acuerdo a la condición b, se cumple entonces que:

$$f_p \leq f_{acero}$$

Ya que,

$$932,6 \text{ (psi)} < 12750 \text{ (psi)}$$

Ahora, para la condición a), tenemos:

Reemplazando en la ecuación para seleccionar perfil y teniendo en cuenta que el largo de las patas es 1 (m) o 39,37 (plg).

$$\frac{l}{r} = \frac{39,37}{2,72} = 14,47 \leq 60$$

Por lo tanto se cumple también la condición a), así que se puede concluir que el perfil seleccionado cumple con la norma.

Al final, las especificaciones del equipo son:

Tabla N° 24
Especificaciones equipo de destilación

Característica	Especificación
Material a manipular	Orégano seco
Cantidad de material	2 ton
Tiempo de operación	3 h
Capacidad	3 ton
Número requerido	1
Volumen del equipo	9,74 m ³
Material de construcción	Acero inoxidable

Y sus dimensiones son:

Tabla N° 25
Dimensiones del equipo de destilación

Característica	Dimensión (m)
Diámetro	2,0
Alto	3,1

Además este equipo de destilación cuenta obviamente con un equipo de condensación²⁵ que tiene como finalidad condensar los vapores provenientes del destilado, para esto se tiene un equipo de intercambio de calor cuyo líquido refrigerante es agua.

Sus especificaciones, de acuerdo a apéndice 2 – C son:

Tabla N° 26
Especificaciones equipo de condensación

Característica	Especificación
Material a manipular	Mezcla gaseosa de agua más aceite esencial de orégano
Cantidad de material	9,5 Kg/h
Tiempo de operación	3 h
Capacidad	0,166 m ³
Número requerido	1
Material de construcción	Acero inoxidable
Vueltas serpentín (1/2 plg)	14

²⁵ Su diseño se encuentra en el apéndice 2 - C

Y sus dimensiones, de acuerdo al apéndice 2 – C son:

Tabla N° 27
Dimensiones del equipo de condensación

Característica	Dimensión (m)
Largo	1
Ancho	0,46

7.1.3 Equipo de separación

Tiene por función separar el aceite esencial obtenido del agua condensada, para esto se cuenta con un decantador, el cual se divide en 2 partes, una parte cilíndrica (superior) y una parte cónica (inferior)²⁶. Sus especificaciones son:

Tabla N° 28
Especificaciones equipo de separación

Característica	Especificación
Material a manipular	Emulsión de aceite esencial y agua
Cantidad de material	29,4 Kg
Tiempo de operación	3 h
Volumen del equipo	0,1 m ³
Número requerido	1
Material de construcción	Acero inoxidable

Y sus dimensiones son:

Tabla N° 29
Dimensiones del equipo de separación

Característica	Dimensión
Diámetro	0,6 (m)
Alto (parte cilíndrica)	0,21 (m)
Alto (parte cónica)	0,42(m)
Presión (parte cilíndrica)	0,019 (bar)
Presión (parte cónica)	0,041 (bar)

²⁶ Diseño se encuentra en apéndice 2 - D

7.1.4 Equipo para producto final

Tiene por función almacenar el aceite producido por turno.

Tabla N° 30
Especificaciones equipo producto final

Característica	Especificación
Material a manipular	Aceite esencial de orégano
Cantidad de material	29,25 Kg
Tiempo de operación	3 h
Volumen del equipo	0,088 m ³
Número requerido	1
Material de construcción	Acero inoxidable

Y sus dimensiones son²⁷:

Tabla N° 31
Dimensiones del equipo producto final

Característica	Dimensión
Diámetro	0,4 (m)
Alto	0,7 (m)
Presión en equipo	0,063 (bar)

²⁷ Diseño se encuentra en apéndice 2 - E

7.2 Equipos auxiliares

7.2.1 Galpón

Es el lugar donde se recepcionará y guardará la materia prima, además protegerá de las condiciones ambientales a todos los equipos del proceso.

Tabla N° 32
Especificaciones galpón

Característica	Especificación
Material a manipular	Materia prima a utilizar
Número requerido	1
Material de construcción	Acero

Y sus dimensiones son:

Tabla N° 33
Dimensiones galpón

Característica	Dimensión (m)
Largo	20
Ancho	10
Alto	5

7.2.2 Balanzas

Son dos, una de mayor capacidad, que tiene por función verificar el peso de la materia prima que llega a la planta y la que entra el proceso productivo por turno, y otra que se utilizará para el pesado del aceite esencial de menores dimensiones²⁸.

²⁸ Las características de las balanzas elegidas se pueden ver en apéndice 4.

7.2.3 Equipo de tratamiento de agua

Tiene por función tratar el agua requerida en el proceso productivo por la caldera, consta de un ablandador de resina catiónica²⁹ y un estanque pulmón para almacenamiento de agua tratada³⁰.

Las especificaciones de estos equipos son:

Tabla N° 34
Especificaciones equipo ablandador

Característica	Especificación
Capacidad de tanque	0,0963 m ³
Material de tanque	Acero inox
Material filtro	Resina catiónica
Cantidad resina	0,0566 m ³

Tabla N° 35
Especificaciones estanque pulmón

Característica	Especificación
Capacidad de estanque pulmón	0,577 m ³
Material de tanque	Acero inoxidable

Y las dimensiones de los tanques son:

Tabla N° 36
Dimensiones del tanque ablandador

Característica	Dimensión (m)
Diámetro	0,30
Alto	1,32

²⁹ Para cálculo de volumen ver apéndice 2 – F, diseño de equipo ver apéndice 2 - G

³⁰ Para diseño ver apéndice 2 - H

Tabla N° 37
Dimensiones estanque pulmón³¹

Característica	Dimensión (m)
Diámetro	0,7
Alto	1,5

³¹ Para diseño ver apéndice 2 – H

7.2.4 Caldera

Tiene por función proporcionar el vapor necesario en el equipo de destilación.

Sus especificaciones son³²:

Tabla N° 40
Especificaciones caldera

Característica	Especificación
Capacidad	219 Kg de vapor / h
Temperatura del vapor	255° F o 124° C
Presión de operación	760 mmHg
Potencia	14 HP
Cantidad	1
Material	Acero

Las dimensiones son:

Tabla N° 41
Dimensiones caldera

Característica	Dimensión (m)
Largo	1
Ancho	1
Alto	1,3

³² Para características de caldera ver apéndice 4

7.2.5 Bomba

Tiene por función el transporte de agua tratada para caldera³³. Sus especificaciones son:

Tabla N° 42
Especificaciones de bomba

Característica	Especificación
Potencia	0,5 HP
Caudal	60 l/min
Cantidad	1

³³ Para diseño de bombas ver apéndice 2 - I

CAPITULO VIII

Organización del proyecto

ORGANIZACION DEL PROYECTO

El presente capítulo muestra principalmente las divisiones organizacionales de la planta de aceites esenciales como empresa. De acuerdo a esto, se sigue con el procedimiento normal de formación estructural de una empresa. El que se detalla a continuación.

8.1 Distribución de la planta

8.1.1 Terreno y área necesaria

La planta industrial del proyecto tendrá estará situada en un terreno con área total de 1100 m², y con 631 m² construidos, estará dividida, de acuerdo a lo mostrado en la siguiente tabla. Estas divisiones se hicieron de acuerdo a referencias de distintas plantas de proceso.

Tabla N° 43
Distribución del área total de la planta

Ambientes	Área (m²)
Depósito materia prima y productos terminados	25
Oficinas administrativas	55
Área de tratamiento de agua	14
Taller mantención	12
Laboratorio de análisis	13
Baños	9
Zona generación de energía	18
Portería	6
Proceso	144
Display y caminos para movilización	335
Total	631

8.1.2 Distribución y arreglo de la planta

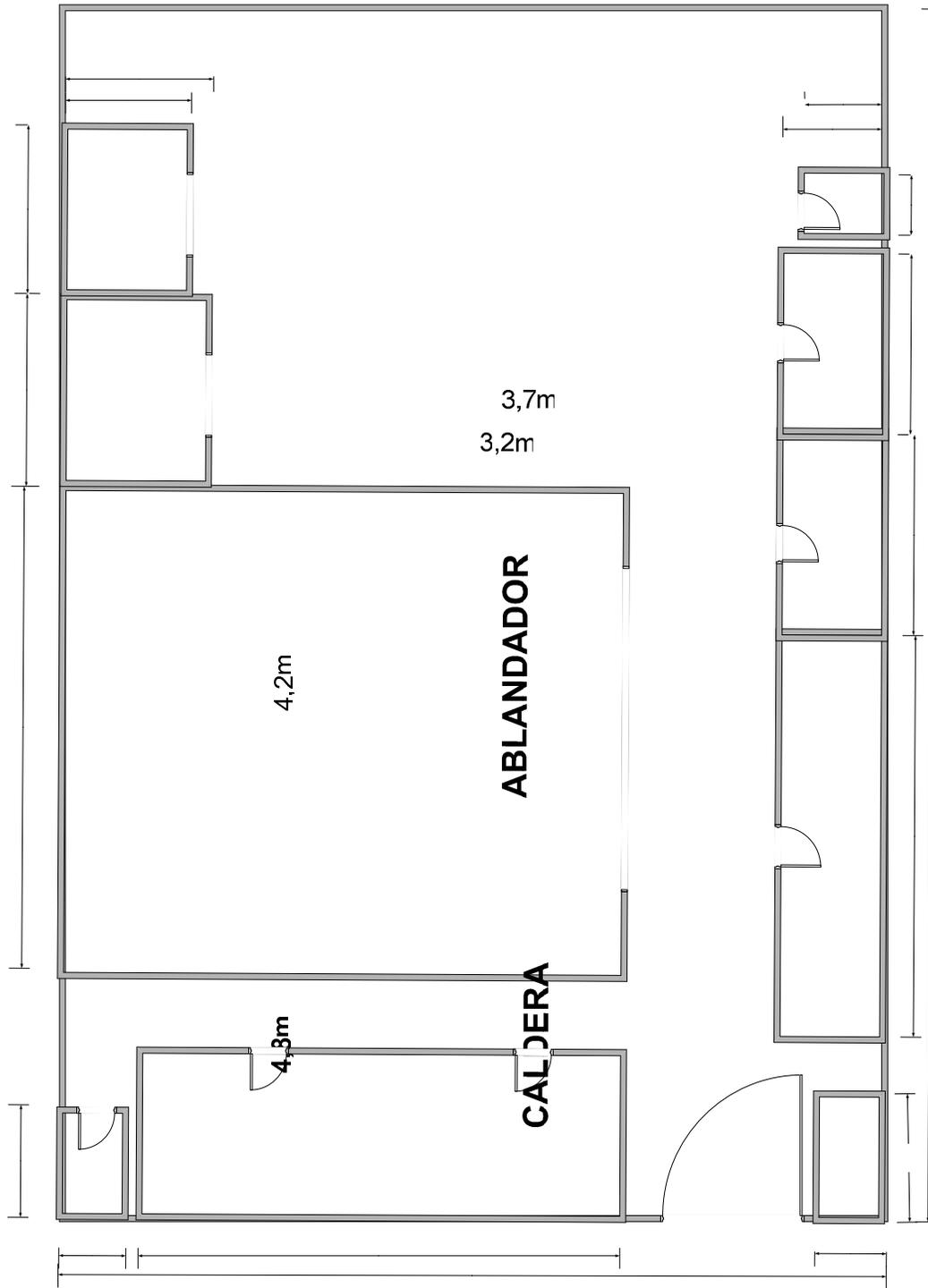
La distribución de la planta comprenderá todas las áreas y secciones que se muestran en la tabla 44.

Tabla N° 44
Distribución de la planta de aceite esencial de orégano

Número	Sección / área	Uso
1	Depósito materia prima y producto terminado	La materia prima estará ubicada dentro de un galpón.
2	Proceso	Aquí se incluye todo lo que respecta al proceso, o sea, desde la selección de la materia prima hasta la obtención del producto terminado (aceite esencial de orégano).
3	Tratamiento de agua	Aquí se realizará el tratamiento de agua requerida para caldera. Tendrá un estanque ablandador.
4	Mantenión	Aquí estarán ubicadas las herramientas necesarias para el mantenimiento de los equipos y maquinarias del proyecto.
5	Laboratorio de análisis	Aquí se analizarán la materia prima, insumos y producto terminado, para lo que se contará con los equipos y materiales de laboratorios necesarios.
6	Baños	Constará de servicios higiénicos y vestuario para los trabajadores de la planta.
7	Generación de energía	Contará con una caldera a gas natural, el cual será proporcionado por una empresa del rubro.
8	Portería	El recinto tendrá una caseta de vigilancia, en la entrada de la planta
9	Administración	Contará con una oficina para todos los administrativos de la planta.
10	Display	Se tomará en cuenta esta área, solo por la posibilidad futura de ampliación.
11	Caminos	Contará con área de desplazamiento para vehículos (sin pavimentación), personas y área de jardines.

A continuación se mostraran las divisiones y el layout de la planta.

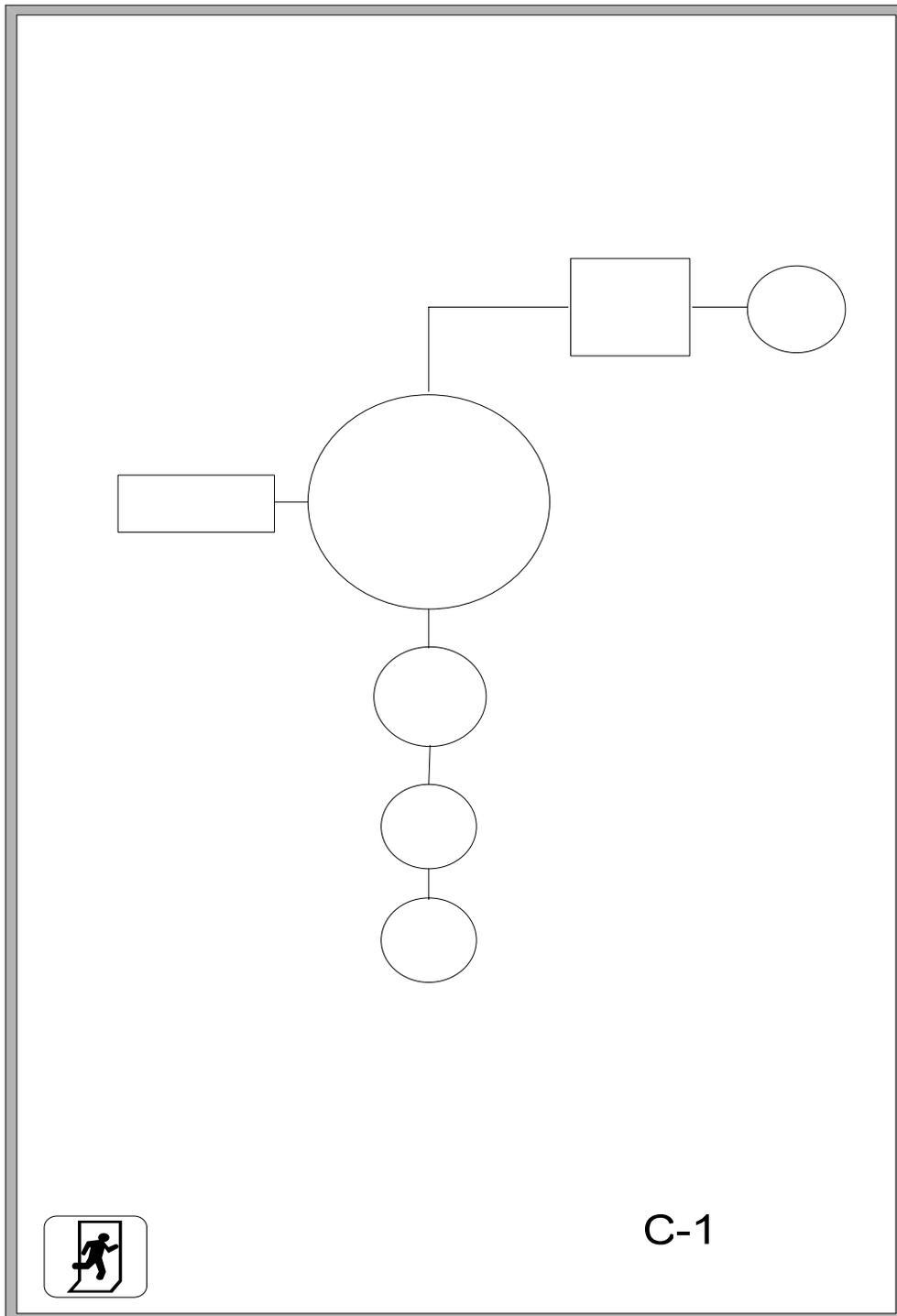
8.1.3 Plano de distribución de la planta



DISPLAY

SO

8.1.4 Layout de la planta



D-1

8.2 Organización de la planta

8.2.1 Objetivo de la organización

El objetivo de la organización es lograr la adecuada distribución del personal en relación hombre – empresa para el normal desarrollo de las actividades industriales, comerciales y laborales, mediante el trabajo en equipo orientado al total cumplimiento de la metas del proyecto.

8.2.2 Organigrama

La estructura orgánica en la figura 12 representa el organigrama estructural de la empresa de extracción de aceite esencial de orégano que se podría crear, ésta figura, contiene las divisiones y áreas básicas de la nueva empresa.

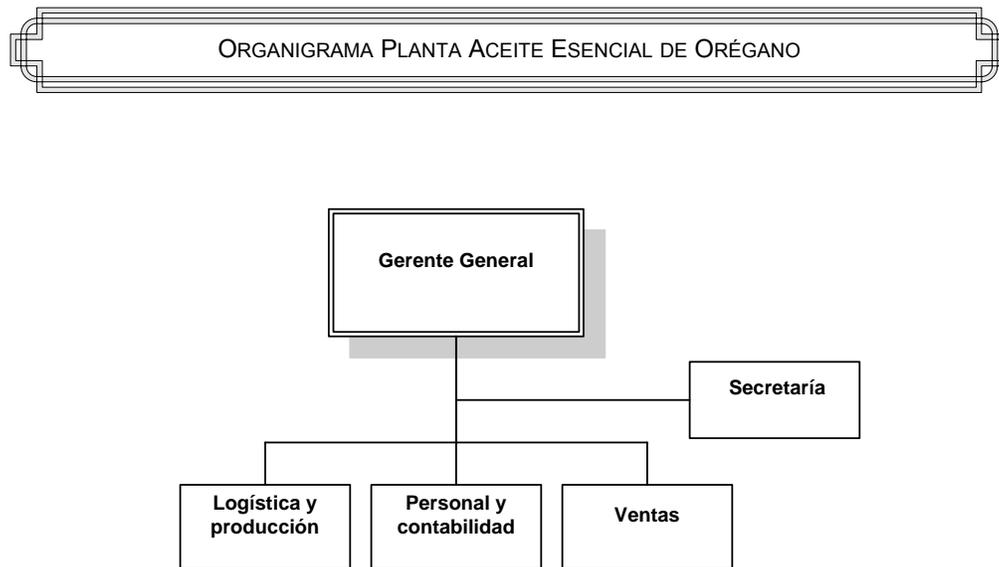


Figura 12: Organigrama planta de aceite esencial de orégano

8.2.3 Funciones generales en la empresa

➤ Gerente general

Es la máxima autoridad dentro de la empresa, esta es la persona encargada de planificar, organizar, dirigir y coordinar los procesos dentro de la empresa, por medio de la aplicación de estrategias para el logro de las metas propuestas. Además será el representante legal de la empresa. Esta persona debe ser un ingeniero civil químico.

➤ Área de logística y producción

Esta área es la encargada de la compra de la materia prima e insumos requeridos por el proyecto, controlar su abastecimiento y stock, así como también todo lo relacionado con la correcta ejecución del proceso productivo; ya sea, cumplimiento de producción, requerimiento de mano de obra, calidad, mantenimiento de equipos y seguridad en la planta.

Para ésta área se requiere un ingeniero industrial (jefe de turno), un laboratorista químico, seis operarios de planta y un encargado de portería.

➤ Área de ventas

Esta área estará encargada de poner el producto en el mercado, organizar un programa de comercialización y ventas del producto (aceite esencial de orégano), se coordinará con el área de producción en caso de aumento o disminución de ventas. Además será el relacionador público de la empresa, el cargo será ocupado por un ingeniero comercial.

➤ Secretaría

Este cargo tiene por función apoyar a las distintas áreas y gerencia general, en casos de ausencia de personal solicitado o acuerdos de reuniones con compradores o proveedores.

8.2.4 Funciones específicas

➤ **Jefe de turno**

Es el encargado de supervisar los procesos de la planta, así como también ser el nexo entre los operarios y otros trabajadores con la gerencia general.

➤ **Laboratorista químico**

Se encarga de realizar los análisis post – producción del aceite esencial a producir y controla además la calidad del producto.

➤ **Operarios**

Son los encargados de realizar las funciones de trasladar y seleccionar la materia prima, además de llevar a cabo la operación completa de la planta, desde la destilación por arrastre de vapor hasta la obtención del aceite esencial a producir.

CAPITULO IX

Evaluación económica

Evaluación económica

En el presente capítulo se analizará la rentabilidad del proceso de obtención de aceite esencial de orégano, además de la alternativa de producción de un aceite esencial que reemplace al aceite esencial orégano, cuando no se disponga de la materia prima suficiente para operar la planta. Estará dividido en dos partes, en la primera parte se calculará la inversión necesaria para la puesta en marcha de la planta, además del costo total del producto, y en la segunda parte se evaluará económicamente la planta, haciendo los respectivos flujos de caja para las condiciones de producción propuestas en el capítulo de estudio de mercado de este informe.

9.1 Estimación del capital total de inversión

El capital total de inversión está constituido por todas las inversiones necesarias para dejar la planta de aceites esenciales de orégano en condiciones para operar.

La estimación del capital total de inversión se realizará por el método de Lang y Chilton³⁴, para aplicar este método se necesita previamente haber desarrollado la ingeniería básica que incluya los siguientes aspectos, selección del proceso, capacidad de la planta, diagrama de flujo, balances de masa y energía, dimensiones de los equipos, cálculo de materias primas, mano de obra, layout tentativo, análisis de localización de la planta, entre otros aspectos.; vistos ya en capítulos anteriores.

A continuación, se detalla la estimación del capital total de inversión, según el método de Lang y Chilton.

Aquí el capital total de inversión se divide en:

- Capital fijo
- Capital de trabajo

³⁴ Según Peter y Timmerhaus, 4ª edición, Capítulo 6.

9.1.1 Capital fijo

El capital fijo se divide en:

- Capital fijo directo
- Capital fijo indirecto

9.1.2 Inversión en capital fijo directo

Corresponde a todos aquellos costos directos o depreciables de la planta.

- Equipos de proceso

Corresponden a todos los gastos necesarios para la adquisición de los equipos diseñados en el capítulo 7, así como, los gastos para dejarlos en planta; los equipos y costos para la planta de aceites esenciales están en la tabla N° 45.

Tabla N° 45
Costo de equipos³⁵

Equipo	Cantidad	Costo (US\$)	Total (US\$)
Cinta transportadora (C – 1)	1	5587	5587
Estanque destilación (D – 1)	1	4690	4690
Condensador (I – 1)	1	756	756
Separador (S – 1)	1	191	191
Estanque almacenamiento (T – 1)	1	291	291
Estanque pulmón (T – 3)	1	737,8	737,8
Estanque ablandador (T – 2)	1	873	873
Bomba (P – 1)	1	214,1	214,1
Balanzas	2	MP: 191,7 Aceite: 114,3	306
Total costo equipos			13645,9

³⁵ Gasto de material en apéndice 3, cotizaciones de equipos y materiales apéndice 4.

➤ Instalación de los equipos

Incluye todos los gastos necesarios para dejar los equipos diseñados, en condiciones de ser usados, por ejemplo, fundaciones y soportes. Corresponde al 30 – 40 % de costo de los equipos. O sea:

$$\text{instalación} = 0,35 * 13645,9 = \text{US\$}4776$$

$$\text{costo_equipos_instalados} = \text{US\$}18421,9$$

➤ Cañerías de proceso

Incluye además los soportes y personal involucrado en la instalación, según tamaño de la planta este costo puede ser desde un 7 a 10% del costo de los equipos instalados. Como la planta de aceites esenciales es una planta pequeña, se considera un 7% del costo de los equipos instalados. O sea:

$$\text{cañerías} = 0,07 * 18421,9 = \text{US\$}1289,5$$

➤ Instrumentación

Incluye los materiales, equipos y personal involucrado en la instalación. Dependiendo también del tamaño de la planta el costo por este ítem va de 3 a 20% del costo los equipos instalados. Entonces, ya que la planta es pequeña, se considera un 3% del costo de los equipos instalados. O sea:

$$\text{instrumentación} = 0,03 * 18421,9 = \text{US\$}552,6$$

➤ Aislamiento

Cuando en los procesos hay operaciones con altas temperaturas es necesario el aislamiento, según Lang y Chilton, el costo por este ítem va de 10 a 25% del costo de las cañerías de proceso. Para la planta se considera un 10% del costo de las cañerías de proceso, o sea:

$$\text{aislamiento} = 0,1 * 1289,5 = \text{US\$}129$$

➤ Pinturas y terminaciones

Incluyen los costos de personal y materiales. Su costo va de 1 a 2% del costo de equipos instalados. Para la planta se considera un 1%, o sea:

$$\text{pinturas} = 0,01 * 18421,9 = \text{US\$}184,2$$

➤ Instalaciones eléctricas

Incluye principalmente la labor de instalación y materiales para las fuentes de energía eléctrica y alumbrado, transformadores, casetas y otros instrumentos. Su costo va de un 10 a 12% del costo de equipos instalados. Para la planta de aceites esenciales se considera un 10% del costo de equipos instalados. O sea:

$$\text{instalación}_{\text{eléctrica}} = 0,1 * 18421,9 = \text{US\$}1842,2$$

➤ Instalaciones de vapor

Incluye la inversión en capital para las instalaciones que suministran vapor. Este costo para el caso de la planta de aceites esenciales incluye sólo el costo de la caldera eléctrica (multiplicada por factor de 20% debido a accesorios), cuya cotización se encuentra en el apéndice 4 de este informe. Por lo tanto:

$$\text{instalación}_{\text{vapor}} = 1,2 * 2825 = \text{US\$}3390$$

➤ Instalaciones de agua

Incluye inspecciones y derechos, depende de la ubicación de la propiedad; sector rural o área industrializada. El costo va de un 4 a 8% del costo de los equipos instalados. Para la planta de aceites esenciales, se considera un 4% del costo de equipos instalados, o sea:

$$\text{instalación_agua} = 0,04 * 18421,9 = \text{US\$}736,9$$

➤ Edificios

Incluye los costos de edificación para zona de procesos, administración, oficinas, laboratorio, bodega de materia prima y taller. La superficie necesaria para cada edificación se determinó en el capítulo de organización de este informe. El resumen de costos por edificación se resume en la tabla N° 46.

Tabla N° 46
Costos de edificación

Zona	Área (m ²)	Costo ³⁶ (US\$/m ²)	Costo total (US\$)
Galpón	200	34,48	6896
Administración	55	517,3	28451,5
Bodegas y talleres	37	103,45	3828
Laboratorios, baños y caseta	28	344,8	9654,5
Caminos y estacionamiento	135	275,8	37233
Total			86063

Fuente: Bettoli S.A, precios obtenidos en UF, traspasados a dólar del 14 octubre 2008.³⁷

El resumen de los costos directos o fijos se muestra en la tabla N° 47.

³⁶ Costo incluye instalación eléctrica, agua y alcantarillado.

³⁷ UF: \$ 21082 ; Dólar: \$ 611,33 ; valores que se usaran para los cálculos posteriores

Tabla N° 47
Resumen de costos fijos de inversión por el método de Lang y Chilton

Item	Costos directos o depreciables	Valor (US/\$)
1	Costo de equipos	13645,9
2	Costos de instalación de equipos	4776
3	Cañerías de proceso	1289,5
4	Instrumentación	552,6
5	Aislamiento	129
6	Pinturas y terminaciones	184,2
7	Instalaciones eléctricas	1842,2
8	Instalaciones de vapor	3390
9	Instalaciones de agua	736,9
10	Edificios	86063
11	Total costo directo de la planta	112609,3

9.1.3 Inversión en capital fijo indirecto

Corresponde a todos aquellos costos indirectos o no depreciables de la planta.

➤ Terreno

Incluye inspecciones y derechos, depende de la localización de la propiedad. Para el caso de la planta de aceites esenciales, como ya se mencionó, ésta se encuentra en la ciudad de Quillota (sitio rural), y el costo del metro cuadrado, según información de Internet, corresponde a \$ 5000.³⁸

Entonces, el costo por terreno para la planta será:

$$5000\left(\frac{\$}{m^2}\right) * 1100(m^2) = \$5500000 \quad \text{ó}$$

$$US\$8996,7$$

³⁸ Fuente: Grossman propiedades; 1 dólar = \$ 611,33

➤ Preparación del terreno y urbanización

Incluye los gastos en secado, limpieza y emparejamiento del terreno. Para el caso de la planta de aceites esenciales, el costo corresponde a \$ 5000/m². Entonces el costo por preparación y urbanización del terreno es:

$$5000\left(\frac{\$}{m^2}\right) * 1100(m^2) = \$5500000 \quad \text{ó}$$
$$US\$8996,7$$

➤ Ingeniería y supervisión

Incluye también, viajes, comunicación, consultores y gastos de oficina. Puede ser estimado entre un 7 a 10% del costo directo total de la planta (capital fijo de la planta, el que se denomina como "X"). Corresponde entonces, según tamaño de la planta a:

$$0,07 * X$$

➤ Construcción

Incluye los gastos en el período de construcción, ya sea maquinaria, equipo de construcción, alquiler de herramientas, seguros, aranceles, permisos, etc. Este costo corresponde aproximadamente al 10% del costo directo total de la planta. O sea:

$$0,1 * X$$

➤ Imprevistos y contingencias

Aquí se incluyen gastos por eventos impredecibles como tormentas, inundaciones, huelgas, cambios de precio, errores de estimación. Su valor generalmente se estima entre un 5 a 15 % de los costo directo total de la planta. Entonces, para las condiciones de la planta los costos por imprevistos son:

$$0,05 * X$$

En la tabla N° 48 se muestra el resumen de los costos indirectos o no depreciables.

Tabla N° 48
Resumen costos indirectos o no depreciables

Ítem	Costos indirectos o no depreciables	Valor (US\$)
12	Terreno	8996,7
13	Preparación del terreno y urbanización	8996,7
14	Ingeniería y supervisión	0,07*X
15	Construcción	0,1*X
16	Imprevistos y contingencias	0,05*X
17	Total costos indirectos	17993,4+0,22*X

El costo fijo total de la planta será la suma de costos directos e indirectos, esta suma se resume en la tabla N° 49.

Tabla N° 49
Costo fijo total de la planta

Ítem	Costo	Valor (US\$)
11	Costo directo o depreciable	112609,3
17	Costo indirecto o no depreciable	17993,4+0,22*X
18	Costo fijo total de la planta (11+17)	130602,7+0,22*X

Lo que se expresa como:

$$X = 130602,7 + 0,22 * X$$

Resolviendo, el costo fijo total de la planta es:

$$X = \text{costo_fijo_total} = \text{US\$}167439,4$$

9.1.4 Capital de trabajo

El capital de trabajo corresponde a todos los gastos para que una vez instalada la planta esta quede en condiciones de operar. Incluye los gastos relacionados con la adquisición de materias primas (orégano), pagos de sueldo y todo gasto en servicios que se necesite, para un período de tiempo mínimo de 2 meses.

➤ Materia prima

Incluye los gastos necesarios en ramas y hojas de orégano para que la planta funcione por dos meses después de la puesta en marcha.

De acuerdo a la tabla N° 51, para año 1 el costo de materia prima por año es US\$ 364800; lo que para dos meses equivale a US\$ 60800.

➤ Caja

Incluye los gastos en pagos de sueldos a personal de planta y servicios generales que son electricidad y agua, para el período de dos meses después de la puesta en marcha de la planta.

De acuerdo a la tabla N° 52, el costo anual en personal de planta es US\$ 149400; lo que para dos meses equivale a US\$ 24900.

Y de acuerdo a las tablas N° 53 y N° 54, el costo anual en servicios generales es US\$ 4943, lo que para dos meses equivale a 823,8.

Por lo tanto el capital de trabajo será:

$$\text{capital_de_trabajo} = \text{costo_materia_prima} + \text{costo_servicios}$$

$$\text{capital_de_trabajo} = 60800 + 24900 + 823,8 = \text{US\$}86523,8$$

Con lo anterior calculado tenemos que el capital total de inversión (Y) es:

$$Y = \text{Capital fijo} + \text{capital de trabajo}$$

$$Y = 167439,4 + 86523,8$$

Resolviendo,

$$Y = \text{capital_total_inversión} = \text{US\$}253963,2$$

9.2 Costo total del producto

El costo total del producto, son todos los costos involucrados desde el punto de partida de la fabricación del producto (aceite esencial de orégano y/o alternativa), hasta su colocación en el mercado; este costo se subdivide en dos partes:

- Costo producción
- Gastos generales de empresa

9.2.1 Costo de producción

El costo de producción comprende todos los gastos relacionados con la operación y producción de la planta de aceites esenciales; se subdivide en tres partes principales:

- Costos directos de producción o costos variables
- Costos indirectos o costos fijos
- Gastos generales de planta

Los costos directos de producción corresponden a:

- Materias primas

La cantidad de materia prima por unidad de tiempo (un año) que se necesita para la planta se determinó en los balances de materia realizados en el capítulo 6 de este proyecto. La materia prima corresponde a las hojas y ramas de orégano, y también como alternativa de producción las ramas y hojas de romero.

Tabla N° 50**Costo de materia prima a utilizar por año normal**

Materia prima	Cantidad a usar (Kg)	Costo / unidad³⁹ (US\$)	Total (US\$)
Orégano ⁴⁰	600000	0,76	456000
Romero ⁴¹	50000	0,8	40000

Fuente: datos obtenidos de capítulos de estudio de mercado y balances de masa

Como se mencionó en la tabla N° 13 de este informe, la planta parte de un 80% de capacidad hasta llegar a la capacidad total de 100%. Por lo tanto, los costos para materia prima del año 1, año 2 y año 3 son distintos⁴². El resumen de los costos por materia prima desde el año 1 hasta el 10, se muestra en la tabla N° 51.

Tabla N° 51**Resumen costos materia prima desde año 1 a 10**

Año	Capacidad	Costo total (US\$/año)
Año 1	80%	364800
Año 2	90%	410400
Año 3 a 10	100%	456000

➤ Personal de planta

Este costo se definió en el capítulo 8 de este proyecto y corresponde a los sueldos de los distintos trabajadores de la planta. Estos sueldos se resumen en la tabla N° 52.

³⁹ Fuente de precios de vegetales, ODEPA.

⁴⁰ Orégano se vende en lotes de 12,5 Kg, fuente ODEPA

⁴¹ Se supone un mes de producción

⁴² Estos costos servirán para flujos de caja

Tabla N° 52
Costo por personal de planta

Cargo	Número	Costo anual (US\$)	Costo total anual (US\$)
Gerente General	1	60000	60000
Jefe de turno	1	19800	19800
Operarios	6	6000	36000
Laboratorista	1	9600	9600
Portería	1	6000	6000
Ventas	1	12000	12000
Secretaria	1	6000	6000
Total			149400

Nota: Sueldos mensuales acordes al mercado chileno.

➤ Supervisión

Este costo ya fue considerado en el costo de personal de planta.

➤ Servicios generales

Los costos de suministros para la planta de aceites esenciales de orégano son los de energía eléctrica, agua y gasolina para cinta transportadora, considerando 300 días de operación al año con 1 turno de 8 horas; los cuales son:

➤ Energía eléctrica

Los consumos en KWh y costos anuales (300 días al año de operación) de consumo para los equipos seleccionados⁴³ están en la tabla N° 53:

⁴³ Sabiendo que costo KWh = \$ 123,9 ó US\$ 0,2 (dólar \$ 611,33); fuente chilquinta, Octubre 2008.

Tabla N° 53

Resumen consumos y costos en energía eléctrica equipos seleccionados

Equipo	Consumo⁴⁴ (HP)	Consumo (KWh)	Tiempo operación diario (h)	Tiempo operación anual (h)	Costo anual (US\$)
Bomba caldera	0,5	0,37	8	2400	177,6
Cinta transportadora	5,5	4,1	3	900	738
Caldera	20	15	3	900	2700
Consumo electricidad					3615,6

Considerando un factor de seguridad de 20% por el consumo en otras áreas del proceso, el costo del consumo eléctrico es:

$$electricidad = 1,2 * 3615,6 = US\$4338,7$$

➤ Agua potable

Incluye los costos anuales en consumo, de agua para equipos, obtenidos de balances de masa y energía y personal de planta, estos se resumen en la tabla N° 54.

⁴⁴ 1 KW = 1,341 HP

Tabla N° 54
Resumen consumos y costos en agua potable

Tipo	Consumo anual (m³)	Costo⁴⁵ (US\$/m³)	Costo (US\$)
Proceso	63,15	1,58	100
Personal ⁴⁶	120	1,58	190
Imprevistos ⁴⁷	60	1,58	95
Consumo agua			385

Por lo tanto, el consumo de suministros será:

$$su\ min\ istros = 4338,7 + 385 = US\$4723,7$$

➤ Gastos de laboratorio⁴⁸

Este costo corresponde a todos los gastos realizados para el análisis del producto obtenido y se estima entre un 10 a 20% del costo del personal de planta. Entonces, para el tamaño de la planta se considera un 10% del costo de personal de planta, o sea:

$$laboratorio = 0,1 * 149400 = US\$14940$$

➤ Mantenimiento y reparación

Este costo incluye gastos en mantenimiento de personal, materiales para equipos y supervisión si es necesario. Generalmente este costo va de un 2 a 10% del costo de los equipos instalados. Por el tamaño de la planta se considera un valor promedio de 6%, por lo tanto el costo por mantenimiento y reparación es:

⁴⁵ El costo por m³ de agua por consumo, recolección y tratamiento es \$ 968,6 = US\$ 1,58; fuente Esva S.A, Octubre 2008.

⁴⁶ Considerando 10 m³ de consumo por personal mensual

⁴⁷ Imprevistos y regadío 5 m³ mensual

⁴⁸ Fuente de datos porcentuales: según Peter y Timmerhaus, 4ª edición, Capítulo 6.

$$\text{mantenimiento} = 0,06 * 18421,9 = \text{US\$}1105,3$$

➤ Suministros de operación

Estos gastos corresponden a por ejemplo, lubricantes, test de análisis, y otros suministros no considerados en el ítem de mantenimiento y reparación. Este costo corresponde al 15% del costo de mantenimiento y reparación aproximadamente. Por lo tanto:

$$\text{su min istros}_{_op} = 0,15 * 1105,3 = \text{US\$}165,8$$

Los costos directos de producción se resumen en la tabla N° 55:

Tabla N° 55
Costos directos de producción o costos variables

Tipo	Costo (US\$)		
	Año 1	Año 2	Año 3 -10
Materia prima	364800	410400	456000
Personal de planta	149400		
Supervisión	0		
Servicios generales	4723,7		
Gastos de laboratorio	14490		
Mantenimiento y reparación	1105,3		
Suministros de operación	165,8		

Ahora, sumando los costos, para efectos de flujos de caja y de acuerdo a programa de producción, los costos directos de producción por año son:

- Año 1 = US\$ 534684,8
- Año 2 = US\$ 580284,8
- Año 3 a 10 = US\$ 625884,8

Los costos indirectos o costos fijos corresponden a:

➤ Depreciación

La depreciación se aplica a todos los bienes hechos por la mano del hombre, ya sea, edificios, equipos, maquinarias y vehículos. Para este proyecto corresponde a una depreciación lineal con valor de salvamento igual a US\$ 0, por lo tanto, la depreciación se considera como los costos depreciables partido por el número de años a los que se evalúa el proyecto (10 años). O sea:

$$\text{depreciación} = \frac{112609,3}{10} = \text{US\$}11260,9$$

➤ Contribuciones e impuestos

Corresponde al 2% del valor del terreno. O sea:

$$\text{contribuciones} = 0,02 * 8996,7 = \text{US\$}180$$

➤ Arriendos

Para este proceso productivo no se necesita arriendo de ningún tipo.

➤ Seguros

Diversas instalaciones deben asegurarse, como instalación de equipos, edificios, equipos entre otros. El rango de este costo va de 0,4 a 1% del capital fijo de la planta.

Para esta planta se recomienda el costo menor, debido al tamaño de ésta. Por lo tanto este costo es:

$$\text{Seguros} = 0,004 * 112609,3 = \text{US\$}450,4$$

En la tabla N° 56 se resumen los costos indirectos de producción.

Tabla N° 56
Costos indirectos de producción o costos fijos

Tipo de costo	Costo (US\$)
Depreciación	11260,9
Contribuciones e impuestos	180
Arriendos	0
Seguros	450,4
Total costos indirectos	11891,3

Los gastos generales de planta corresponden a:

Son los gastos directamente relacionados con el funcionamiento eficiente de la planta, aquí se incluyen servicios rutinarios de cualquier planta como:

- Servicio de primeros auxilios
- Servicios de seguridad
- Comedores
- Protección de planta
- Servicios higiénicos
- Compras
- Iluminación
- Bodegas
- Comunicación y transporte, entre otros.

Este costo se puede considerar entre un 50 a 70% del costo de personal de planta. O sea:

$$GGP = 0,6 * 149400 = US\$89640$$

➤ Estimación del costo de producción

Corresponde a la suma de los costos directos de producción, los costos indirectos y los gastos generales de planta. Este costo se resume en la tabla N° 57.

Tabla N° 57
Estimación del costo de producción

Tipo	Costo (US\$)		
Costos directos	Año 1 534684,8	Año 2 580284,8	Año 3 – 10 625884,8
Costos indirectos	11891,3		
Gastos generales de planta	89640		
Total costo de producción	Año 1 636216,1	Año 2 681816,1	Año 3 – 10 727416,1

9.2.2 Gastos generales de empresa

Los gastos generales de empresa corresponden a:

➤ Gastos administrativos

Son entre el 20 y 30% del costo del personal de planta, incluye por ejemplo, contabilidad. Para la planta se considera un 20%. Por lo tanto los gastos administrativos son:

$$Gastos_adm = 0,2 * 149400 = US\$29880$$

➤ Gastos de distribución y ventas

Este ítem incluye todos los gastos para que el producto sea vendido, como por ejemplo, comisiones, traslados, embalajes, post-venta, etc. Se considera entre un 2 – 5% del costo total del producto (Z). Para la planta de aceites esenciales se considera un 3,5%. Por lo tanto:

$$ventas = 0,035 * Z$$

➤ Investigación y desarrollo

Este gasto no es necesario para la planta, debido a su tamaño y características de su proceso.

➤ Gastos financieros

No se considerarán gastos financieros.

➤ Imprevistos

Se consideran del 1 al 5% del costo total del producto (Z). Por el tamaño de la planta se considera un 1 % del costo total del producto (Z). O sea:

$$\text{imprevistos} = 0,01 * Z$$

En resumen los gastos generales de empresa están en la tabla N° 58.

Tabla N° 58
Gastos generales de empresa

Tipo	Costo (US\$)
Gastos administrativos	29880
Gastos distribución y ventas	0,035*Z
Investigación y desarrollo	0
Gastos financieros	0
Imprevistos	0,01*Z
Gastos generales de empresa	29880+0,045*Z

9.2.3 Estimación del costo total del producto

El costo total del producto es la suma de los costos de producción y los gastos generales de empresa.

Tabla 59
Costo total del producto

Tipo	Costo (US\$)		
Costo de producción	Año 1 636216,1	Año 2 681816,1	Año 3 – 10 727416,1
Gastos generales empresa	29880+0,045*Z		
Costo total del producto	Año 1 666096,1+0,045*Z	Año 2 711696,1+0,045*Z	Año 3 – 10 757296,1+0,045*Z

- Para año 1, el costo total del producto es:

$$Z = 666096,1 + 0,045 * Z$$

Resolviendo,

$$Z(\text{año}_1) = \text{US\$}697482,8$$

- Para año 2, el costo total del producto es:

$$Z = 711696,1 + 0,045 * Z$$

Resolviendo,

$$Z(\text{año}_2) = \text{US\$}745231,5$$

- Para año 3 - 10, el costo total del producto es:

$$Z = 757296,1 + 0,045 * Z$$

Resolviendo,

$$Z(\text{año}_3-10) = \text{US\$}792980,2$$

9.3 Estudio de rentabilidad del proyecto

Una vez obtenidos el capital de inversión y el costo del producto, se puede hacer un estudio de rentabilidad del proyecto que comprende el análisis de variables económicas como VAN y TIR durante un período de tiempo de vida útil, que corresponde a 10 años.

También para el análisis de la sensibilidad del proyecto se tendrán en cuenta variables como precio de materia prima y cantidad de préstamos bancarios. Para ello se realizarán los respectivos flujos de caja y gráficas correspondientes a las condiciones requeridas.

9.3.1 Caso 1: Flujo de caja del proyecto con 0% de capital prestado

Teniendo en cuenta el precio del aceite de orégano y las ventas posibles mostradas en el capítulo de estudio de mercado (punto 4.8.7) además de los datos de capital de inversión y costo del producto obtenidos en este capítulo. El flujo de caja para la condición de 0 % de capital prestado⁴⁹ (teniendo como dato lo mostrado en la tabla N° 60) será.

Tabla N° 60

Interés y amortización 0% capital prestado

Año	Interés (US\$)	Amortización (US\$)
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0
8	0	0
9	0	0
10	0	0

⁴⁹ Interés = 12% ; Amortización = 10 cuotas iguales

9.3.2 Caso 2: Flujo de caja del proyecto con 25% de capital prestado

Teniendo en cuenta el precio del aceite de orégano y las ventas posibles mostradas en el capítulo de estudio de mercado además de los datos de capital de inversión y costo del producto obtenidos en este capítulo. El flujo de caja para la condición de 25% e capital prestado⁵⁰ (teniendo como dato lo mostrado en la tabla N° 61) será.

Tabla N° 61
Interés y amortización 25% capital prestado

Año	Interés (US\$)	Amortización (US\$)
1	7618,9	6349,1
2	7618,9	6349,1
3	7618,9	6349,1
4	7618,9	6349,1
5	7618,9	6349,1
6	7618,9	6349,1
7	7618,9	6349,1
8	7618,9	6349,1
9	7618,9	6349,1
10	7618,9	6349,1

⁵⁰ Interés = 12% ; Amortización = 10 cuotas iguales

9.3.3 Caso 3: Flujo de caja del proyecto con 50% de capital prestado

Teniendo en cuenta el precio del aceite de orégano y las ventas posibles mostradas en el capítulo de estudio de mercado además de los datos de capital de inversión y costo del producto obtenidos en este capítulo. El flujo de caja para la condición de 50% e capital prestado⁵¹ (teniendo como dato lo mostrado en la tabla N° 62) será.

Tabla N° 62

Interés y amortización 50% capital prestado

Año	Interés (US\$)	Amortización (US\$)
1	15237,8	12698,2
2	15237,8	12698,2
3	15237,8	12698,2
4	15237,8	12698,2
5	15237,8	12698,2
6	15237,8	12698,2
7	15237,8	12698,2
8	15237,8	12698,2
9	15237,8	12698,2
10	15237,8	12698,2

⁵¹ Interés = 12% ; Amortización = 10 cuotas iguales

9.3.4 Caso 4: Flujo de caja del proyecto con 75% de capital prestado

Teniendo en cuenta el precio del aceite de orégano y las ventas posibles mostradas en el capítulo de estudio de mercado además de los datos de capital de inversión y costo del producto obtenidos en este capítulo. El flujo de caja para la condición de 75% e capital prestado⁵² (teniendo como dato lo mostrado en la tabla N° 63) será.

Tabla N° 63
Interés y amortización 75% capital prestado

Año	Interés (US\$)	Amortización (US\$)
1	22856,7	19047,2
2	22856,7	19047,2
3	22856,7	19047,2
4	22856,7	19047,2
5	22856,7	19047,2
6	22856,7	19047,2
7	22856,7	19047,2
8	22856,7	19047,2
9	22856,7	19047,2
10	22856,7	19047,2

⁵² Interés = 12% ; Amortización = 10 cuotas iguales

9.3.5 Sensibilidad del proyecto por capital prestado

De acuerdo a los flujos de caja, las variaciones del VAN y TIR del proyecto son.

Tabla N° 64
VAN y TIR según % de préstamo bancario

% Préstamo	VAN (US\$)	TIR (%)
0	1223543,8	86
25	1215215,7	105
50	1206887,2	141
75	1198559,2	245

Con estos datos se obtienen las gráficas respectivas.

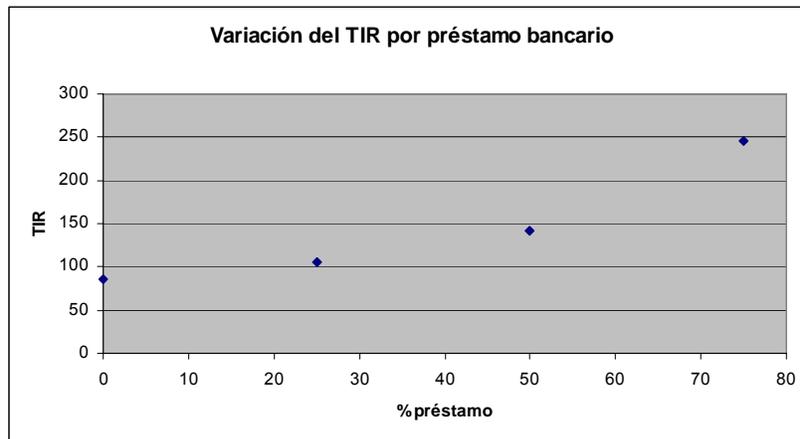


Figura 13: Variación del TIR por préstamo bancario

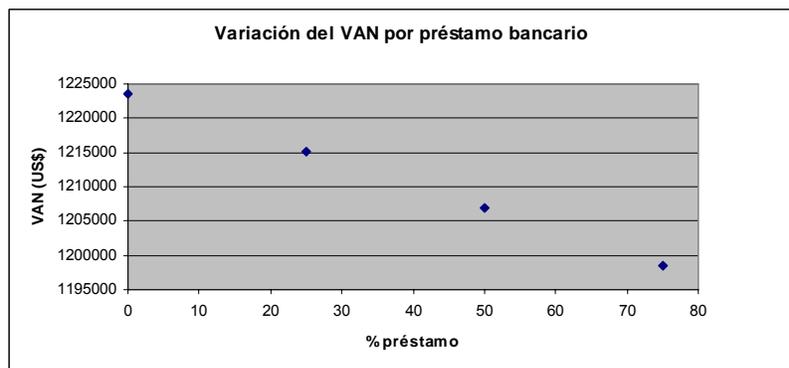


Figura 14: Variación del VAN por préstamo bancario

9.3.6 Flujo de caja del proyecto por aumento en 10% del precio de materia prima con 0% de capital prestado

Teniendo en cuenta el precio del aceite de orégano y las ventas posibles mostradas en el capítulo de estudio de mercado además de los datos de capital de inversión y costo del producto obtenidos en el apéndice 3 – B. El flujo de caja del proyecto por aumento en un 10% del precio de la materia prima (ramas y hojas de orégano) con 0 % de capital prestado⁵³ es.

Tabla N° 65
Interés y amortización 0% capital prestado

Año	Interés (US\$)	Amortización (US\$)
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0
8	0	0
9	0	0
10	0	0

⁵³ Interés = 12% ; Amortización = 10 cuotas iguales

9.3.7 Flujo de caja del proyecto por aumento en 10% del precio de materia prima con 25% de capital prestado

Teniendo en cuenta el precio del aceite de orégano y las ventas posibles mostradas en el capítulo de estudio de mercado además de los datos de capital de inversión y costo del producto obtenidos en el apéndice 3 – B. El flujo de caja del proyecto por aumento en un 10% del precio de la materia prima (ramas y hojas de orégano) con 25 % de capital prestado⁵⁴ es.

Tabla N° 66
Interés y amortización 25% capital prestado

Año	Interés (US\$)	Amortización (US\$)
1	7801,3	6501,1
2	7801,3	6501,1
3	7801,3	6501,1
4	7801,3	6501,1
5	7801,3	6501,1
6	7801,3	6501,1
7	7801,3	6501,1
8	7801,3	6501,1
9	7801,3	6501,1
10	7801,3	6501,1

⁵⁴ Interés = 12% ; Amortización = 10 cuotas iguales

9.3.8 Flujo de caja del proyecto por aumento en 10% del precio de materia prima con 50% de capital prestado

Teniendo en cuenta el precio del aceite de orégano y las ventas posibles mostradas en el capítulo de estudio de mercado además de los datos de capital de inversión y costo del producto obtenidos en el apéndice 3 – B. El flujo de caja del proyecto por aumento en un 10% del precio de la materia prima (ramas y hojas de orégano) con 50 % de capital prestado⁵⁵ es.

Tabla N° 67
Interés y amortización 50% capital prestado

Año	Interés (US\$)	Amortización (US\$)
1	15602,6	13002,2
2	15602,6	13002,2
3	15602,6	13002,2
4	15602,6	13002,2
5	15602,6	13002,2
6	15602,6	13002,2
7	15602,6	13002,2
8	15602,6	13002,2
9	15602,6	13002,2
10	15602,6	13002,2

⁵⁵ Interés = 12% ; Amortización = 10 cuotas iguales

9.3.9 Flujo de caja del proyecto por aumento en 10% del precio de materia prima con 75% de capital prestado

Teniendo en cuenta el precio del aceite de orégano y las ventas posibles mostradas en el capítulo de estudio de mercado además de los datos de capital de inversión y costo del producto obtenidos en el apéndice 3 – B. El flujo de caja del proyecto por aumento en un 10% del precio de la materia prima (ramas y hojas de orégano) con 75 % de capital prestado⁵⁶ es.

Tabla N° 68
Interés y amortización 75% capital prestado

Año	Interés (US\$)	Amortización (US\$)
1	23403,8	19503,2
2	23403,8	19503,2
3	23403,8	19503,2
4	23403,8	19503,2
5	23403,8	19503,2
6	23403,8	19503,2
7	23403,8	19503,2
8	23403,8	19503,2
9	23403,8	19503,2
10	23403,8	19503,2

⁵⁶ Interés = 12% ; Amortización = 10 cuotas iguales

9.3.10 Sensibilidad del proyecto por aumento de 10% en precio de materia prima con capital prestado

De acuerdo a los flujos de caja, las variaciones del VAN y TIR del proyecto son.

Tabla N° 69
VAN y TIR según % de préstamo bancario

% Préstamo	VAN (US\$)	TIR (%)
0	993129,8	71
25	984601,9	86
50	976073,9	114
75	967547,1	191

Con estos datos se obtienen las gráficas respectivas.

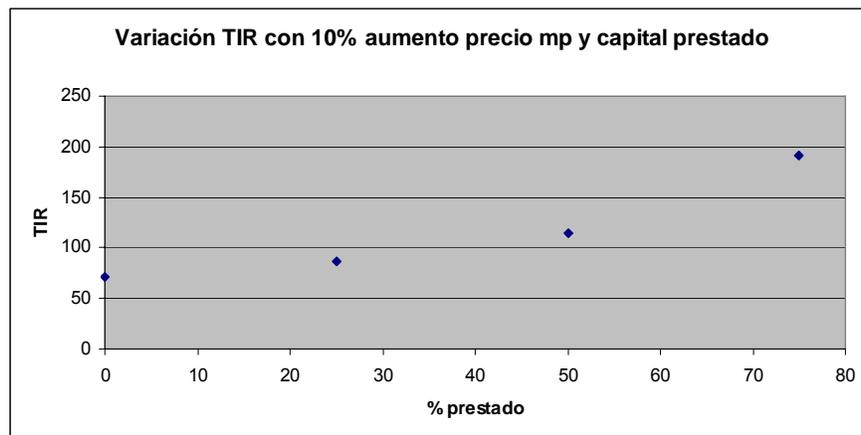


Figura 15: Variación TIR con 10% aumento precio mp y capital prestado

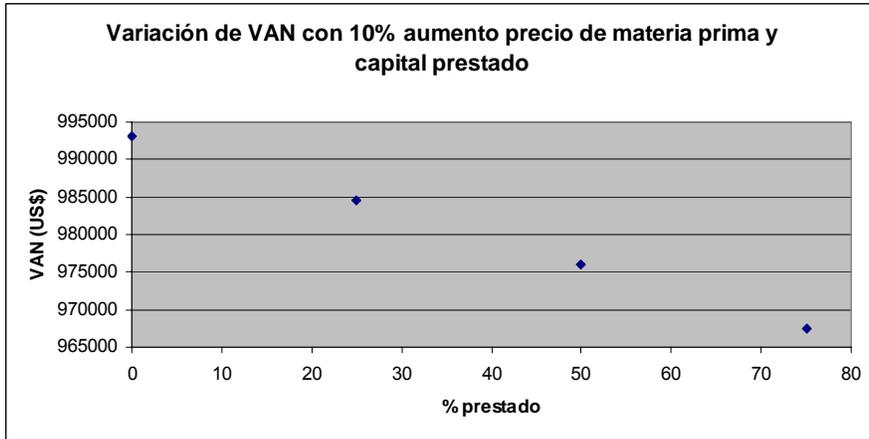


Figura 16: Variación de VAN con 10% aumento de precio materia prima y capital prestado

9.3.11 Flujo de caja y rentabilidad del proyecto con producción de aceite esencial de orégano y aceite esencial de romero

Como se mencionó en el capítulo de estudio de mercado, se revisará también la rentabilidad del proyecto cuando haya escasez de materia prima para producir aceite esencial de orégano, como alternativa de producción se eligió al romero cuyo mercado se mostró en el punto 4.7.3 de este informe.

Entonces y para efectos de cálculo⁵⁷ se consideró que durante un mes se producirá aceite de romero y el resto del año de producirá aceite esencial de orégano. A continuación se muestra el flujo de caja para estas condiciones.

⁵⁷ Los cálculos de costos de materia prima y costo del producto están en el apéndice 3 – C de este informe; Precio aceite de romero = US\$ 0,12 / gramo.

CAPITULO X

Conclusiones

CONCLUSIONES

- Las pruebas realizadas en el laboratorio de la escuela, el año 2006, permitieron primero elegir un tipo de aceite esencial a producir y con esto obtener los resultados y datos necesarios para los balances de masa y energía y el diseño de los distintos equipos involucrados en el proceso de obtención de aceite esencial elegido, que fue el de orégano.
- El diseño de la planta se hizo de acuerdo a las condiciones que presentaba la materia prima, ésta ya viene seca y con un tamaño adecuado, lo que permitió, eliminar equipos del diseño como cortadores, molino y secador lo que hizo que el proceso sea mucho más económico. Esto no quiere decir que no se pueden producir otros tipos de aceites esenciales, ya que la planta se puede adecuar según la necesidad.
- Los resultados obtenidos en la evaluación económica de la planta de aceites esenciales, que produce aceite esencial de orégano, reflejan que el proyecto es rentable, ya que se obtuvo un TIR de 86%, con 0% de capital prestado por el banco; teniendo gran injerencia sobre ésta rentabilidad el precio de la materia prima y la cantidad de capital de inversión que preste el banco (25, 50 y 75%), notando que aumenta ésta rentabilidad mientras mayor sea el porcentaje de préstamo bancario.
- La producción de un aceite esencial alternativo al orégano como el de romero, disminuye la rentabilidad del proceso ya que el rendimiento teórico del aceite esencial tanto como su valor comercial son menores que el de orégano. Lo que da una gran importancia a la disponibilidad de materia prima, la que va a estar supeditada a las condiciones climatológicas del lugar de producción, ya sea en el norte grande, como en la quinta región interior, donde se produce orégano para exportación.

CAPITULO XI

Bibliografía

BIBLIOGRAFIA

- **Walas**, Stanley, "Chemical process equipment, selection and design", 1990, 2ª Edición, Ed. Butterworth & Heinemann.
- **Brownell & Young**, 1965, "Equipment design", 6ª Edición, Ed. Wiley – Interscience.
- **Ocon – Tojo**, 1973, "Problemas de ingeniería química, operaciones básicas", tomo 1, 2ª edición. Ed. Aguilar.
- **Kern**, Donald, 1999, "Procesos de transferencia de calor", trigésimo primera reimpresión, Ed. CECOSA.
- **Perry**, Robert, and Green, 2003, "Manual del ingeniero químico", tomo 3, 7ª edición, Ed. Mc Graw Hill.
- **Crane**, 1987, "Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías", Ed. Mc Graw Hill.
- **Blank & Tarquin**, 1999, "Ingeniería económica", 4ª edición, Ed. Mc Graw Hill.
- **Peter & Timmerhaus**, 1991, "Plant design and economics for chemical engineers", 4ª edición, Ed. Mc Graw Hill.

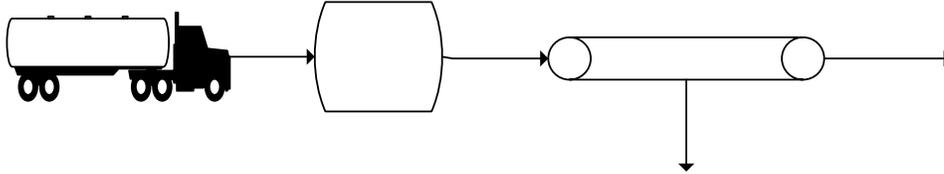
APENDICES

APENDICE 1

Balance de materia

Balances de materia

Balance en la recepción y limpieza de la materia prima



Donde:

Flujo A = Materia prima, orégano seco.

Flujo B = Mermas por recepción y limpieza.

Flujo C = Materia prima limpia

Sabiendo que entran 2000 Kg de materia prima (A), se tiene que:

$$A = B + C$$

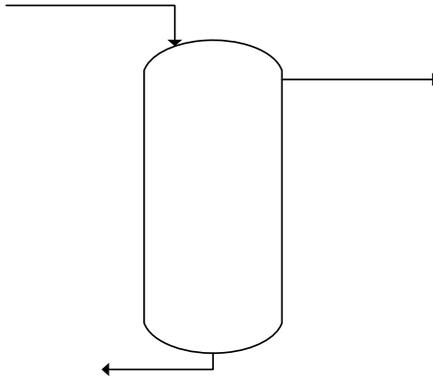
$$B = 0,02 * A$$

$$B = 0,02 * 2000 = 40Kg$$

$$C = A - B = 2000 - 40 = 1960Kg$$

A

Balance en el destilador (D-1)



C

Donde:

Flujo C = Materia prima limpia
Flujo D = Merms por destilación
Flujo E = Producto destilado

Para el destilado, sabiendo que entran 1960 Kg materia prima limpia (C), se tiene que:

$$C = D + E$$

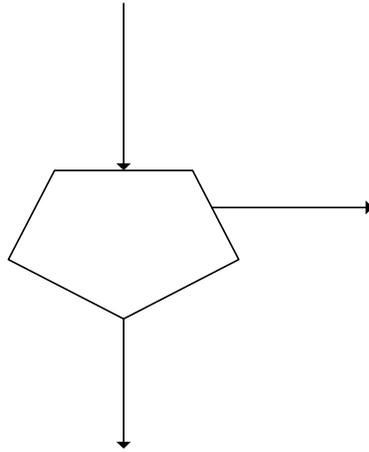
$$D = 0,985 * C$$

D

$$D = 0,985 * 1960 = 1930,6Kg$$

$$E = C - D = 1960 - 1930,6 = 29,4Kg$$

Balance en el decantador (S-1)



E

Donde:

Flujo E = Producto destilado

Flujo F = Mermas por decantación

Flujo G = Producto decantado

Para el decantado y sabiendo que el producto destilado son 29,4 Kg, se tiene que:

$$E = F + G$$

$$F = 0,005 * E$$

F

$$F = 0,005 * 29,4 = 0,147 Kg$$

$$G = E - F = 29,4 - 0,147 = 29,25 Kg$$

Rendimiento

El rendimiento obtenido para el aceite en el proceso es el siguiente:

$$rendimiento = \frac{G}{A} * 100 = \frac{29,25}{2000} * 100 = 1,46\%$$

APENDICE 2

Diseño y especificaciones de los equipos

Cálculo de presión en equipo de destilación

Sabiendo que:

$$P_{\text{equipo}} = P_{\text{agua}} + P_{\text{hojas}}$$

Donde:

P_{equipo} = presión en el equipo (bar)

P_{agua} = presión que provoca el agua del fondo (bar)

P_{hojas} = presión que provoca la materia vegetal (hojas, tallo;etc.), (bar).

Los datos para los cálculos son:

Carga	Densidad	Altura en equipo
Hojas	300 (Kg/m ³)	Y (m)
Agua	1000 (Kg/m ³)	X (m)

Primero se debe determinar la altura que ocupa el agua en el estanque debido a peso de hojas, esto se hace por medio de ley de Arquímedes:

$$mg + \rho_f * g * Y * A = \rho_f * g * H * A$$

Donde:

m = peso materia vegetal (Kg),

ρ_f = densidad del agua (Kg/m³)

Y = altura de hojas en estanque (m)

g = aceleración de gravedad (m/s²)

A = área equipo (m²)

H = altura del equipo (m)

Sabiendo que, la masa de materia vegetal es de 2000 Kg, que la densidad del agua es 1000 Kg/m³, que la aceleración de gravedad es 9,8 m/s², que el área del equipo es de 3,14 m², y que la altura del equipo es 3,1 m; al reemplazar en la ecuación tenemos que:

$$Y = \frac{(1000 * 3,1 * 3,14 - 2000)}{1000 * 3,14} = 2,46 \text{ (m)}$$

Ahora, la altura de agua en el equipo será:

$$X = H - Y = 3,1 - 2,46 = 0,64 \text{ (m)}$$

Para el agua tenemos:

$$P_{\text{agua}} = \rho * g * h$$

Con:

P_{agua} = presión que provoca el agua del fondo (Pa)

ρ = densidad del agua (Kg/m³)

g = aceleración de gravedad (m/s²)

h = altura que ocupa en el equipo (m)

Reemplazando;

$$P_{\text{agua}} = 1000 * 9,8 * 0,64 = 6272 \text{ (Pa)}$$

$$P_{\text{agua}} = \frac{6272}{100000} = 0,0627 \text{ (bar)}$$

También, considerando el diámetro del destilador igual a 2 (m), el cálculo del peso del agua es:

$$M_a = \rho * V$$

M_a = peso del agua en equipo (Kg)

ρ = densidad del agua (Kg/m³)

$$V = \text{Volumen de agua en equipo, } V = \frac{\pi * D^2}{4} * h = \frac{\pi * 2^2}{4} * 0,64 = 2,01 \text{ (m}^3\text{)}$$

Reemplazando;

$$M_a = 1000 * 2,010 = 2010 \text{ (Kg)}$$

$$P_a = 2010 * 9,8 = 19698 \text{ (N)}$$

Para las hojas y ramas de orégano tenemos:

$$P_{hojas} = \rho * g * h$$

P_{hojas} = presión que provoca la materia vegetal al fondo (Pa)

ρ = densidad de las hojas (Kg/m^3)

g = aceleración de gravedad (m/s^2)

h = altura que ocupa en el equipo (m)

Reemplazando;

$$P_{hojas} = 300 * 9,8 * 2,46 = 7232,4 \text{ (Pa)}$$

$$P_{hojas} = \frac{7232,4}{100000} = 0,072 \text{ (bar)}$$

Haciendo lo mismo para las hojas y ramas de orégano se tiene que su volumen es:

$$V = \frac{\pi * D^2}{4} * h = \frac{\pi * 2^2}{4} * 2,46 = 7,728 \text{ (m}^3\text{)}$$

Por lo tanto su peso es:

$$M_h = \rho * V = 300 * 7,728 = 2318,5 \text{ (Kg)}$$

$$P_h = 2318,5 * 9,8 = 22721,3 \text{ (N)}$$

Al sumar las presiones provocadas al equipo, del agua y de las hojas, tenemos:

$$P_{\text{equipo}} = 0,0627 + 0,072 = 0,135$$

$$P_{\text{equipo}} = 0,135 \text{ (bar)}$$

También al sumar ambos pesos se obtiene:

$$P_t = P_a + P_h = 19698 + 22721,3 = 42420 \text{ (N)}$$

Diseño de serpentín de estanque destilador (D-1)

Sabiendo que:

$$Q = U_D * A * \Delta T$$

Donde:

Q = calor necesario para destilación (BTU/h)
U_D = coeficiente total de diseño (BTU/h*pie²*°F)
A = área de transferencia de calor (pie²)
ΔT = diferencia de temperatura (°F)

Entonces, siguiendo el procedimiento del libro, Procesos de transferencia de calor, Donald Kern, capítulo 20 y con los resultados del balance de energía obtenidos en el capítulo 6 de este informe. Tenemos que:

Datos:

Q = 24229,29 (Kcal/h) = 96149,59 (BTU/h)
h_c = 127 (BTU/h*pie²*°F)⁵⁸
t_f = 194 °F
t_i = 64,4 °F

Cálculo coeficiente U_c

Considerando h_{oi} = 1500, para vapor, se sabe que:

$$U_c = \frac{h_c * h_{oi}}{h_c + h_{oi}}$$

Donde:

U_c = coeficiente total limpio (BTU/h*pie²*°F)
h_c = coeficiente de transferencia de calor (BTU/h*pie²*°F)
h_{oi} = coeficiente de transferencia de calor referido a diámetro interno y externo (BTU/h*pie²*°F)

Reemplazando los datos tenemos que:

⁵⁸ A 194 °F, obtenido de figura 10.4, del libro Procesos de transferencia de calor, Kern; ésta figura se adjunta en el anexo 5.

$$U_c = \frac{127 * 1500}{127 + 1500} = 117,1 \text{ (BTU/h*pie}^2*\text{°F)}$$

Cálculo de coeficiente U_D

Considerando $R_d = 0,005$, se puede decir que:

$$\frac{1}{U_D} = \frac{1}{U_c} + R_d$$

Reemplazando los datos, tenemos:

$$U_D = \left(\frac{1}{117,1} + 0,005 \right)^{-1} = 73,86 \text{ (BTU/h*pie}^2*\text{°F)}$$

Ahora, reemplazando los resultados obtenidos en la ecuación de calor, tenemos que, el área de transferencia de calor es:

$$A = \frac{Q}{U_D * \Delta T} = \frac{96149,59}{73,86 * (194 - 64,4)} = 10,05 \text{ (pie}^2\text{)}$$

Con el área de transferencia de calor obtenida, se procede a calcular el número de vueltas del serpentín.

Cálculo de número de vueltas del serpentín

Datos:

Diámetro del serpentín = 2 (pie)
Superficie por pie = 0,2618 (pie²/pie)⁵⁹

Con esto, se obtiene la superficie por vuelta, la que es:

$$S_v = D_s * S_p * \pi$$

Donde:

S_v = superficie por vuelta (pie²)
 D_s = diámetro del serpentín (pie)
 S_p = superficie por pie (pie²/pie)

Reemplazando los datos, tenemos que:

$$S_v = 2 * 0,2618 * \pi = 1,65 \text{ (pie}^2\text{)}$$

Ahora, podemos calcular el número de vueltas del serpentín de acuerdo a:

$$n^\circ \text{ _vueltas} = \frac{A}{S_v} = \frac{10,05}{1,65} = 6$$

Por lo tanto, el número de vueltas requeridas para operar con el serpentín, es de 6.

APENDICE 2 – C

⁵⁹ Para cañería de 1 pulgada 12 BWG, obtenidas de tabla 10, Procesos de transferencia de calor (kern); la tabla se adjunta en el anexo 3

Diseño del condensador (I-1)

Siguiendo el procedimiento mostrado en el libro Brownell & Young, 6ª Edición de 1965, se elige el mismo material que el estanque destilador, cuyas características son:

Acero SA-167 grado 11, tipo 316.
Composición nominal 18Cr – 10Ni – 2Mo
Esfuerzo admisible a 212°F de 18648 psi⁶⁰.

Los datos para el diseño son los siguientes:

Característica	Abreviación	Valor
Diámetro interno	D_i	0,46 (m)
Altura	H	1 (m)
Temperatura máxima	T_{max}	100 (° C)
Radio interno	r_i	1 (m)
Densidad acero inox	ρ_{ac}	7850 (Kg/m ³)
Coefficiente de soldadura	E	0,8
Esfuerzo admisible del material	f_{adm}	18648 (psi) ó 1286,07 (bar)
Gravedad	G	9,8 (m/s ²)
Espesor de corrosión	t_c	1 (mm)

Primero se debe calcular la presión existente en el equipo debido a la gravedad, ésta se calcula de la siguiente manera:

$$P = \rho * g * h$$

P = presión que provoca el agua al fondo (Pa)
 ρ = densidad del agua (Kg/m³)
g = aceleración de gravedad (m/s²)
h = altura que ocupa en el equipo (m)

Reemplazando los datos, tenemos que:

⁶⁰ Valor obtenido del apéndice D, Brownell & Young.

$$P = 1000 * 9,8 * 1 = 9800 \text{ (Pa)}$$

$$P = 0,098 \text{ (bar)}$$

Ahora podemos realizar el diseño:

1.- Cálculo del espesor de carcasa (t_f)

$$t_f = \frac{P_i * r_i * 1000}{(f_{adm} * E - 0,6 * P_i)} + t_c$$

Con:

t_f = espesor de carcasa (mm)

P_i = presión interna (bar)

r_i = radio interno (m)

f_{adm} = esfuerzo admisible del material (bar)

E = coeficiente de soldadura

Reemplazando los valores de la tabla de datos:

$$t_f = \frac{0,098 * 0,23 * 1000}{(1286,07 * 0,8 - 0,6 * 0,098)} + 1$$

$$t_f = 1,02 \text{ (mm)}$$

$$t_{f,com} = 2 \text{ (mm)}$$

2.- Cabezal superior e inferior: flangeo simple

El cálculo del flangeo simple se sigue de acuerdo a la metodología mostrada en la figura 5.5 del libro Equipment design, Brownell & Young; la cual se adjunta en el anexo 2 de esta memoria.

De acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$a = \frac{d_o - 2t}{2}$$

$$b = r - \sqrt{bc^2 - ab^2}$$

$$ab = a - icr$$

$$bc = r - icr$$

$$OA = t + b + sf$$

Donde:

icr = radio interno de canto (mm)

sf = straight flange (mm)⁶¹

t = espesor de carcasa (mm)

d_o = diámetro externo carcasa (mm)

r = diámetro interno (mm)

Datos

d_o = 464 (mm)

icr = 14,2875 (mm)

sf = 38,1 (mm)

Reemplazando

$$a = \frac{464 - 2 \times 2}{2} = 230 \text{ (mm)}$$

⁶¹ Según tabla 5.4 Brownell & Young, ver anexo 2.

$$bc = 460 - 14,28 = 445,71 \text{ (mm)}$$

$$ab = 230 - 14,28 = 215,71 \text{ (mm)}$$

$$b = 460 - \sqrt{445,71^2 - 215,71^2} = 69,96 \text{ (mm)}$$

$$OA = 2 + 69,96 + 38,1 = 110 \text{ (mm)}$$

3.- Cálculo de serpentín de enfriamiento

Partiendo de:

$$Q = U_D * A * \Delta T$$

Donde:

Q = calor necesario para condensación (BTU/h)

U_D = coeficiente total de diseño (BTU/h*pie²*°F)

A = área de transferencia de calor (pie²)

ΔT = diferencia de temperatura (°F)

Y siguiendo el procedimiento del libro, Procesos de transferencia de calor, Donald Kern, capítulo 20. Más datos obtenidos del balance de energía del capítulo 6. Tenemos que:

Datos:

Q = 20703,6 (BTU/h)

$t_f = 50^\circ \text{C} = 122^\circ \text{F}$

$t_i = 18^\circ \text{C} = 64,4^\circ \text{F}$

Datos de cañería

Diámetro cañería = ½ (plg)

Material y tipo = Acero inoxidable, BWG 12

Diámetro serpentín (D_s) = 10 (plg)

Superficie por pie lineal (S_p) = 0,1309 (pie²/pie)⁶²
Peso por pie lineal (W_p) = 0,493 (lb/pie)

Con esto, y de acuerdo a la tabla 8 del apéndice del Kern (ver anexo 4), para la condición de fluido caliente una sustancia orgánica ligera y fluido frío salmuera. El valor de U_D está en el rango de 40 a 100 (BTU/h*pie²*°F). Por lo tanto, se asume valor de U_D igual a 75 (BTU/h*pie²*°F).

Entonces, reemplazando en la ecuación de transferencia de calor, se calcula el área de transferencia de calor:

$$A = \frac{Q}{U_D * \Delta T} = \frac{20703,6}{75 * (122 - 64,4)} = 4,79 \text{ (pie}^2\text{)}$$

Ahora se procede a calcular el número de vueltas del serpentín, primero se calcula la superficie por vuelta:

$$S_V = D_s * S_p * \pi$$

Donde:

S_V = superficie por vuelta (pie²)
 D_s = diámetro del serpentín (pie)
 S_p = superficie por pie (pie²/pie)

Reemplazando los datos, tenemos que:

$$S_V = \pi * \frac{10}{12} * 0,1309 = 0,34 \text{ (pie}^2\text{)}$$

Ahora, podemos calcular el número de vueltas del serpentín de acuerdo a:

⁶² Tabla 10, Procesos de transferencia de calor, Kern; Ver anexo 3.

$$n^{\circ} \text{ - vueltas} = \frac{A}{S_v} = \frac{4,79}{0,34} = 14$$

Por lo tanto, el número de vueltas requeridas para operar con el serpentín de enfriamiento, es de 14.

4.- Pesos del equipo

4.1 Peso de la carcasa⁶³

$$P_{car} = \pi * (r_{ext}^2 - r_{int}^2) * \rho_{ac} * g * h$$

Donde:

P_{car} = peso de carcasa (N)

r_{ext} = radio exterior (m)

r_{int} = radio interior (m)

ρ_{ac} = densidad del material de la carcasa (Kg/m³)

g = aceleración de gravedad (m/s²)

Reemplazando;

$$P_{car} = \pi * (0,232^2 - 0,23^2) * 7850 * 9,8 * 1 = 223,3 \text{ (N)}$$

4.2 Peso de cabezales

$$D_{eq} = D_{ext} + \left(\frac{D_{ext}}{42} \right) + 2 * sf + \frac{2}{3} * icr$$

Con:

D_{eq} = diámetro equivalente (m)

⁶³ Se decidió no calcular esfuerzos debido a que tamaño del equipo no lo ameritaba

D_{ext} = diámetro externo (m)

t_{cab} = espesor de cabezal (m)

sf = Standard straight flange: 1,5 plg,⁶⁴ ó 0,0381 (m)

lcr = inside corner radius: 9/16 plg,⁹ ó 0.0143 (m)

Reemplazando;

$$D_{eq} = (0,464) + \left(\frac{0,464}{42} \right) + 2 * 0,0381 + \frac{2}{3} * 0,0143$$

$$D_{eq} = 0,560 \text{ (m)}$$

Ahora, la masa de los cabezales queda:

$$P_{cab} = \pi * \frac{D_{eq}^2}{2} * t_{cab} * \rho_{cab} * g$$

Reemplazando;

$$P_{cab} = \pi * \frac{0,560}{2} * 2 * 10^{-3} * 7850 * 9,8$$

$$P_{cab} = 135,3 \text{ (N)}$$

4.3 Peso del fluido

Sabiendo que el volumen del equipo es 0,166 m³ y que la densidad del agua es de 1000 Kg/m³, su peso será:

$$W_f = V * \rho_{agua} = 0,166 * 1000 = 166 \text{ (Kg)}$$

$$P_f = 1628,66 \text{ (N)}$$

4.4 Peso de serpentín

⁶⁴ Según tabla 5.4 Brownell & Young, ver anexo 2.

Se debe calcular el largo del serpentín, esto es:

$$l = \pi * D_s * n^{\circ} vueltas$$

Donde:

D_s = diámetro del serpentín (pie)

l = largo del serpentín (pie)

Reemplazando lo datos:

$$l = \pi * \frac{10}{12} * 14 = 36,65 \text{ (pie)}$$

Ahora, y sabiendo que el peso por pie, para el material, es de 0,493, tenemos que:

$$P_s = 36,65 * 0,493 * 0,4536 * 9,8 = 80,32 \text{ (N)}$$

5.- Cálculo del perfil de las patas del equipo

Para seleccionar el perfil de las patas se debe cumplir que lo siguiente:

a)

$$\frac{l}{r} \leq 60$$

Con:

l = largo de patas (pulgadas)

r = radio de giro del perfil seleccionado (pulgadas)

y también,

b)

$$f_p \leq f_{acero}$$

Con:

f_{ac} = esfuerzo del acero carbono = 12750 (psi)

f_p = esfuerzo sobre las patas (psi)

Sabiendo que f_p equivale a:

$$f_p = \frac{W}{n * A}$$

Con:

W = masa total del equipo (lb)

n = número de patas (3)

A = área del perfil seleccionado (plg²)

Ahora, considerando:

$$P = \textit{peso_carcasa} + \textit{peso_serpentín} + \textit{peso_fluido} + \textit{peso_cabezales}$$

Tenemos que:

$$P = 223,3 + 1628,66 + 80,23 + 135,3 \text{ (N)}$$

$$P = 2067,6 \text{ (N)}$$

$$W = 465,1 \text{ (lb)}$$

Teniendo en cuenta lo anterior mostrado, se elige perfil del apéndice G del libro Brownell & Young, la cual se muestra en el anexo 6 de esta memoria, para así poder reemplazar los datos en las fórmulas.

Con esto, el perfil elegido es el C7, el cual tiene las siguientes características:

Perfil y tamaño nominal	Área (A) (pulg ²)	Radio de giro (r) (pulg)	Espesor de pared (pulg)
C7 6 X 2 R = 0,30	2,39	2,34	0,2

Ahora reemplazando en ecuación de esfuerzo sobre las patas, tenemos que:

$$f_p = \frac{465,1}{3 * 2,39}$$

$$f_p = 64,9 \text{ (psi)}$$

Y de acuerdo a la condición b, se cumple entonces que:

$$f_p \leq f_{acero}$$

Ya que,

$$64,9 \text{ (psi)} < 12750 \text{ (psi)}$$

Ahora, para la condición a), tenemos:

Reemplazando en la ecuación para seleccionar perfil y teniendo en cuenta que el largo de las patas es 1,5 (m) o 50,05 (plg).

$$\frac{l}{r} = \frac{50,05}{2,34} = 25,23 \leq 60$$

Por lo tanto se cumple también la condición a), así que se puede concluir que el perfil seleccionado cumple con la norma.

APENDICE 2 - D

Diseño de decantador (S-1)

1.- Cálculo volumen de equipo

Datos:

Diámetro cilindro = 0,6 (m)

Altura parte cónica (h_{con}) = 0,42 (m)

Altura parte cilíndrica (h_{cil}) = 0,21 (m)

Parte cilíndrica

$$V = \pi * \frac{d^2}{4} * h_{cil} = \pi * \frac{0,6^2}{4} * 0,21 = 0,06 \text{ (m}^3\text{)}$$

Parte cónica

$$V = \frac{\pi * d^2 * h_{con}}{12} = \frac{\pi * 0,6^2 * 0,42}{12} = 0,04 \text{ (m}^3\text{)}$$

Volumen del equipo

$$V = V_{cilíndrica} + V_{cónica} = 0,06 + 0,04 = 0,1 \text{ (m}^3\text{)}$$

2.- Cálculo de presión sobre el equipo

Parte cilíndrica

$$P = \rho * g * h$$

Con:

P = presión en parte cilíndrica (Pa)

ρ = densidad aceite de orégano (Kg/m³)

g = constante de gravedad (m/s²)

h = altura parte cilíndrica (m)

Reemplazando;

$$P = 920 * 9,8 * 0,21 = 1893,4 \text{ (Pa)}^{65}$$

$$P = 0,019 \text{ (bar)}$$

Parte cónica

$$P = \rho * g * h$$

Con:

P = presión en parte cilíndrica (Pa)

ρ = densidad del agua (Kg/m³)

g = constante de gravedad (m/s²)

h = altura parte cilíndrica (m)

Reemplazando;

$$P = 1000 * 9,8 * 0,42 = 4116 \text{ (Pa)}$$

$$P = 0,041 \text{ (bar)}$$

3.- Espesor carcasa cilíndrica

$$t_f = \frac{P * r_{int} * 1000}{(f * E - 0,6 * P)} + t_s$$

t_f = espesor de carcasa (mm)

P = presión en el equipo (bar)

r_i = radio interno (m)

f_{adm} = esfuerzo admisible del material⁶⁶ (bar)

E = coeficiente de soldadura

t_s = espesor de corrosión = 1 (mm)

Reemplazando;

⁶⁵ (Pa)/100000 implica (bar)

⁶⁶ Se usan mismas condiciones de material que para apéndice 2 - E

$$t_f = \frac{0,019 * 0,3 * 1000}{(1286,07 * 0,8 - 0,6 * 0,0206)} + 1$$

$$t_f = 1,006 \text{ (mm)}$$

$$t_{f \text{ comercial}} = 2 \text{ (mm)}^{67}$$

4.- Cabezal superior: flangeo simple

Según figura 5.4, mostrada en anexo 2 de esta memoria, se tiene que:

Para $t < 3/16$ pulgadas:

$$l_{cr} = 9/16 \text{ (plg)} = 14,2875 \text{ (mm)}$$

$$S_f = 1,5 \text{ (plg)} = 38,1 \text{ (mm)}$$

Reemplazando en fórmulas de figura 5.5, del anexo 2 de esta memoria, se tiene que;

$$a = \frac{600}{2} = 300 \text{ (mm)}$$

$$bc = 600 - 14,2875 = 585,7125 \text{ (mm)}$$

$$ab = 300 - 14,2875 = 285,7125 \text{ (mm)}$$

$$b = 600 - \sqrt{585,7125^2 - 285,7125^2} = 88,7 \text{ (mm)}$$

$$OA = 2 + 88,7 + 38,1 = 128,8 \text{ (mm)}$$

5.- Espesor parte cónica (cono 60°)

⁶⁷ Se opta por 2 (mm), para mayor seguridad.

$$t_f = \frac{P * r_{int} * 1000}{\cos(\sigma) * (f * E - 0,6 * P)} + t_s$$

Con:

t_f = espesor de carcasa (mm)

P = presión en el equipo parte cónica (bar)

r_i = radio interno (m)

f_{adm} = esfuerzo admisible del material (bar)

E = coeficiente de soldadura

σ = mitad del ángulo de elevación (30°)

t_s = espesor de corrosión = 1 (mm)

Reemplazando;

$$t_f = \frac{0,041 * 0,3 * 1000}{\cos(30) * (1286,07 * 0,8 - 0,6 * 0,038)} + 1$$

$$t_f = 1,012 \text{ (mm)}$$

$$t_{f,comercial} = 2 \text{ (mm)}$$

6.- Esfuerzo parte cónica⁶⁸

$$f = \frac{P * r_i}{t_f * \cos(\sigma)}$$

Con:

f = esfuerzo parte cónica (bar)

r_i = radio interno (m)

t_f = espesor carcasa (m)

σ = mitad ángulo de elevación (30°)

Reemplazando;

⁶⁸ Equipo no necesita anillo de compresión en unión cilindro-cono, ya que equipo es pequeño

$$f = \frac{0,041 * 0,3}{0,002 * \cos(30^\circ)} = 7,10 \text{ (bar)}$$

Ya que,

$1286,07 * 0,8 \geq 7,10$ (bar), se puede decir que la parte cónica resiste con los espesores diseñados

7.- Patas para vaso decantador

Cálculo del perfil de las patas del estanque

Para seleccionar el perfil de las patas se debe cumplir que lo siguiente:

- (a)

$$\frac{l}{r} \leq 60$$

Con:

l = largo de patas (pulgadas)

r = radio de giro del perfil seleccionado (pulgadas)

y también,

- (b)

$$f_p \leq f_{acero}$$

Con:

f_{ac} = esfuerzo del acero carbono = 12750 (psi)

f_p = esfuerzo sobre las patas (psi)

Sabiendo que f_p equivale a:

$$f_p = \frac{W}{n * A}$$

Con:

W = masa total del equipo (lb)

n = número de patas (3)

A = área del perfil seleccionado (plg^2)

Ahora, considerando:

$$W = \text{masa}_{\text{carcasa}_{\text{cil}}} + \text{masa}_{\text{carcasa}_{\text{con}}} + \text{masa}_{\text{fluido}} + \text{masa}_{\text{cabezal}}$$

7.1.- Masa carcasa

$$P_{car} = \pi * (r_{ext}^2 - r_{int}^2) * \rho_{ac} * g * h$$

Con:

P_{car} = peso de carcasa (N)

r_{ext} = radio exterior (m)

r_{int} = radio interior (m)

ρ_{ac} = densidad del material de la carcasa (Kg/m^3)

g = aceleración de gravedad (m/s^2)

h = altura del cilindro (m)

Reemplazando;

$$P_{car} = \pi * (0,302^2 - 0,3^2) * 7850 * 9,8 * 0,21$$

$$P_{cil} = 61,1 \text{ (N)}$$

$$W_{cil} = 13,74 \text{ (lb)}$$

7.2.- Masa cono

$$W_{cono} = V * \rho$$

Con;

W_{cono} = masa del cono (Kg)

V = volumen parte cónica (m³)

ρ = densidad material (Kg/m³), igual a 7850 (Kg/m³)

Ahora, el volumen del cono será;

$$V = \frac{\pi * (r_{ext} - r_{int}) * h}{3}$$

Con:

V = volumen parte cónica (m³)

r_{ext} = radio externo parte cónica (m)

r_{int} = radio interno parte cónica (m)

h = altura del equipo (m)

Reemplazando;

$$V = \frac{\pi * (0,302^2 - 0,3^2) * 0,42}{3} = 0,00053 \text{ (m}^3\text{)}$$

Con esto la masa de la parte cónica queda:

$$W_{cono} = 0,00053 * 7850 = 4,15 \text{ (Kg)}$$

$$W_{cono} = 9,15 \text{ (lb)}$$

7.3 Masa cabezal superior

$$D_{eq} = D_{ext} + \left(\frac{D_{ext}}{42} \right) + 2 * sf + \frac{2}{3} * icr$$

Con:

D_{eq} = diámetro equivalente (m)

D_{ext} = diámetro externo (m)

t_{cab} = espesor de cabezal (m)

sf = Standard straight flange: 1,5 plg,⁶⁹ ó 0,0381 (m)

lcr = inside corner radius: 9/16 plg,⁹ ó 0.0143 (m)

Reemplazando;

$$D_{eq} = (0,604) + \left(\frac{0,604}{42} \right) + 2 * 0,0381 + \frac{2}{3} * 0,0143$$

$$D_{eq} = 0,704 \text{ (m)}$$

Ahora, el peso de los cabezales queda:

$$P_{cab} = \pi * \frac{D_{eq}^2}{4} * t_{cab} * \rho_{cab} * g$$

Reemplazando;

$$P_{cab} = \pi * \frac{0,704^2}{4} * 2x10^{-3} * 7850 * 9,8$$

$$P_{cab} = 59,89 \text{ (N)}$$

$$W_{cab} = 13,47 \text{ (lb)}$$

⁶⁹ Según tabla 5.4 Brownell & Young, ver anexo 2.

7.4 Masa líquido cilindro

$$W_{fluido} = V_{cil} * \rho$$

Donde:

W_{fluido} = masa del aceite de orégano en parte equipo (Kg)

V = volumen del cilindro (m³)

ρ = densidad del aceite esencial (Kg/m³), igual a 920 (Kg/m³)

Reemplazando;

$$W_{aceite} = 0,06 * 920 = 55,2 \text{ (Kg)}$$

$$W_{aceite} = 121,7 \text{ (lb)}$$

7.5 Masa líquido del cono

$$W_{fluido} = V_{con} * \rho$$

Donde:

W_{fluido} = masa del agua en parte equipo (Kg)

V = volumen del cono (m³)

ρ = densidad del agua (Kg/m³), igual a 1000 (Kg/m³)

Reemplazando;

$$W_{fluido} = 0,04 * 1000 = 40 \text{ (Kg)}$$

$$W_{fluido} = 88,2 \text{ (lb)}$$

Entonces, al calcular las respectivas masas, tenemos que:

$$W = 13,74 + 9,15 + 121,7 + 88,2 + 13,47 \text{ (lb)}$$

$$W = 246,3 \text{ (lb)}$$

Teniendo en cuenta lo anterior mostrado, se elige perfil del apéndice G del libro Brownell & Young, la cual se muestra en el anexo 6 de esta memoria, para poder reemplazar los datos en las fórmulas.

Con esto el perfil elegido es el C9, el cual tiene las siguientes características

Perfil y tamaño nominal	Área (A) (pulg ²)	Radio de giro (r) (pulg)	Espesor de pared (pulg)
C9 4 X 1 5/8 R = 0,28	1,56	1,56	0,18

Ahora reemplazando en ecuación en la ecuación de esfuerzo sobre las patas, tenemos que:

$$f_p = \frac{246,3}{3 * 1,56}$$

$$f_p = 52,6 \text{ (psi)}$$

Y de acuerdo a la condición (b), se cumple entonces que:

$$f_p \leq f_{acero}$$

Ya que,

$$52,6 \text{ (psi)} < 12750 \text{ (psi)}$$

Ahora, para la condición (a), tenemos:

Reemplazando en la ecuación y teniendo en cuenta que el largo de las patas es 1 (m) o 39,37 (plg).

$$\frac{l}{r} = \frac{39,37}{1,56} = 25,23 \leq 60$$

Por lo tanto se cumple también la condición (a), así que se puede concluir que el perfil seleccionado cumple con la norma.

Diseño de estanque de almacenamiento de producto final (T-1)

1.- Cálculo del volumen del equipo

$$V = \pi * \frac{D^2}{4} * h$$

Con:

V = volumen equipo de almacenamiento aceite esencial (m³)

D = diámetro del equipo (m)

h = altura del equipo (m)

Sabiendo que el diámetro del estanque es de 0,4 (m) y la altura es 0,7 (m), al reemplazar en la ecuación anterior tenemos que:

$$V = \pi * \frac{0,4^2}{4} * 0,7 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$V = 0,088 \text{ (m}^3\text{)}$$

2.- Cálculo de la presión en el equipo

$$P = \rho * g * h$$

Con:

P = presión en el equipo (Pa)

ρ = densidad aceite esencial (Kg/m³), 920 (Kg/m³)

g = constante de gravedad (m/s²)

h = altura equipo (m)

Reemplazando;

$$P = 920 * 9,8 * 0,7 = 6311 \text{ (Pa)}$$

$$P = 0,063 \text{ (bar)}$$

3.- Espesor carcasa

$$t_f = \frac{P * r_{int} * 1000}{(f * E - 0,6 * P)} + t_s$$

t_f = espesor de carcasa (mm)

P = presión en el equipo (bar)

r_i = radio interno equipo (m)

f_{adm} = esfuerzo admisible del material (bar)

E = coeficiente de soldadura (0,8)

t_s = espesor de corrosión = 1 (mm)

Reemplazando;

$$t_f = \frac{0,063 * 0,2 * 1000}{(1286,07 * 0,8 - 0,6 * 0,063)} + 1$$

$$t_f = 1,012 \text{ (mm)}$$

$$t_{f,comercial} = 2 \text{ (mm)}$$

4.- Cabezal superior e inferior, ambos flangeo simple

Según figura 5.4, mostrada en anexo 2 de esta memoria, se tiene que:

Para $t < 3/16$ pulgadas:

$$l_{cr} = 9/16 \text{ (plg)} = 14,2875 \text{ (mm)}$$

$$S_f = 1,5 \text{ (plg)} = 38,1 \text{ (mm)}$$

Reemplazando en fórmulas de figura 5.5, del anexo 2 de esta memoria, se tiene que;

$$a = \frac{0,4}{2} = 0,20 \text{ (m)}$$

$$bc = 400 - 14,2875 = 385,7125 \text{ (mm)}$$

$$ab = 200 - 14,2875 = 185,7125 \text{ (mm)}$$

$$b = 400 - \sqrt{385,7125^2 - 185,7125^2} = 61,94 \text{ (mm)}$$

$$OA = 2 + 61,94 + 38,1 = 102,04 \text{ (mm)}$$

5.- Cálculo de pesos en el equipo

5.1.- Peso de la carcasa⁷⁰

$$P_{car} = \pi * (r_{ext}^2 - r_{int}^2) * \rho_{ac} * g * h$$

Donde:

P_{car} = peso de carcasa (N)

r_{ext} = radio exterior (m)

r_{int} = radio interior (m)

ρ_{ac} = densidad del material de la carcasa (Kg/m³)

g = aceleración de gravedad (m/s²)

Reemplazando;

$$P_{car} = \pi * (0,202^2 - 0,2^2) * 7850 * 9,8 * 0,7$$

$$P_{car} = 136 \text{ (N)}$$

5.2 Masa cabezales

⁷⁰ Se decidió no calcular esfuerzos debido a que tamaño del equipo no lo ameritaba

$$D_{eq} = D_{ext} + \left(\frac{D_{ext}}{42} \right) + 2 * sf + \frac{2}{3} * icr$$

Con:

D_{eq} = diámetro equivalente (m)

D_{ext} = diámetro externo (m)

t_{cab} = espesor de cabezal (m)

sf = Standard straight flange: 1,5 plg,⁷¹ ó 0,0381 (m)

lcr = inside corner radius: 9/16 plg,⁹ ó 0.0143 (m)

Reemplazando;

$$D_{eq} = (0,404) + \left(\frac{0,404}{42} \right) + 2 * 0,0381 + \frac{2}{3} * 0,0143$$

$$D_{eq} = 0,5 \text{ (m)}$$

Ahora, el peso de los cabezales queda:

$$P_{cab} = \pi * \frac{D_{eq}^2}{2} * t_{cab} * \rho_{cab} * g$$

Reemplazando;

$$P_{cab} = \pi * \frac{0,5^2}{2} * 2 * 10^{-3} * 7850 * 9,8$$

$$P_{cab} = 60,42 \text{ (N)}$$

5.3 Peso del fluido

⁷¹ Según tabla 5.4 Brownell & Young, ver anexo 2.

Sabiendo que el volumen del equipo es 0,088 m³ y que la densidad del aceite de orégano es de 920 Kg/m³, su peso será:

$$W_f = V * \rho_{agua} = 0,088 * 920 = 80,96 \text{ (Kg)}$$

$$P_f = 793,4 \text{ (N)}$$

5.4 Peso total en el equipo

Corresponde a la suma del peso de la carcasa más el peso de los cabezales, más el peso del fluido.

$$P_{total} = P_{car} + P_f + P_{cab} = 136 + 793,4 + 60,42 = 989,8 \text{ (N)}$$

$$W_{total} = 222,7 \text{ (lb)}$$

6.- Patas para vaso decantador

Cálculo del perfil de las patas del estanque

Para seleccionar el perfil de las patas se debe cumplir que lo siguiente:

- (a)

$$\frac{l}{r} \leq 60$$

Con:

l = largo de patas (pulgadas)

r = radio de giro del perfil seleccionado (pulgadas)

y también,

- (b)

$$f_p \leq f_{acero}$$

Con:

f_{ac} = esfuerzo del acero carbono = 12750 (psi)

f_p = esfuerzo sobre las patas (psi)

Sabiendo que f_p equivale a:

$$f_p = \frac{W}{n * A}$$

Con:

W = masa total del equipo (lb)

n = número de patas (3)

A = área del perfil seleccionado (pulg²)

Teniendo en cuenta lo anterior mostrado, se elige perfil del apéndice G del Brownell & Young, la cual se muestra en el anexo 6 de esta memoria, para poder reemplazar los datos en las fórmulas.

Con esto el perfil elegido es el C9, el cual tiene las siguientes características

Perfil y tamaño nominal	Área (A) (pulg ²)	Radio de giro (r) (pulg)	Espesor de pared (pulg)
C9 4 X 1 5/8 R = 0,28	1,56	1,56	0,18

Ahora reemplazando en ecuación en la ecuación de esfuerzo sobre las patas, tenemos que:

$$f_p = \frac{222,7}{3 * 1,56}$$

$$f_p = 47,6 \text{ (psi)}$$

Y de acuerdo a la condición (b), se cumple entonces que:

$$f_p \leq f_{acero}$$

Ya que,

$$47,6 \text{ (psi)} < 12750 \text{ (psi)}$$

Ahora, para la condición (a), tenemos:

Reemplazando en la ecuación y teniendo en cuenta que el largo de las patas es 0,5 (m) o 19,69 (plg).

$$\frac{l}{r} = \frac{19,69}{1,56} = 12,61 \leq 60$$

Por lo tanto se cumple también la condición (a), así que se puede concluir que el perfil seleccionado cumple con la norma.

APENDICE 2 – F

Cálculo volumen resina catiónica

Para el cálculo del volumen necesario de resina catiónica para el ablandador de agua de caldera se sigue la siguiente metodología:

1. Cálculo de dureza de resina

Suponiendo dureza agua como 500 ppm, se tiene que la dureza de la resina en el sistema inglés es:

$$d = \frac{500}{17,1} = 29,24 \text{ (gpg)}^{72}$$

2. Cálculo potencia de caldera

Según balance de energía y teniendo en cuenta las conversiones tenemos que:

$$P = \frac{Q}{\lambda * 15,66}$$

Con:

P = potencia de caldera en HP

Q= calor necesario para operación, tabla N° 18 (Kcal/h)

λ = calor de ebullición a temperatura de operación (100° C), (Kcal)

Reemplazando los datos⁷³;

$$P = \frac{24229,29}{543,6 * 15,66} = 2,85 \text{ (HP)}$$

Con este dato se procede a seleccionar la caldera requerida para el proceso de obtención de aceite esencial de orégano.

3. Cálculo del máximo de litros por hora de agua de relleno

⁷² Granos por galón

⁷³ Ver apéndice de balance de energía

$$L = P * 16 = 45,6 \text{ (l/h de relleno)}$$

4. Cálculo de la cantidad de condensado regresado al sistema y cálculo del requerimiento neto de agua de relleno.

Debido a las características de la resina el condensado regresado debe ser el 50% de los litros de agua de relleno por hora, o sea:

$$45,6 * 0,5 = 22,8 \text{ (Litros de relleno neto por hora)}$$

5. Cálculo de los requerimientos totales diarios de relleno

$$22,8 * 3 = 68,4 \text{ (l/día)}$$

6. Cálculo de los gramos de CaCO_3 de dureza que deberán ser removidos diariamente

Corresponde a los litros de relleno diario por la dureza del agua, por lo tanto:

$$\text{gramos_dureza} = 68,4(l) * 0,5(g/l) = 34,2 \text{ gramos deben ser removidos}$$

Teniendo un margen de error de un 15%, tenemos:

$$34,2 * 1,15 = 39,33 \text{ (g dureza/agua*día)}$$

7. Determinar la capacidad y tamaño de estanque

Según los requerimientos de agua tratada para el sistema, se necesitan 45,6 (Kg/h) de agua tratada, o 0,2 gpm. Esto implica un tamaño de equipo muy pequeño, es por esto, que para facilitar los cálculos se optó por un equipo de tamaño Standard, para así también regenerar la resina después de un período de tiempo prolongado.

Teniendo en cuenta lo anterior y viendo la siguiente tabla:

0.75 pie³	– 8" x 44"
1.0 pie³	– 9" x 48"
1.5 pie³	– 10" x 54"
2.0 pie³	– 12" x 52"
2.5 pie³	– 13" x 54"
3.0 pie³	– 14" x 65"
4.0 pie³	– 16" x 65"
5.0 pie³	– 18" x 65"
7.0 pie³	– 21" x 62"
10.0 pie³	– 24" x 65"
15.0 pie³	– 30" x 72"
20.0 pie³	– 36" x 72"
30.0 pie³	– 42" x 72"
40.0 pie³	– 48" x 72"

Se elige un estanque que contenga 2 pie³ de resina y con las siguientes dimensiones⁷⁴:

Diámetro = 12 (plg) = 0,3048 (m)

Altura = 44 (plg) = 1,32 (m)

8. Cálculo de regeneraciones por día

Se determina la capacidad de la resina usando la siguiente tabla:

Libras de sal x pie³ resina	Capacidad en granos/pie³ de resina
4.5	17,500
6.0	20,000
8.5	24,000
10.0	26,000
12.0	28,000
15.0	30,000

Entonces, ya que, en el estanque hay 2 pie³ de resina, la capacidad máxima de la resina es 60000 (2*30000) granos.

⁷⁴ Ver diseño mecánico del equipo en apéndice 2 – G.

Ahora para determinar el volumen de agua entre regeneraciones, tenemos:

$$V_{ar} = \frac{\text{granos}}{\text{dureza}_{\text{compensada}}}$$

Sabiendo que dureza compensada es igual a dureza*1,2; reemplazando tenemos:

$$V_{ar} = \frac{60000}{1,2 * 29,24} = 1710 \text{ (galones)}$$

Ahora el tiempo entre regeneraciones es:

$$t = \frac{V_{ar}}{V_{agua}} = \frac{1710 * 3,78}{68,4} = 94,6 \text{ (días)}$$

Diseño estanque ablandador (T-2)

Las características del material del ablandador son:

Acero SA-167 grado 11, tipo 316.
Composición nominal 18Cr – 10Ni – 2Mo
Esfuerzo admisible a 212° F de 18648 psi⁷⁵.

Los datos para el diseño, se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1
Datos para diseño mecánico de estanque ablandador

Característica	Abreviación	Valor
Diámetro interno	D_i	0,30 (m)
Altura	H	1,32 (m)
Radio interno	r_i	0,15 (m)
Densidad acero inox	ρ_{ac}	7850 (Kg/m ³)
Coefficiente de soldadura	E	0,8
Esfuerzo admisible del material	f_{adm}	18648 (psi) ó 1286,07 (bar)
Gravedad	G	9,8 (m/s ²)
Espesor de corrosión	t_c	1 (mm)
Densidad agua	ρ_{agua}	1000 (Kg/m ³)
Densidad resina	ρ_{resina}	820 (Kg/m ³)

Antes del diseño se debe calcular la presión con que trabaja el equipo, para esto tenemos que:

$$P_{equipo} = P_{agua} + P_{resina}$$

Ahora

$$P_{agua} = \rho_{agua} * g * h$$

P = presión que provoca el agua al fondo (Pa)
 ρ = densidad del agua (Kg/m³)

⁷⁵ Valor obtenido del apéndice D, Brownell &Young.

g = aceleración de gravedad (m/s^2)
 h = altura que ocupa en el equipo (m)

Reemplazando los datos⁷⁶, tenemos que:

$$P = 1000 * 9,8 * 0,54 = 5292 \text{ (Pa)}$$

$$P = 0,053 \text{ (bar)}$$

Y también,

$$P_{resina} = \rho_{resina} * g * h$$

P = presión que provoca la resina al fondo (Pa)
 ρ = densidad de la resina (Kg/m^3)
 g = aceleración de gravedad (m/s^2)
 h = altura que ocupa en el equipo (m)

Reemplazando los datos, tenemos que:

$$P = 820 * 9,8 * 0,77 = 6188 \text{ (Pa)}$$

$$P = 0,062 \text{ (bar)}$$

La presión en el equipo es:

$$P_{equipo} = 0,053 + 0,062 = 0,115 \text{ (bar)}$$

Con esto, podemos seguir el procedimiento de cálculo de bibliografía para el diseño mecánico del equipo:

1.- Cálculo del espesor de carcasa (t_f)

$$t_f = \frac{P_i * r_i * 1000}{(f_{adm} * E - 0,6 * P_i)} + t_c$$

Con:

⁷⁶ 1 bar = 10^5 Pa

t_f = espesor de carcasa (mm)

P_i = presión interna (bar)

r_i = radio interno (m)

f_{adm} = esfuerzo admisible del material (bar)

E = coeficiente de soldadura

Reemplazando los datos:

$$t_f = \frac{0,115 * 0,15 * 1000}{(1286,07 * 0,8 - 0,6 * 0,115)} + 1$$

$$t_f = 1,02 \text{ (mm)}$$

$$t_{f,com} = 2 \text{ (mm)}$$

2.- Cálculo de cabezales superior e inferior, flangeo simple

El cálculo del flangeo simple se sigue de acuerdo a la metodología mostrada en la figura 5.5 del Brownell & Young; la cual se adjunta en el anexo 2 de esta memoria.

De acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$a = \frac{d_o - 2t}{2}$$

$$b = r - \sqrt{bc^2 - ab^2}$$

$$ab = a - icr$$

$$bc = r - icr$$

$$OA = t + b + sf$$

Donde:

l_{cr} = radio interno de canto (mm)

sf = straight flange (mm)⁷⁷

t = espesor de carcasa (mm)

d_o = diámetro externo carcasa (mm)

r = diámetro interno (mm)

Datos

$d_o = 304$ (mm)

$l_{cr} = 14,2875$ (mm)

$sf = 38,1$ (mm)

Reemplazando

$$a = \frac{304 - 2 \times 2}{2} = 150 \text{ (mm)}$$

$$bc = 300 - 14,2875 = 285,71 \text{ (mm)}$$

$$ab = 150 - 14,2875 = 135,71 \text{ (mm)}$$

$$b = 300 - \sqrt{285,71^2 - 135,71^2} = 48,58 \text{ (mm)}$$

$$OA = 2 + 48,58 + 38,1 = 88,7 \text{ (mm)}$$

2.1 Cálculo de diámetro equivalente

⁷⁷ Según tabla 5.4 Brownell & Young, ver anexo 2.

$$D_{eq} = D_{ext} + \left(\frac{D_{ext}}{42} \right) + 2 * sf + \frac{2}{3} * icr$$

Con:

D_{eq} = diámetro equivalente (m)

D_{ext} = diámetro externo (m)

t_{cab} = espesor de cabezal (m)

sf = Standard straight flange: 1,5 plg,⁷⁸ ó 0,0381 (m)

lcr = inside corner radius: 9/16 plg,⁹ ó 0.0143 (m)

Reemplazando;

$$D_{eq} = (0,304) + \left(\frac{0,304}{42} \right) + 2 * 0,0381 + \frac{2}{3} * 0,0143$$

$$D_{eq} = 0,397 \text{ (m)}$$

2.2 Cálculo de peso de cabezales

$$P_{cab} = \pi * \frac{D_{eq}^2}{2} * t_{cab} * \rho_{cab} * g$$

Con:

D_{eq} = diámetro equivalente (m)

t_{cab} = espesor de cabezal (m)

ρ_{cab} = densidad material de cabezal (Kg/m³)

g = aceleración de gravedad (m/s²)

Reemplazando;

⁷⁸ Según tabla 5.4 Brownell & Young, ver anexo 2.

$$P_{cab} = \pi * \frac{0,397^2}{2} * 2 \times 10^{-3} * 7850 * 9,8$$

$$P_{cab} = 38,1 \text{ (N)}$$

3. Peso de carcasa⁷⁹

$$P_{car} = \pi * (r_{ext}^2 - r_{int}^2) * \rho_{ac} * g * h$$

Con:

P_{car} = peso de carcasa (N)

r_{ext} = radio exterior (m)

r_{int} = radio interior (m)

ρ_{ac} = densidad del material de la carcasa (Kg/m³)

g = aceleración de gravedad (m/s²)

Reemplazando;

$$P_{car} = \pi * (0,152^2 - 0,15^2) * 7850 * 9,8 * 1$$

$$P_{car} = 146 \text{ (N)}$$

4. Otros pesos del equipo

4.1 Handhole

Según procedimiento del capítulo 9 del Brownell & Young, se elige el handhole con las siguientes dimensiones:

Tabla 2

⁷⁹ Se decidió no calcular esfuerzos debido a que tamaño del equipo no lo ameritaba

Dimensiones manhole superior e inferior

Espesor carcasa (plg)	D _i manhole (plg)	D de la tapa (plg)	t de la tapa (plg)
¼	16	16,75	¼

Características de la tapa

Material: Acero carbono SA-53 grado B, esfuerzo admisible de 897,08 (bar).

Cálculo de espesor de la tapa

$$t_t = D * \sqrt{\frac{c * P_i}{f_t * 100}} + t_c$$

Donde:

D = diámetro de la tapa (plg)

c = constante obtenida del apéndice H, de libro B & Y, igual a 0,162

f_t = esfuerzo admisible material de tapa (bar)

P_i = presión interna (bar)

t_c = espesor de corrosión (mm)

Reemplazando los valores, tenemos que:

$$t_t = 16,75 * \sqrt{\frac{0,162 * 0,115}{879,08 * 100}} + \frac{1}{25,4}$$

$$t_t = 0,047(\text{plg}) = 1,19 \text{ (mm)}$$

$$t_{t,com} = 2 \text{ (mm)}$$

4.2 Peso muerto por accesorios

El peso accesorios, que incluye handhole, con su nozzle y flange, y cuatro nozzles y cuatro flanges de instrumentación, se considera como el 18% de la masa de la carcasa, según capítulo 9 del libro Equipment Design, Brownell & Young, página 157. Por lo tanto, nos queda que:

$$P_{acc} = 0,18 * P_{car} = 0,18 * 146 = 26,3 \text{ (N)}$$

4.3 Peso de resina catiónica

Corresponde al peso de la resina usada para el intercambio iónico, el cual corresponde a:

$$W_{res} = V_{res} * \rho_{res}$$

Con:

W_f = masa de la resina (Kg)

V_{res} = volumen de ocupa resina en estanque (m^3)

ρ_{res} = densidad de la resina (Kg/m^3)

Reemplazando los datos, tenemos que:

$$W_{res} = 0,056 * 820 = 45,9 \text{ (Kg)}$$

$$P_{res} = 450 \text{ (N)}$$

4.4 Peso del fluido

Sabiendo que el volumen del equipo es $0,09637 m^3$ y que la densidad del agua es de $1000 Kg/m^3$, su peso será:

$$W_f = V * \rho_{agua} = 0,09637 * 1000 = 96,37 \text{ (Kg)}$$

$$P_f = 944,4 \text{ (N)}$$

4.4 Total pesos del equipo

De acuerdo a los esfuerzos calculados anteriormente, tenemos:

$$P = (P_{car} + P_{acc} + P_{agua} + P_{res} + P_{cab})$$

Reemplazando los pesos, tenemos:

$$P = (146 + 26,3 + 944,4 + 450 + 38,1)$$

$$W = 1604,8 \text{ (N)}$$

$$W = 361 \text{ (lb)}$$

5. Cálculo del perfil de las patas del estanque

Para seleccionar el perfil de las patas se debe cumplir que lo siguiente:

a)

$$\frac{l}{r} \leq 60$$

Con:

l = largo de patas (pulgadas)

r = radio de giro del perfil seleccionado (pulgadas)

y también,

b)

$$f_p \leq f_{acero}$$

Con:

f_{ac} = esfuerzo del acero carbono = 12750 (psi)

f_p = esfuerzo sobre las patas (psi)

Sabiendo que f_p equivale a:

$$f_p = \frac{W}{n * A}$$

Con:

W = masa total del equipo (lb)

n = número de patas (3)

A = área del perfil seleccionado (plg²)

Teniendo en cuenta lo anterior mostrado, se elige perfil del apéndice G del libro Brownell & Young, la cual se muestra en el anexo 6 de esta memoria, para poder reemplazar los datos en las fórmulas.

Con esto el perfil elegido es el C6, el cual tiene las siguientes características

Perfil y tamaño nominal	Área (A) (pulg ²)	Radio de giro (r) (pulg)	Espesor de pared (pulg)
C6 7 X 2 1/8 R = 0,25	2,85	2,72	0,2

Ahora reemplazando en ecuación de esfuerzo sobre las patas, tenemos que:

$$f_p = \frac{361}{3 * 2,85}$$

$$f_p = 42,2 \text{ (psi)}$$

Y de acuerdo a la condición b, se cumple entonces que:

$$f_p \leq f_{acero}$$

Ya que,

$$42,2 \text{ (psi)} < 12750 \text{ (psi)}$$

Ahora, para la condición a), tenemos:

Reemplazando en la ecuación para seleccionar perfil y teniendo en cuenta que el largo de las patas es 1 (m) o 39,37 (plg).

$$\frac{l}{r} = \frac{39,37}{2,72} = 14,47 \leq 60$$

Por lo tanto se cumple también la condición a), así que se puede concluir que el perfil seleccionado cumple con la norma.

APENDICE 2 - H

Diseño de estanque pulmón de agua tratada para caldera⁸⁰ (T-3)

1.- Cálculo del volumen del equipo

$$V = \pi * \frac{D^2}{4} * h$$

Con:

V = volumen estanque pulmón (m³)

D = diámetro del equipo (m)

h = altura del equipo (m)

Sabiendo que el diámetro del estanque es de 0,7 (m) y la altura es 1,5 (m), al reemplazar en la ecuación anterior tenemos que:

$$V = \pi * \frac{0,7^2}{4} * 1,5 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$V = 0,577 \text{ (m}^3\text{)}$$

2.- Cálculo de la presión en el equipo

$$P = \rho * g * h$$

Con:

P = presión en el equipo (Pa)

ρ = densidad del agua (Kg/m³), 1000 (Kg/m³)

g = constante de gravedad (m/s²)

h = altura equipo (m)

Reemplazando;

⁸⁰ Este se utiliza cuando se regenera resina de ablandador de agua para caldera

$$P = 1000 * 9,8 * 1,5 = 14700 \text{ (Pa)}$$

$$P = 0,147 \text{ (bar)}$$

3.- Espesor carcasa

$$t_f = \frac{P * r_{int} * 1000}{(f * E - 0,6 * P)} + t_s$$

t_f = espesor de carcasa (mm)

P = presión en el equipo (bar)

r_i = radio interno equipo (m)

f_{adm} = esfuerzo admisible del material (bar)

E = coeficiente de soldadura (0,8)

t_s = espesor de corrosión = 1 (mm)

Reemplazando;

$$t_f = \frac{0,147 * 0,35 * 1000}{(1286,07 * 0,8 - 0,6 * 0,147)} + 1$$

$$t_f = 1,05 \text{ (mm)}$$

$$t_{f,comercial} = 2 \text{ (mm)}$$

4.- Cabezal superior e inferior, ambos flangeo simple

Según figura 5.4, mostrada en anexo 2 de esta memoria, se tiene que:

Para $t < 3/16$ pulgadas:

$$l_{cr} = 9/16 \text{ (plg)} = 14,2875 \text{ (mm)}$$

$$S_f = 1,5 \text{ (plg)} = 38,1 \text{ (mm)}$$

Reemplazando en fórmulas de figura 5.5, del anexo 2 de esta memoria, se tiene que;

$$a = \frac{0,7}{2} = 0,35 \text{ (m)}$$

$$bc = 700 - 14,2875 = 685,7125 \text{ (mm)}$$

$$ab = 350 - 14,2875 = 335,7125 \text{ (mm)}$$

$$b = 700 - \sqrt{685,7125^2 - 335,7125^2} = 102,09 \text{ (mm)}$$

$$OA = 2 + 102,09 + 38,1 = 142,19 \text{ (mm)}$$

5.- Cálculo de pesos en el equipo

5.1.- Peso de la carcasa⁸¹

$$P_{car} = \pi * (r_{ext}^2 - r_{int}^2) * \rho_{ac} * g * h$$

Donde:

P_{car} = peso de carcasa (N)

r_{ext} = radio exterior (m)

r_{int} = radio interior (m)

ρ_{ac} = densidad del material de la carcasa (Kg/m^3)

g = aceleración de gravedad (m/s^2)

Reemplazando;

$$P_{car} = \pi * (0,352^2 - 0,35^2) * 7850 * 9,8 * 1,5$$

$$P_{car} = 509 \text{ (N)}$$

⁸¹ Se decidió no calcular esfuerzos debido a que tamaño del equipo no lo ameritaba

5.3 Masa cabezales

$$D_{eq} = D_{ext} + \left(\frac{D_{ext}}{42} \right) + 2 * sf + \frac{2}{3} * icr$$

Con:

D_{eq} = diámetro equivalente (m)

D_{ext} = diámetro externo (m)

t_{cab} = espesor de cabezal (m)

sf = Standard straight flange: 1,5 plg,⁸² ó 0,0381 (m)

icr = inside corner radius: 9/16 plg,⁹ ó 0.0143 (m)

Reemplazando;

$$D_{eq} = (0,704) + \left(\frac{0,704}{42} \right) + 2 * 0,0381 + \frac{2}{3} * 0,0143$$

$$D_{eq} = 0,806 \text{ (m)}$$

Ahora, la masa de los cabezales queda:

$$P_{cab} = \pi * \frac{D_{eq}^2}{2} * t_{cab} * \rho_{cab} * g$$

Reemplazando;

$$P_{cab} = \pi * \frac{0,806^2}{2} * 2 \times 10^{-3} * 7850 * 9,8$$

$$P_{cab} = 157 \text{ (N)}$$

⁸² Según tabla 5.4 Brownell & Young, ver anexo 2.

5.3 Peso del fluido

Sabiendo que el volumen del equipo es $0,577 \text{ m}^3$ y que la densidad del aceite de orégano es de 920 Kg/m^3 , su peso será:

$$W_f = V * \rho_{\text{agua}} = 0,577 * 1000 = 577 \text{ (Kg)}$$

$$P_f = 5654,6 \text{ (N)}$$

5.4 Peso total en el equipo

Corresponde a la suma del peso de la carcasa más el peso de los cabezales, más el peso del fluido.

$$P_{\text{total}} = P_{\text{car}} + P_f + P_{\text{cab}} = 509 + 5654,6 + 157 = 6320,6 \text{ (N)}$$

$$W_{\text{total}} = 1421,9 \text{ (lb)}$$

6.- Patas para estanque pulmón

Cálculo del perfil de las patas del estanque

Para seleccionar el perfil de las patas se debe cumplir que lo siguiente:

- (a)

$$\frac{l}{r} \leq 60$$

Con:

l = largo de patas (pulgadas)

r = radio de giro del perfil seleccionado (pulgadas)

y también,

- (b)

$$f_p \leq f_{acero}$$

Con:

f_{ac} = esfuerzo del acero carbono = 12750 (psi)

f_p = esfuerzo sobre las patas (psi)

Sabiendo que f_p equivale a:

$$f_p = \frac{W}{n * A}$$

Con:

W = masa total del equipo (lb)

n = número de patas (3)

A = área del perfil seleccionado (plg²)

Teniendo en cuenta lo anterior mostrado, se elige perfil del apéndice G del libro Brownell & Young, la cual se muestra en el anexo 6 de esta memoria, para poder reemplazar los datos en las fórmulas.

Con esto el perfil elegido es el C9, el cual tiene las siguientes características

Perfil y tamaño nominal	Área (A) (pulg ²)	Radio de giro (r) (pulg)	Espesor de pared (pulg)
C9 4 X 1 5/8 R = 0,28	1,56	1,56	0,18

Ahora reemplazando en ecuación en la ecuación de esfuerzo sobre las patas, tenemos que:

$$f_p = \frac{1421,9}{3 * 1,56}$$

$$f_p = 303,8 \text{ (psi)}$$

Y de acuerdo a la condición (b), se cumple entonces que:

$$f_p \leq f_{acero}$$

Ya que,

$$303,8 \text{ (psi)} < 12750 \text{ (psi)}$$

Ahora, para la condición (a), tenemos:

Reemplazando en la ecuación y teniendo en cuenta que el largo de las patas es 0,5 (m) o 19,69 (plg).

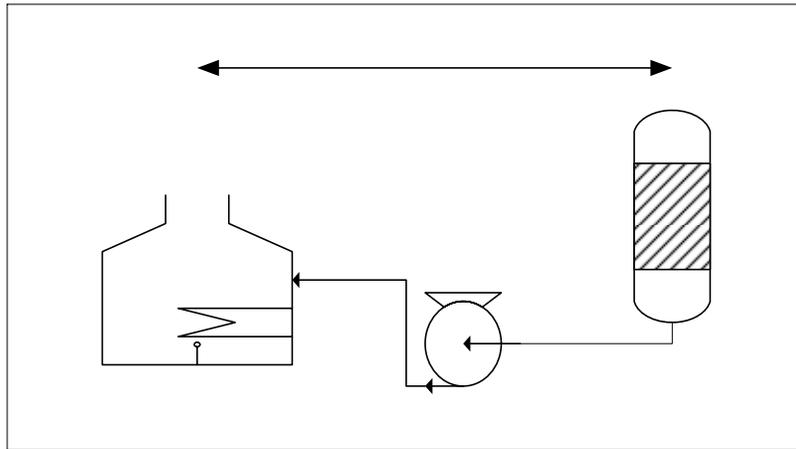
$$\frac{l}{r} = \frac{19,69}{1,56} = 12,61 \leq 60$$

Por lo tanto se cumple también la condición (a), así que se puede concluir que el perfil seleccionado cumple con la norma.

APENDICE 2 - I

Diseño de bomba para caldera (P-1)

Se diseñó el circuito de la figura, para transportar 2 GPM desde el ablandador de agua a la caldera eléctrica, de 120 galones de capacidad, con una eficiencia global del conjunto motor – bomba del 60%.



Propiedades del fluido (agua)

- Gravedad específica = 1
- Viscosidad = $6,72 \times 10^{-4}$ (Lb/pie*seg)

Consideraciones:

- 1 Válvula Check del tipo Swing
- Codos Standard

16,4 p

5 pies

Caldera

Balance de energía

Bernoulli del sistema

$$B_{caldera} = B_{ablandador} + h_{fs} + h_{fd} + W$$

Número de Reynolds

$$Re = \frac{D * v * \rho}{\mu}$$

Pérdidas por fricción

$$hf = f * \left(\frac{L}{D} * \frac{v^2}{2 * g_c} \right)$$

Reemplazando y despejando

$$-W = (B_{ablandador} - B_{caldera}) + (h_{fs} + h_{fd})$$

$$B_{ablandador} - B_{caldera} = \frac{\Delta P}{\rho} + \frac{\Delta v^2}{2 * g_c} + \Delta Z$$

donde:

$$\frac{\Delta P}{\rho} = 0 \left(\text{para equipos abiertos a la atmósfera} \right)$$

$$\frac{\Delta v^2}{2 * g_c} = 0 \left(\text{velocidad despreciable} \right)$$

Luego

$$-W = \Delta Z + (h_{fs} + h_{fd})$$

Diseño del sistema

Del anexo 7, se obtienen los diámetros nominales, los diámetros internos y las capacidades en GPM de velocidad para las tuberías de succión y descarga (salida del ablandador y entrada a la caldera).

Descarga:

- Tubería SCH 40, D.N.⁸³ = 1/2 pulgada, D.I. = 0,493 pulgadas.
Velocidad = 2 / 0,596 = 3,36 pie/s

Succión:

- Tubería SCH 40, D.N. = 3/4 pulgada, D.I. = 0,622 pulgadas.
Velocidad = 2 / 0,945 = 2,12 pie/s

Pérdidas en la succión

La tabla N° 3, resume los datos obtenidos para los largos equivalentes (Le), a partir del anexo 8 y la longitud de cañería (L) necesaria para la planta.

Tabla N° 3

Cuadro resumen con largos equivalentes y largo de cañería obtenidos para la succión.

Longitud de cañería recta	16,4 pies
2 Codos Standard de 2 pulgadas	20 pies
1 Tee Standard de 2 pulgadas	10 pies
1 Entrada ordinaria	2,5 pies
$\Sigma Le + L$	48,9 pies

Número de Reynolds

$$Re = \frac{D * v * \rho}{\mu} = \frac{\left(\frac{0,622}{12}\right) * 2,12 * 62,4}{6,72 * 10^{-4}} = 10203,8$$

⁸³ Datos obtenidos del apéndice B-14, del libro "Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías", Crane; Mc Graw Hill, ver anexo 7.

Ya que, $Re > 10000$; se trabaja a régimen turbulento, por lo tanto, del anexo 9, para acero comercial, se obtiene el valor de la rugosidad relativa (ϵ / D).

$$rugosidad_relativa(\epsilon / D) = 0,0015$$

Del anexo 10, se obtiene el valor para el factor de fricción (f)

$$f = 0,021$$

Reemplazando se obtiene:

Pérdidas por fricción en la succión

$$h_{fs} = f * \left(\frac{L}{D} * \frac{v^2}{2 * g_c} \right) = 0,021 * \left(\frac{48,9 * 12}{0,622} * \frac{2,12^2}{64,3} \right) = 1,38 \left(\frac{pie * Lbf}{Lbm} \right)$$

Pérdidas en la descarga

La tabla siguiente, resume los datos obtenidos para los largos equivalentes (L_e), a partir del anexo 8 y la longitud de cañería (L) necesaria para la planta.

Tabla N° 4

Cuadro resumen con largos equivalentes y largo de cañería obtenidos para la descarga

Longitud de cañería recta	32,8 pies
4 Codos Standard de 1 pulgada	28 pies
1 Tee Standard de 1 pulgada	9 pies
1 Válvula Check	9 pies
1 Entrada al destilador	Altura de velocidad
$\Sigma L_e + L$	78,8 pies

Número de Reynolds

$$Re = \frac{D * v * \rho}{\mu} = \frac{\left(\frac{0,493}{12}\right) * 3,36 * 62,4}{6,72 * 10^{-4}} = 12818$$

Ya que, $Re > 10000$; se trabaja a régimen turbulento, por lo tanto, del anexo 9, para acero comercial, se obtiene el valor de la rugosidad relativa (ϵ / D).

$$rugosidad_relativa(\epsilon / D) = 0,0015$$

Del anexo 10, se obtiene el valor para el factor de fricción (f)

$$f = 0,021$$

Reemplazando se obtiene:

Pérdidas por fricción en la descarga

$$h_{fd} = f * \left(\frac{L}{D} * \frac{v^2}{2 * g_c}\right) = 0,021 * \left(\frac{78,8 * 12}{0,493} * \frac{3,36^2}{64,3}\right) = 7,05 \left(\frac{pie * Lbf}{Lbm}\right)$$

Agregando la altura de velocidad, por las pérdidas a la entrada a la caldera, se tiene:

$$h_{fd} = 7,05 + \frac{3,36^2}{64,3} = 7,23 \left(\frac{pie * Lbf}{Lbm}\right)$$

Cálculo de la potencia

$$-W = \Delta Z + hf$$

Con:

$$\Delta Z = 5 \text{ pies}$$

$$hf = 7,23 + 1,38 = 8,61 \text{ (pie*Lbf / Lbm)}$$

Reemplazando:

$$-W = 5 + 8,61 = 13,61 \text{ (pie*Lbf / Lbm)}$$

$$Potencia = \frac{-W * \rho * Q}{\eta} = \frac{13,61 * 62,4 * 2 * 0.002228}{0,6} = 6,31 \left(\frac{\text{pie} * \text{Lbf}}{\text{seg}} \right)$$

Si 1 HP = 550 (pie*Lbf / seg), entonces:

$$Potencia = \frac{6,31}{550} = 0,011 \text{ (HP)}$$

Corrigiendo el valor obtenido por efectos del cambio de rugosidad en el tiempo se tiene:

$$Potencia = 0,011 * 1,18 = 0,013 \text{ (HP)}$$

Motor seleccionado = 0,5 HP

APENDICE 3

Evaluación Económica

Costo de equipos

➤ Estanque destilador (D-1)

Incluye costos de materiales (acero inoxidable 316, cañerías, cabezales, perfiles) en carcasa, cabezales, patas y serpentín.

Según los cálculos hechos en la sección 7.1.2 de este informe, las cantidades de material a usar para el destilador son:

Tabla N° 1
Material a usar para destilador

Sección estanque	Kilogramos de acero 316
Carcasa	306,1
Cabezales	112,7
Secciones adicionales	Largo (m)
Patatas (4 patas de 1 (m))	4
Cañería serpentín 1 plg	11,7

De acuerdo a cotizaciones realizadas, que se muestran en el apéndice 4 de este informe, los costos⁸⁴ de los materiales por unidad de venta son:

- Acero inoxidable 316 = \$ 4669/Kg = US\$ 7,64/Kg
- Perfil C6 = \$ 4864/metro = US\$ 8/metro
- Cañería 1 plg acero inox = \$ 6198/metro = US\$ 10,1/metro

Al multiplicar los costos por unidad de medida con el material necesario, se obtienen los costos para cada sección del estanque destilador, que se resumen en la tabla N° 2.

Tabla N° 2
Resumen de costos para el destilador

⁸⁴ Considerando dólar 14 de octubre 2008 = \$ 611,33.

Sección estanque	Costo (US\$)
Carcasa	2338,6
Cabezales	861
Secciones adicionales	Costo (US\$)
Patatas (4 patas de 1 (m))	32
Cañería serpentín 1 plg	118,2

Sumando cada uno de los costos se obtiene un valor para el destilador de US\$ 3350.

Considerando un factor para armado y accesorios de 40% se obtiene un precio final para el destilador de:

$$\text{destilador} = 3350 * 1,4 = \text{US\$}4690$$

➤ Condensador (I-1)

Incluye costos de materiales (acero inoxidable 316, cañerías, cabezales, perfiles) en carcasa, cabezales, patas y serpentín de enfriamiento.

Según los cálculos hechos en el apéndice 2 - C de este informe, las cantidades de material a usar para el condensador son:

Tabla N° 3
Material a usar para condensador

Sección estanque	Kilogramos de acero 316
Carcasa	45,8
Cabezales	13,8
Secciones adicionales	Largo (m)
Patatas (3 patas de 1,5 (m))	4,5
Cañería serpentín 1/2 plg	11,2

De acuerdo a cotizaciones realizadas, que se muestran en el apéndice 4 de este informe, los costos⁸⁵ de los materiales por unidad de venta son:

- Acero inoxidable 316 = \$ 4669/Kg = US\$ 7,64/Kg
- Perfil C9 = \$ 3050/metro = US\$ 5/metro
- Cañería 1/2 plg acero inox = \$ 3342/metro = US\$ 5,5/metro

Al multiplicar los costos por unidad de venta con el material necesario, se obtienen los costos para cada sección del estanque condensador, que se resumen en la tabla N° 4.

Tabla N° 4
Resumen de costos para condensador

Sección estanque	Costo (US\$)
Carcasa	350
Cabezales	105,5
Secciones adicionales	Costo (US\$)
Patas (3 patas de 1,5 (m))	22,5
Cañería serpentín 1/2 plg	61,6

Sumando cada uno de los costos se obtiene un valor para el condensador de US\$ 540.

Considerando un factor para armado y accesorios de 40% se obtiene un precio final para el condensador de:

$$\text{condensador} = 540 * 1,4 = \text{US\$}756$$

- Vaso decantador (S-1)

Incluye costos de materiales (acero inoxidable 316, cabezales, perfiles) en carcasa, cabezales y patas.

⁸⁵ Considerando dólar 14 de octubre 2008 = \$ 611,33.

Según los cálculos hechos en el apéndice 2 - D de este informe, las cantidades de material a usar para el decantador son:

Tabla N° 5
Material a usar para decantador

Sección estanque	Kilogramos de acero 316
Carcasa	7,2
Cabezales	8,7
Secciones adicionales	Largo (m)
Patás (3 patas de 1 (m))	3

De acuerdo a cotizaciones realizadas, que se muestran en el apéndice 4 de este informe, los costos⁸⁶ de los materiales por unidad de venta son:

- Acero inoxidable 316 = \$ 4669/Kg = US\$ 7,64/Kg
- Perfil C9 = \$ 3050/metro = US\$ 5/metro

Al multiplicar los costos por unidad de medida con el material necesario, se obtienen los costos para cada sección del vaso decantador, que se resumen en la tabla N° 6.

Tabla N° 6
Resumen de costos para el decantador

Sección estanque	Costo (US\$)
Carcasa	55
Cabezales	66,5
Secciones adicionales	Costo (US\$)
Patás (3 patas de 1 (m))	15

Sumando cada uno de los costos se obtiene un valor para el vaso decantador de US\$ 136,5.

⁸⁶ Considerando dólar 14 de octubre 2008 = \$ 611,33.

Considerando un factor para armado y accesorios de 40% se obtiene un precio final para el vaso decantador de:

$$\text{decantador} = 136,5 * 1,4 = \text{US\$}191$$

- Estanque almacenamiento producto final (T-1)

Incluye costos de materiales (acero inoxidable 316, cabezales, perfiles) en carcasa, cabezales y patas.

Según los cálculos hechos en el apéndice 2 - E de este informe, las cantidades de material a usar para el estanque producto final son:

Tabla Nº 7

Material a usar para estanque producto final

Sección estanque	Kilogramos de acero 316
Carcasa	13,9
Cabezales	12,3
Secciones adicionales	Largo (m)
Patas (3 patas de 0,5 (m))	1,5

De acuerdo a cotizaciones realizadas, que se muestran en el apéndice 4 de este informe, los costos⁸⁷ de los materiales por unidad de venta son:

- Acero inoxidable 316 = \$ 4669/Kg = US\$ 7,64/Kg
- Perfil C9 = \$ 3050/metro = US\$ 5/metro

Al multiplicar los costos por unidad de medida con el material necesario, se obtienen los costos para cada sección del estanque almacenamiento producto final, que se resumen en la tabla Nº 3.

Tabla Nº 8

⁸⁷ Considerando dólar 14 de octubre 2008 = \$ 611,33.

Resumen de costos para el estanco producto final

Sección estanco	Costo (US\$)
Carcasa	106,2
Cabezales	94
Secciones adicionales	Costo (US\$)
Patatas (3 patatas de 0,5 (m))	7,5

Sumando cada uno de los costos se obtiene un valor para el estanco producto final de US\$ 208.

Considerando un factor para armado y accesorios de 40% se obtiene un precio final para el estanco producto final de:

$$tk_producto_final = 208 * 1,4 = US\$291$$

➤ Estanco ablandador (T-2)

Incluye costos de materiales (acero inoxidable 316, cabezales, perfiles) en carcasa, cabezales y patatas e insumos como resina catiónica.

Según los cálculos hechos en el apéndice 2 - G de este informe, las cantidades de material e insumos a usar para el estanco ablandador son:

Tabla Nº 9

Material a usar para estanco ablandador

Sección estanco	Kilogramos de acero 316
Carcasa	14,9
Cabezales	3,9
Secciones adicionales	Largo (m)
Patatas (3 patatas de 1 (m))	3
Insumos	Litros
Resina catiónica	57

De acuerdo a cotizaciones realizadas, que se muestran en el apéndice 4 de este informe, los costos⁸⁸ de los materiales e insumos por unidad de venta son:

- Acero inoxidable 316 = \$ 4669/Kg = US\$ 7,64/Kg
- Perfil C6 = \$ 4864/metro = US\$ 8/metro
- Resina catiónica = \$ 4879/litro = US\$ 8/litro

Al multiplicar los costos por unidad de medida con el material necesario, se obtienen los costos para cada sección del estanque ablandador, que se resumen en la tabla N° 10.

Tabla N° 10
Resumen de costos para el estanque ablandador

Sección estanque	Costo (US\$)
Carcasa	113,8
Cabezales	29,8
Secciones adicionales	Costo (US\$)
Patatas (3 patas de 1 (m))	24
Insumos	Costo (US\$)
Resina catiónica	456

Sumando cada uno de los costos se obtiene un valor para el estanque ablandador de US\$ 623,6.

Considerando un factor para armado y accesorios de 40% se obtiene un precio final para el estanque ablandador de:

$$ablandador = 623,6 * 1,4 = US\$873$$

⁸⁸ Considerando dólar 14 de octubre 2008 = \$ 611,33.

➤ Estanque pulmón (T-3)

Incluye costos de materiales (acero inoxidable 316, cabezales, perfiles) en carcasa, cabezales y patas.

Según los cálculos hechos en el apéndice 2 - H de este informe, las cantidades de material a usar para el estanque pulmón de agua tratada son:

Tabla N° 11
Material a usar para estanque pulmón

Sección estanque	Kilogramos de acero 316
Carcasa	52
Cabezales	16
Secciones adicionales	Largo (m)
Patatas (3 patatas de 0,5 (m))	1,5

De acuerdo a cotizaciones realizadas, que se muestran en el apéndice 4 de este informe, los costos⁸⁹ de los materiales por unidad de venta son:

➤ Acero inoxidable 316 = \$ 4669/Kg = US\$ 7,64/Kg

➤ Perfil C9 = \$ 3050/metro = US\$ 5/metro

Al multiplicar los costos por unidad de medida con el material necesario, se obtienen los costos para cada sección del estanque pulmón de agua tratada, que se resumen en la tabla N° 12.

Tabla N° 12
Resumen de costos para el estanque pulmón

Sección estanque	Costo (US\$)
Carcasa	397,3
Cabezales	122,2
Secciones adicionales	Costo (US\$)
Patatas (3 patatas de 0,5 (m))	7,5

⁸⁹ Considerando dólar 14 de octubre 2008 = \$ 611,33.

Sumando cada uno de los costos se obtiene un valor para el estanque pulmón de agua tratada de US\$ 527.

Considerando un factor para armado y accesorios de 40% se obtiene un precio final para el estanque pulmón de agua tratada de:

$$\text{pulmón} = 527 * 1,4 = \text{US\$}737,8$$

APENDICE 3 – B

Cálculo del costo del producto con 10% de aumento precio materia prima

De acuerdo a tabla N° 50, el precio del Kg de ramas y hojas de orégano es de US\$ 0,76, si aumenta un 10% su precio sube a US\$ 0,84. Por lo que, se debe calcular un nuevo costo del producto, el cual se obtiene de la siguiente manera.

Los nuevos gastos en materia prima de acuerdo a la producción son:

- Año 1 (capacidad 80%) = $480000 * 0,84 = \text{US\$ } 403200$
- Año 2 (capacidad 90%) = $540000 * 0,84 = \text{US\$ } 453600$
- Año 3 – 10 (capacidad 100%) = $600000 * 0,84 = \text{US\$ } 504000$

Según tabla N° 55 el resto de costos directos es US\$ 169884,8, por lo que los costos directos por años de producción son:

- Año 1 = US\$ 573084,8
- Año 2 = US\$ 623484,8
- Año 3 – 10 = US\$ 673884,8

Según tabla N° 56 los costos indirectos son US\$ 11891,3 y los gastos generales de planta son US\$ 89640; sumando los costos directos, los costos indirectos y los gastos generales de planta se obtienen los costos de producción por año de producción, los que son:

- Año 1 = US\$ 674616,1
- Año 2 = US\$ 725016,1
- Año 3 – 10 = US\$ 775416,1

Según tabla N° 58 los gastos generales de empresa son US\$ 29880 + $0,045 * Z$; donde Z en la expresión corresponde al costo total del producto. Ahora sumando los costos de producción y los gastos generales de empresa,

y despejando la expresión, se obtiene el valor del costo total del producto por año de producción.

- Año 1, Z = US\$ 737692,3
- Año 2, Z = US\$ 790467,1
- Año 3 – 10, Z = US\$ 843241,9

Capital de trabajo

De acuerdo a punto 9.1.4, el capital de trabajo para la condición de aumento de 10% de precio de materia prima será:

$$\text{materia_prima} = 60800 * 1,1 = \text{US\$}66880$$

$$\text{personal} - \text{servicios} = 24900 + 823,8 = \text{US\$}25723,8$$

$$\text{capital_de_trabajo} = 66880 + 25723,8 = \text{US\$}92603,8$$

Capital de inversión

Corresponde a la suma del capital fijo calculado en el punto 9.1.3, más el capital de trabajo, por lo tanto:

$$\text{capital_inversión} = 167439,4 + 92603,8 = \text{US\$}260043,2$$

Estos valores se usarán en los flujos de caja desde el punto 9.3.5 a 9.3.8.

APENDICE 3 – C

Cálculo de costo del producto e ingresos para caso de producción de un mes de aceite de romero y once meses de aceite de orégano

De acuerdo a tabla N° 50, el precio del Kg de ramas y hojas de orégano es de US\$ 0,76 y el precio del Kg de romero es US\$ 0,8. Por lo que, se debe calcular un nuevo costo del producto y nuevo valor de ingresos por ventas, los cuales se obtienen de la siguiente manera.

Los nuevos gastos en materia prima de acuerdo a la producción son:

- Año 1 (capacidad 80%) = $334400 + 32000 = \text{US\$ } 366400$
- Año 2 (capacidad 90%) = $376200 + 36000 = \text{US\$ } 412200$
- Año 3 – 10 (capacidad 100%) = $418000 + 40000 = \text{US\$ } 458000$

Según tabla N° 55 el resto de costos directos es US\$ 169884,8, por lo que los costos directos por años de producción son:

- Año 1 = US\$ 536284,8
- Año 2 = US\$ 582084,8
- Año 3 – 10 = US\$ 627884,8

Según tabla N° 56 los costos indirectos son US\$ 11891,3 y los gastos generales de planta son US\$ 89640; sumando los costos directos, los costos indirectos y los gastos generales de planta se obtienen los costos de producción por año de producción, los que son:

- Año 1 = US\$ 637816,1
- Año 2 = US\$ 683616,1
- Año 3 – 10 = US\$ 729416,1

Según tabla N° 58 los gastos generales de empresa son US\$ 29880 + $0,045 \cdot Z$; donde Z en la expresión corresponde al costo total del producto.

Ahora sumando los costos de producción y los gastos generales de empresa, y despejando la expresión, se obtiene el valor del costo total del producto por año de producción.

- Año 1, Z = US\$ 699158,2
- Año 2, Z = US\$ 747116,3
- Año 3 – 10, Z = US\$ 795074,4

De acuerdo al programa de producción, los ingresos serán:

Para 100% producción		Aceite esencial de orégano			
Producción promedio	8760000	(g)			
Capacidad botella (ml)	Gramos botella	Porcentaje venta (%)	Cantidad por vender (g)	Costo por gramo (US\$/g)	Ingreso (US\$)
5	4,6	10	876000	0,144	126144
15	13,8	10	876000	0,14	122640
100	92	10	876000	0,13	113880
500	460	20	1752000	0,12	210240
1000	920	20	1752000	0,11	192720
5000	4600	30	2628000	0,1	262800
				Ingreso total	1028424

Para 100% producción		Aceite esencial de romero			
Producción promedio	400000	(g)			
Capacidad botella (ml)	Gramos botella	Porcentaje venta (%)	Cantidad por vender (g)	Costo por gramo (US\$/g)	Ingreso (US\$)
5	4,615	10	40000	0,12	4800
15	13,845	10	40000	0,11	4400
100	92,3	10	40000	0,105	4200
500	461,5	20	80000	0,1	8000
1000	923	20	80000	0,095	7600
5000	4615	30	120000	0,09	10800
				Ingreso total	39800

Por lo tanto:

Para 100% de producción

$$\text{Ingresos} = 1028424 + 39800 = \text{US\$ } 1068224$$

Para 90% de producción

$$\text{Ingresos} = 1068224 * 0,9 = \text{US\$ } 961401,6$$

Para 80% de producción

$$\text{Ingresos} = 1068224 * 0,8 = \text{US\$ } 854579,2$$

Capital de trabajo

De acuerdo a punto 9.1.4 y tabla N° 51, el capital de trabajo para la condición de un mes de producción de aceite esencial de romero y un mes de orégano:

$$materia_prima = 40000 * 0,8 + 30400 = US\$62400$$

$$personal - servicios = 24900 + 823,8 = US\$25723,8$$

$$capital_de_trabajo = 62400 + 25723,8 = US\$88123,8$$

Capital de inversión

Corresponde a la suma del capital fijo calculado en el punto 9.1.3, más el capital de trabajo, por lo tanto:

$$capital_inversión = 167439,4 + 88123,8 = US\$255563,2$$

Estos valores se usarán en el flujo de caja del punto 9.3.11.

APENDICE 4

Cotizaciones

Bomba

ID Cotización : **24988**
Despacho : Oficinas Aguamarket
Pais Oferente : Chile

Fecha Cotización :
29/10/2008



**Bomba centrifuga, electro bomba centrifuga cpm,
marca pedrollo**

**Campo de las prestaciones de la electro bomba
centrifuga**

Caudal hasta 60 l/min (3,6 m³/h) altura manométrica hasta 7 m

Limites de utilización de la electro bomba centrifuga

Altura de aspiración manométrica hasta 7 m, temperatura del fluido hasta + 60°
C máxima temperatura ambiente hasta + 40° C.

Características de construcción

Cuerpo bomba: en hierro fundido, con bocas de aspiración e impulsión
roscadas gas uni iso 228/1.

Valor \$ 110.000 + iva

Cotización resina catiónica

ID Cotización : **23847**

Despacho : Oficinas Aguamarket

Pais Oferente : Chile

Fecha Cotización :

02/10/2008

Comentarios Técnicos

Juan:

el valor ofrecido corresponde a 1 litro de resina, puestos en nuestras oficinas.

en cuanto a la cantidad mínima, esta es de 25 litros

valor de los 50 litros = \$ 205.000 + iva

Cotización acero 316

Hola,

De lo solicitado solo trabajo las cañerías:

- Cañería Negra ASTM Sch 40 de 1" \$ 14.040.-
- Cañería Negra ASTM Sch 40 de 2" \$ 30.550.-

Valores más IVA.

Valores sujetos al 100% alza de fábrica.

Atentamente,

www.sack.cl

COTIZACIÓN

Alonso te envío una cotización de Maquimetal Valpo. por plancha de acero inox. tipo 316

Valor \$184800 + iva

Formato de plancha 1000x3000x2 mm.

Saludos Raúl.

Cotización cañerías de acero

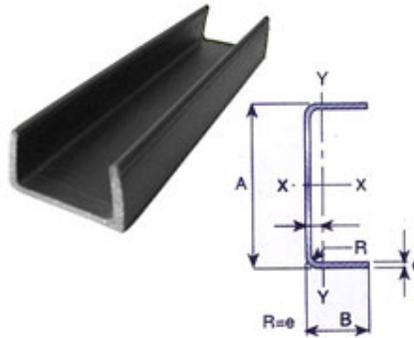
No Item	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Total
	CANERIA ERW ASTM A-53 API 5L GR. (B) SCH-40 1	6.00 MTS	2,128	12,768
	CANERIA ERW ASTM A-53 API 5L GR. (B) SCH-40 2	6.00 MTS	3,191	19,146
	CURVAS 90° RL A-234 SCH-40 2	1.00 UNIDAD	1,271	1,271
	TEE A-234 SCH-40 2	1.00 UNIDAD	3,135	3,135
	CURVAS 90° RL A-234 SCH-40 1	1.00 UNIDAD	554	554
	TEE A-234 SCH-40 1	1.00 UNIDAD	1,903	1,903
	VALV.RET.CLASE 800 A-105 NPT 1	1.00 UNIDAD	42,216	42,216
	CANERIA ERW INOX 304L SCH-10 1	5.80 MTS	6,196	35,948
	CANERIA ERW INOX 304L SCH-10 1/2	5.80 MTS	3,342	19,383
	FLANGE SLIP-ON, A-105, ANSI 150 RF 16	1.00 UNIDAD	61,640	61,640
	FLANGE SLIP-ON, A-105, ANSI 150 RF 1	1.00 UNIDAD	840	840
	VIGLOBO VISA-A-105/CLS.800,S-2074B-02TY,NPT 1	1.00 UNIDAD	90,645	90,645
Válvulas Industriales S.A. no se responsabiliza por la mala especificación, aplicación e instalación de estos materiales por parte del cliente				

Nota: DESCUENTOS APLICADOS POR PAQUETE COMPLETO
 AGREGAR IVA ENTREGA INMEDIATA SALVO VENTA PREVIA
 "EL HORARIO DE RETIRO DE MATERIALES ES HASTA LAS 17:30 HRS."
 EN NUESTRAS BODEGAS COLINA
 VALIDES DE LA OFERTA 10 DIAS CORRIDOS

Total Neto

289,451

Cotización perfil C6



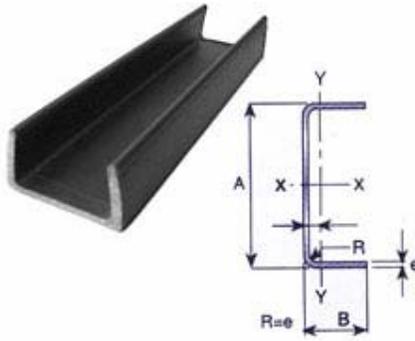
Perfil Canal 200 x 50 x 2 mm, V.H.
16265-5

\$ 29.182 x TIRA

- A (mm): 200
- B (mm): 50
- e (mm): 2
- Largo (m): 6
- Marca: V.H.
- Material: Acero estructural, soldable
- Origen: Chile
- Peso tira 6 m. (kg): 27.66
- Usos: Estructuras y otros usos.

Fuente: www.homecenter.cl

Cotización Perfil C9



Perfil Canal 100 x 50 x 2 mm, V.H.
16241-8

\$ 18.300 x TIRA

- A (mm): 100
- B (mm): 50
- e (mm): 2
- Largo (m): 6
- Marca: V.H.
- Material: Acero estructural, soldable
- Origen: Chile
- Peso tira 6 m. (kg): 18.24
- Usos: Estructuras y otros usos.

Fuente: www.homecenter.cl

Correas Transportadoras móviles

Características Técnicas:

Largo : 8 y 12 mts

Alturas : 4 y 5 mts

Rendimiento : 30 mts cúbicos por hora.

Sistema Motriz : motor eléctrico o motor bencinero.

Altura regulable

Fácil operación y prácticamente no requiere mantención.

CORREA PARA ARIDOS 10 mts. DE LARGO 24 mts

Correa : Correa caucho de 3 telas, 12 m/m de espesor, con unión vulcanizada.

Estructura : Fabricada en perfiles y ángulos de 3 mm de espesor.

Tambores : Tambor motriz y de cola de 12" con eje cromo niquel diámetro 30 m/m

Sistema Motriz : Motoreductor de 5,5 HP, trifásico blindado contra agua y polvo.

Polines : Polines de poliamida de 70 m/m de diámetro, montados en rodamientos sellados; polines cada 1 mts.

Polines de Retorno : Fabricados en cañería, 3 pulgadas, con eje de 20 m/m cada 3 mts.

Precio Final: \$ 2870000.00 + IVA

Fuente: www.soling.cl

Caldera eléctrica



CODIGO: 0003

MARCA: CHROMALOX

FABRICACION: USA.

CAPACIDAD: 19 KW MONOFASICA 220 VOLTIOS

MODELO: SIN

PRESION DE DISEÑO: 150 PSI

COMBUSTIBLE: ELECTRICA 220 VOLTIOS.

OTROS: CALDERA COMPLETA CON TODOS SUS ACCESORIOS Y SUS TRES CALEFACTORES, ALMACENA 120 GALONES.

ESTADO: EXCELENTE, LISTA PARA FUNCIONAR

INCLUYE: 2 VALVULAS DE SEGURIDAD, 1 TANQUE CONDENSADOS, 1 BOMBA ALIMENTACION DE AGUA, 1 CONTROL MACDONNELL & MILLER, CONTROLES DE PRESION DE VAPOR.

PRECIO DE VENTA US\$2,825.00

ALQUILER MENSUAL US\$450.00

Balanzas

Balanza digital 1



BALANZA DIGITAL CUENTA UNIDADES ROBUSTA 1000 GRS-0,1 GR -
FUNCIONA SÓLO A AC.

cod. CU 1000

Contado \$ 69.900.-

Balanza digital 2



BALANZA DIGITAL alta Precisión 10 grs. - 0,001 gr
incluye masas, pinzas de acero y estuche rígido

cod. PS 10

Contado \$ 49.990.-

Balanza digital base



BALANZA DIGITAL 300 KGS RECARGABLE 60 x 40 cms BASE
[+ ver más](#)

cod. P300

Contado **\$ 98.500 más IVA**

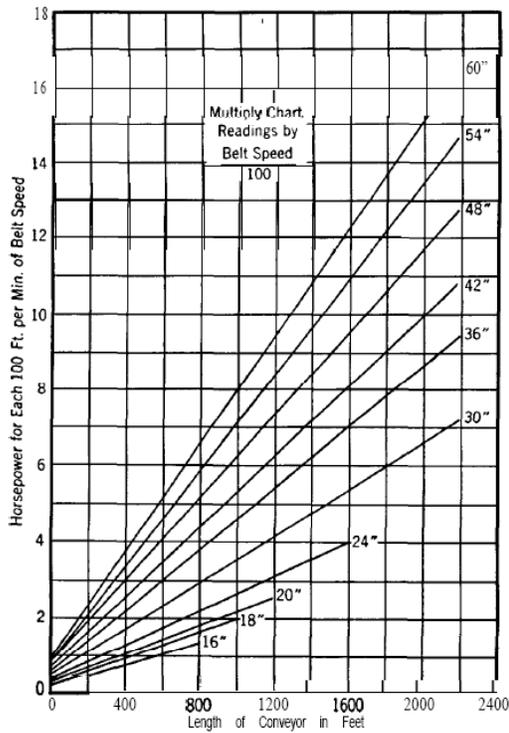
ANEXOS

ANEXO 1

82 TRANSFER OF SOLIDS

TABLE 5.5-(continued)

(c) Power to Drive Empty Conveyor



particularly suited to a process. Capacity and power data for bucket machines are given in Table 5.6. Flight and apron conveyors are illustrated in Figure 5.11.

CONTINUOUS FLOW CONVEYOR ELEVATORS

One design of a drag-type of machine is the Redler shown on Figure 5.12. They function because the friction against the flight is greater than that against the wall. Clearly they are versatile in being able to transfer material in any direction and have the often important merit of being entirely covered. Circular cross sections are available but usually they are square, from 3 to 30 in. on a side, and operate at speeds of 30-250 ft/min, depending on the material handled and the construction. Some data are shown in Table 5.7. Most dry granular materials such as wood chips, sugar, salt, and soda ash are handled very well in this kind of conveyor. More difficult to handle are very fine materials such as cement or those that tend to pack such as hot grains or abrasive materials such as sand or crushed stone. Power requirement is dependent on the coefficient of sliding friction. Factors for power calculations of a few substances are shown in Table 5.7.

The closed-belt (zipper) conveyor of Figure 5.13 is a carrier that is not limited by fineness or packing properties or abrasiveness. Of course, it goes in any direction. It is made in a nominal 4-in. size, with a capacity rating by the manufacturer of 0.07 cuft/ft of travel. The power requirement compares favorably with that of open belt conveyors, so that it is appreciably less than that of other types. The formula is

$$HP = 0.001[(L_1/30 + 5)u + (L_2/16 + 2L_3)T], \quad (5.26)$$

where

$u = \text{ft/min}$,

$T = \text{tons/hr}$,

$L_1 = \text{total belt length (ft)}$,

$L_2 = \text{length of loaded horizontal section (ft)}$,

$L_3 = \text{length of loaded vertical section (ft)}$.

Speeds of 200 ft/min or more are attainable. Example 5.5 shows that the power requirement is much less than that of the Redler conveyor.

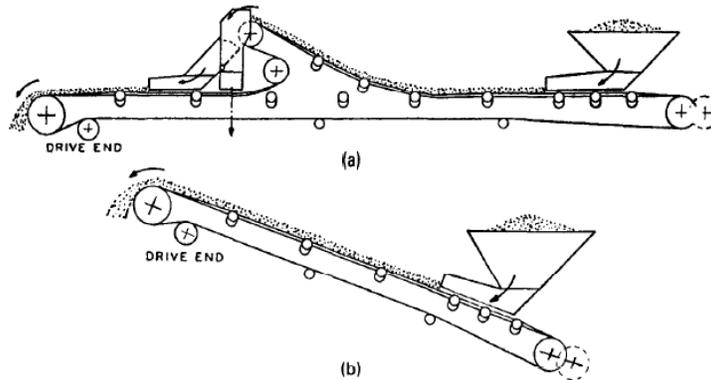


Figure 5.9. Some arrangements of belt conveyors (Stephens-Adamson Co.) and types of idlers (FMC Corp.). (a) Horizontal conveyor with discharge at an intermediate point as well as at the end. (b) Inclined conveyor, satisfactory up to 20° with some materials. (c) Inclined or retarding conveyor for lowering materials gently down slopes. (d) A flat belt idler, rubber cushion type. (e) Troughed belt idler for high loadings; usually available in 20°, 35°, and 45° side inclinations.

ANEXO 2

Figura 5.4 Brownell & Young

Table 5.4. Dimensions of Standard Flanged-only Heads for All Diameters
(Courtesy of Lukens Steel Company)

Gage (Thickness)	Standard Straight Flange (in.)	Inside-corner Radius (in.)
<i>t</i>	<i>sf</i>	<i>icr</i>
3/16	1 1/2-2	3/16
1/4	1 1/2-2 1/2	3/4
5/16	1 1/2-3	1 1/4
3/8	1 1/2-3	1 1/8
7/16	1 1/2-3 1/2	1 3/8
1/2	1 1/2-3 1/2	1 1/2
5/8	1 1/2-3 1/2	1 7/8
3/4	1 1/2-3 1/2	2 1/4
7/8	1 1/2-4	2 3/8
1	1 1/2-4	3
1 1/8	1 1/2-4 1/2	3 3/8
1 1/4	1 1/2-4 1/2	3 3/4
1 3/8	1 1/2-4 1/2	4 1/8
1 1/2	1 1/2-4 1/2	4 1/2
1 5/8	1 1/2-4 1/2	5 1/4
1 3/4	1 1/2-4 1/2	6

times referred to as the "knuckle" radius. If the radius of dish is greater than the shell outside diameter, the head is known as a "flanged and shallow dished head." If the radius of dish is equal to or less than the outside diameter, the head is known as a "flanged and standard dished head." A flanged and shallow dished head is shown in Fig. 5.7, detail b, and a flanged and standard dished head is shown in Fig. 5.7, detail c. These heads are fabricated on the basis of using the outside diameter as the nominal diameter. Head diameters based on the outside diameter are available in increments of 2 in. from 12 to 42 in., in increments of 6 in. from 42 to 144 in., and in increments of 12 in. from 144 to 240 in. A 246-in.-outside-diameter head is also available.

It should be emphasized that because of the high localized stresses due to the small inside-corner radius, the use of flanged and shallow dished heads and flanged and standard dished heads is not permitted in vessels which must meet pressure-code requirements.

Typical applications of these heads occur in the construc-

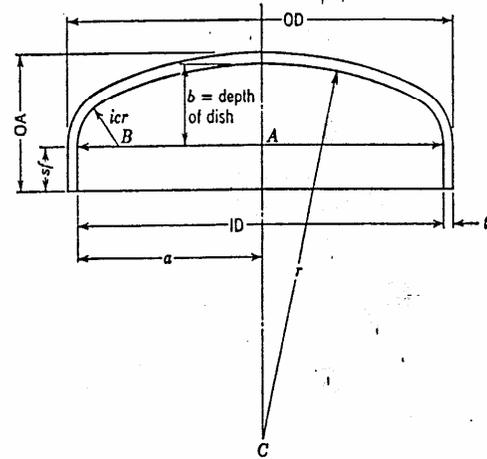


Fig. 5.8. Dimensional relationships for flanged and dished heads.

$$a = \frac{ID}{2}$$

$$b = r - \sqrt{(BC)^2 - (AB)^2}$$

$$AB = \frac{ID}{2} - (icr)$$

$$BC = r - (icr)$$

$$AC = \sqrt{(BC)^2 - (AB)^2}$$

$$OA = t + b + af$$

tion of vertical process vessels for low pressures, of horizontal cylindrical storage tanks for volatile fluids such as naphtha, gasoline, and kerosene, and of large-diameter storage tanks in which the vapor pressure and hydrostatic pressure is too great for the practical use of flanged-only heads. Vessels with flanged and shallow dished heads are primarily used for horizontal storage tanks.

Table 5.5 gives the dimensions of flanged and shallow dished heads. Table 5.6 gives the dimensions of flanged and standard dished heads except for the radius of dish. The radius of dish varies with thickness and diameter, and

ANEXO 3

Tabla 10, apéndice kern

948

PROCESOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR

**TABLA 10. DATOS DE TUBOS PARA CONDENSADORES
E INTERCAMBIADORES DE CALOR**

Tubo DE, plg	BWG	Espesor de la pared,	DI, plg	Area de flujo por tubo, plg ²	Superficie por pie lin. pies ²		Peso por pie lineal, lb, de acero
					Exterior	Interior	
½	12	0.109	0.282	0.0625	0.1309	0.0748	0.493
	14	0.083	0.334	0.0876		0.0874	0.403
	16	0.065	0.370	0.1076		0.0969	0.329
	18	0.049	0.402	0.127		0.1052	0.258
	20	0.035	0.430	0.145		0.1125	0.190
¾	10	0.134	0.482	0.182	0.1963	0.1263	0.965
	11	0.120	0.510	0.204		0.1335	0.884
	12	0.109	0.532	0.223		0.1393	0.817
	13	0.095	0.560	0.247		0.1466	0.727
	14	0.083	0.584	0.268		0.1529	0.647
	15	0.072	0.606	0.289		0.1587	0.571
	16	0.065	0.620	0.302		0.1623	0.520
	17	0.058	0.634	0.314		0.1660	0.469
	18	0.049	0.652	0.334		0.1707	0.401
1	8	0.165	0.670	0.355	0.2618	0.1754	1.61
	9	0.148	0.704	0.389		0.1843	1.47
	10	0.134	0.732	0.421		0.1916	1.36
	11	0.120	0.760	0.455		0.1990	1.23
	12	0.109	0.782	0.479		0.2048	1.14
	13	0.095	0.810	0.515		0.2121	1.00
	14	0.083	0.834	0.546		0.2183	0.890
	15	0.072	0.856	0.576		0.2241	0.781
	16	0.065	0.870	0.594		0.2277	0.710
	17	0.058	0.884	0.613		0.2314	0.639
18	0.049	0.902	0.639	0.2361	0.545		
1¼	8	0.165	0.920	0.665	0.3271	0.2409	2.09
	9	0.148	0.954	0.714		0.2498	1.91
	10	0.134	0.982	0.757		0.2572	1.75
	11	0.120	1.01	0.800		0.2644	1.58
	12	0.109	1.03	0.836		0.2701	1.45
	13	0.095	1.06	0.884		0.2775	1.28
	14	0.083	1.08	0.923		0.2839	1.13
	15	0.072	1.11	0.960		0.2896	0.991
	16	0.065	1.12	0.985		0.2932	0.900
	17	0.058	1.13	1.01		0.2969	0.808
18	0.049	1.15	1.04	0.3015	0.688		
1½	8	0.165	1.17	1.075	0.3925	0.3063	2.57
	9	0.148	1.20	1.14		0.3152	2.34
	10	0.134	1.23	1.19		0.3225	2.14
	11	0.120	1.26	1.25		0.3299	1.98
	12	0.109	1.28	1.29		0.3356	1.77
	13	0.095	1.31	1.35		0.3430	1.56
	14	0.083	1.33	1.40		0.3492	1.37
	15	0.072	1.36	1.44		0.3555	1.20
	16	0.065	1.37	1.47		0.3587	1.09
	17	0.058	1.38	1.50		0.3623	0.978
18	0.049	1.40	1.54	0.3670	0.831		

ANEXO 4

Tabla 8, apéndice Kern

TABLA 8. VALORES APROXIMADOS DE LOS COEFICIENTES TOTALES
PARA DISEÑO. MS VALORES INCLUYEN UN FACTOR DE OBSTRUCCION
 TOTAL DE 0.003 Y **CAIDA** DE PRESION PERMISIBLE DE 5 A 10 **LB/PLG²**
 EN LA CORRIENTE QUE CONTROLE

Enfriadores

Fluido caliente	Fluido frío	U _D total
Agua	Agua	250-500 ⁴
Metanol	Agua	250-500 ⁴
Amoniaco	Agua	250-500 ⁴
Soluciones acuosas	Agua	250-500 ⁴
Sustancias orgánicas ligeras ¹	Agua	75-150
Sustancias orgánicas medias ²	Agua	50-125
Sustancias orgánicas pesadas ³	Agua	5-75
Gases	Agua	2-50
Agua	Salmuera	100-200
Sustancias orgánicas ligeras	Salmuera	40-100

Calentadores

Fluido caliente	Fluido frío	U _D total
Vapor de agua	Agua	200-700 ⁴
Vapor de agua	Metanol	200-700 ⁴
Vapor de agua	Amoniaco	200-700 ⁴
Vapor de agua	Soluciones acuosas :	
Vapor de agua	menos de 2.0 cp	200-700
Vapor de agua	Más de 2.0 cp	100-500 ⁴
Vapor de agua	Sustancias orgánicas ligeras	50-100
Vapor de agua	Sustancias orgánicas medias	100-200
Vapor de agua	Sustancias orgánicas pesadas	S-50
Vapor de agua	Gases	5-50 ⁶

Intercambiadores

Fluido caliente	Fluido frío	U _D total
Agua	Agua	250-500 ⁴
Soluciones acuosas	Soluciones acuosas	250-500 ⁴
Sustancias orgánicas ligeras	Sustancias orgánicas ligeras	40-75
Sustancias orgánicas medias	Sustancias orgánicas medias	20-60
Sustancias orgánicas pesadas	Sustancias orgánicas pesadas	10-40
Sustancias orgánicas pesadas	Sustancias orgánicas ligeras	30-60
Sustancias orgánicas ligeras	Sustancias orgánicas pesadas	10-40

¹ Las **sustancias orgánicas** ligeras son fluidos con viscosidades menores de 0.5 centipoises e incluyen benceno, tolueno, acetona, etanol, **metil-etil-cetona**, gasolina, **kerosén** y nafta.

² Las **sustancias orgánicas** medias tienen viscosidades de 0.5 a 1.0 centipoises e incluyen **kerosén**, **strawoil**, **gasoil** caliente, aceite de **absorbador** caliente y algunos crudos.

³ **Sustancias orgánicas pesadas** tienen viscosidades mayores de 1.0 centipoises e incluyen **gasoil** frío, aceites lubricantes, **petróleo** combustible, **petróleo** crudo reducido, breas y asfaltos.

⁴ Factor de **obstrucción** 0.001.

⁵ **Caída** de presión de 20 a 30 lb/plg².

⁶ Estas tasas **están** influenciadas grandemente por la presión de **operación**.

ANEXO 5

Figura 10.4, kern

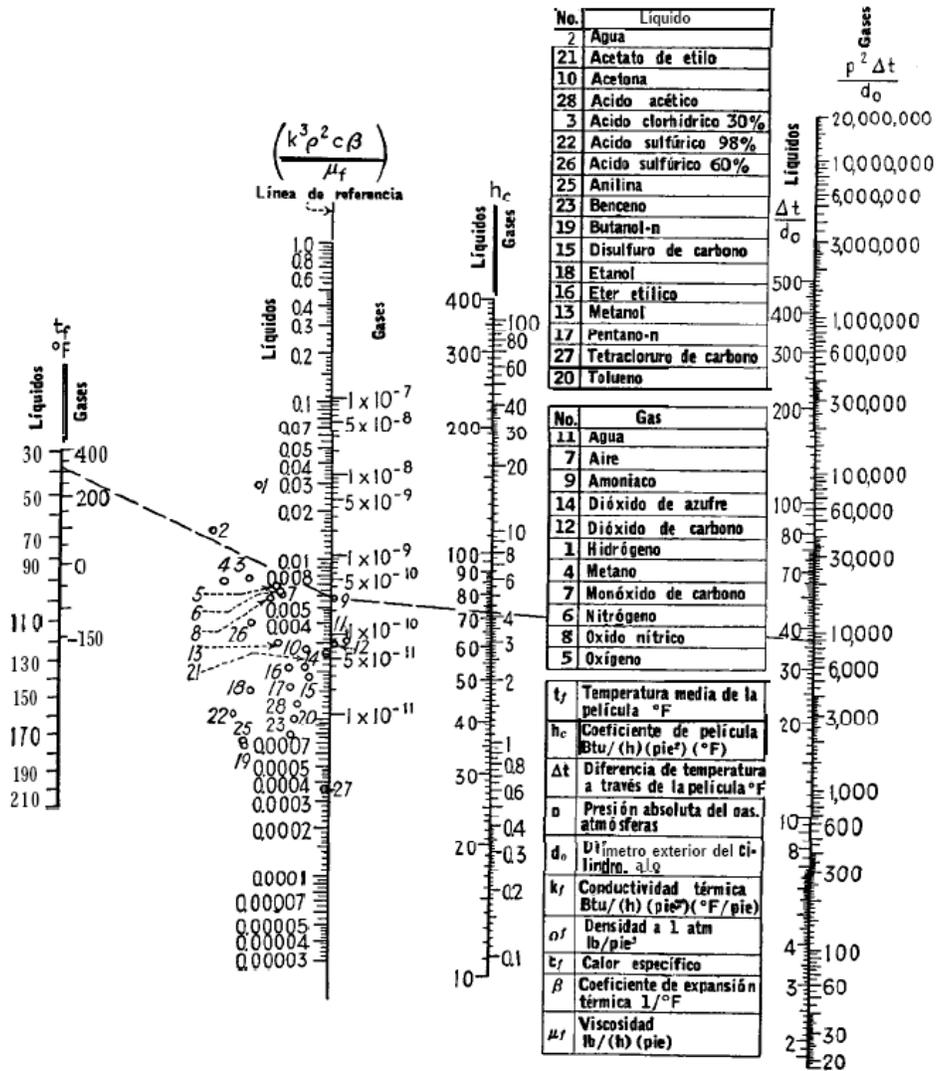


FIG.10.4. Convección libre fuera de tubería y tubos. [T. H. Chilton, A. P. Colburn, R. P. Generaux, and H. C. Vemon, *Trans, ASME Petroleum Mech. Eng.*, 55, 5 (1933)]

ANEXO 6

Perfil patas

Section Index and Nominal Size	Weight per Foot (lb)	Area of Section (in. ²)	Depth of Channel (in.)	Width of Flange (in.)	Avg Flange Thickness (in.)	Web Thickness (in.)	Axis 1-1			Axis 2-2			
							I (in. ⁴)	S (in. ³)	r (in.)	I (in. ⁴)	S (in. ³)	y (in.)	
C 60 18 x 4 R = 0.625	58.0 51.9 45.8 42.7	16.98 15.18 13.38 12.48	18	4.200 4.100 4.000 3.950	0.625 0.625 0.625 0.625	0.700 0.600 0.500 0.450	670.7 622.1 573.5 549.2	74.5 69.1 63.7 61.0	6.29 6.40 6.55 6.64	18.5 17.1 15.8 15.0	5.6 5.3 5.1 4.9	1.04 1.06 1.09 1.10	0.88 0.87 0.89 0.90
C 1 15 x 3 3/8 R = 0.50	50.0 40.0 33.9	14.64 11.70 9.90	15	3.716 3.520 3.400	0.650 0.650 0.650	0.716 0.520 0.400	401.4 346.3 312.6	53.6 46.2 41.7	5.24 5.44 5.62	11.2 9.3 8.2	3.8 3.4 3.2	0.87 0.89 0.91	0.80 0.78 0.79
C 20 13 x 4 R = 0.48	50.0 40.0 35.0 31.8	14.66 11.71 10.24 9.30	13	4.412 4.185 4.072 4.000	0.610 0.610 0.610 0.610	0.787 0.560 0.447 0.375	312.9 271.4 250.7 237.5	48.1 41.7 38.6 36.5	4.62 4.82 4.95 5.05	16.7 13.9 12.5 11.6	4.9 4.3 4.0 3.9	1.07 1.09 1.10 1.11	0.98 0.97 0.99 1.01
C 2 12 x 3 R = 0.38	30.0 25.0 20.7	8.79 7.32 6.03	12	3.170 3.047 2.940	0.501 0.501 0.501	0.510 0.387 0.280	161.2 143.5 128.1	26.9 23.9 21.4	4.28 4.43 4.61	5.2 4.5 3.9	2.1 1.9 1.7	0.77 0.79 0.81	0.68 0.68 0.70
C 3 10 x 2 3/8 R = 0.34	30.0 25.0 20.0 15.3	8.80 7.33 5.86 4.47	10	3.033 2.886 2.739 2.600	0.436 0.436 0.436 0.436	0.673 0.526 0.379 0.240	103.0 90.7 78.5 66.9	20.6 18.1 15.7 13.4	3.42 3.52 3.66 3.87	4.0 3.4 2.8 2.3	1.7 1.5 1.3 1.2	0.67 0.68 0.70 0.72	0.65 0.62 0.61 0.64
C 4 9 x 2 1/2 R = 0.33	20.0 15.0 13.4	5.86 4.39 3.89	9	2.648 2.485 2.430	0.413 0.413 0.413	0.448 0.285 0.230	60.6 50.7 47.3	13.5 11.3 10.5	3.22 3.40 3.49	2.4 1.9 1.8	1.2 1.0 0.97	0.65 0.67 0.67	0.59 0.59 0.61
C 5 8 x 2 1/4 R = 0.32	18.75 13.75 11.50	5.49 4.02 3.36	8	2.527 2.343 2.260	0.390 0.390 0.390	0.487 0.303 0.220	43.7 35.8 32.3	10.9 9.0 8.1	2.82 2.99 3.10	2.00 1.50 1.30	1.00 0.86 0.79	0.60 0.62 0.63	0.57 0.56 0.58

ANEXO 7

Datos técnicos tuberías

CRANE

APÉNDICE B — INFORMACIÓN TÉCNICA

B - 2 3

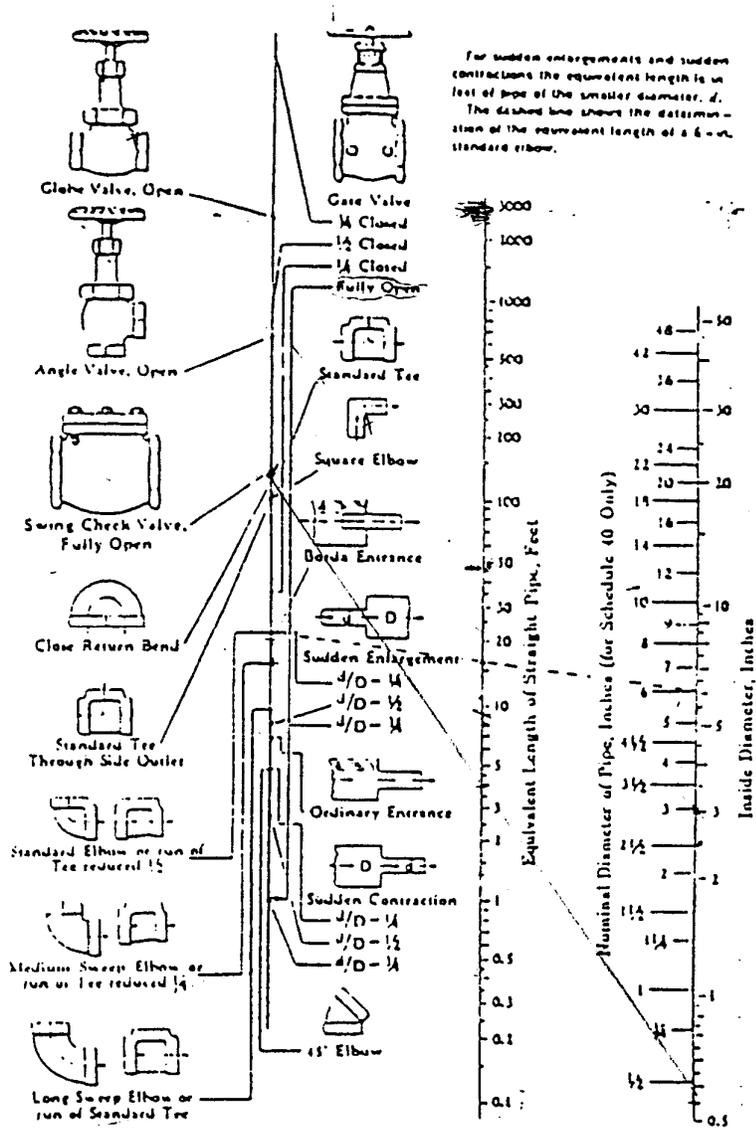
B-14. Datos técnicos de las tuberías

Aceros al carbón - Aceros inoxidables

Medida nominal de la tubería (pulgadas)	Diámetro exterior D.E. (pulgadas)	Identificación			Espesor de pared t (pulgadas)	Diámetro interior d (pulgadas)	Área metálica (pulgadas cuadradas)	Área interna transversal		Momento de inercia J (pulgadas ⁴)	Peso de la tubería (libras por pie)	Peso de agua (libras por pie de tubería)	Superficie externa típica por pie de tubería	Módulo de sección $(\frac{I}{D.E.})$
		Acero		Número de acúchila en acero inoxidable				A	B					
		Medida Tubería de hierro	Número de acúchila											
1/8	0.405	STD	40	10s	.049	.307	.0548	.0740	.00051	.00088	.19	.032	.106	.00437
		XS	80	40s	.068	.269	.0720	.0568	.00040	.00106	.24	.025	.106	.00523
		...	...	80s	.095	.215	.0925	.0364	.00025	.00122	.31	.016	.106	.00602
1/4	0.540	STD	40	10s	.065	.410	.0970	.1320	.00091	.00279	.33	.057	.141	.01032
		XS	80	40s	.088	.364	.1250	.1041	.00072	.00331	.42	.045	.141	.01227
		...	...	80s	.119	.302	.1574	.0716	.00050	.00377	.54	.031	.141	.01395
3/8	0.675	STD	40	10s	.065	.545	.1246	.2333	.00162	.00586	.42	.101	.178	.01736
		XS	80	40s	.091	.493	.1670	.1910	.00133	.00729	.57	.083	.178	.02160
		...	...	80s	.126	.423	.2173	.1405	.00098	.00862	.74	.061	.178	.02554
1/2	0.840	...	...	5S	.065	.710	.1583	.3959	.00275	.01197	.54	.172	.220	.02849
		...	...	10S	.083	.674	.1974	.3568	.00248	.01431	.67	.155	.220	.03407
		STD	40	40s	.109	.622	.2503	.3040	.00211	.01709	.85	.132	.220	.04069
		XS	80	80s	.147	.546	.3200	.2340	.00163	.02008	1.09	.102	.220	.04780
		...	160	...	.187	.466	.3836	.1706	.00118	.02212	1.31	.074	.220	.05267
		...	...	...	.294	.252	.5043	.050	.00035	.02424	1.71	.022	.220	.05772
3/4	1.050	...	...	5S	.065	.920	.2011	.6648	.00462	.02450	.69	.288	.275	.04667
		...	...	10S	.083	.884	.2521	.6138	.00405	.02969	.86	.266	.275	.05655
		STD	48	40s	.113	.824	.3326	.5330	.00371	.03704	1.13	.231	.275	.07055
		XS	80	80s	.154	.742	.4335	.4330	.00300	.04479	1.47	.188	.275	.08531
		...	160	...	.219	.612	.5698	.2961	.00206	.05269	1.94	.128	.275	.10036
		...	...	...	.308	.434	.7180	.148	.00103	.05792	2.54	.064	.275	.11032
1	1.315	...	...	5S	.065	1.185	.2553	1.1029	.00766	.04999	.87	.478	.344	.07603
		...	...	10S	.109	1.097	.4130	.9452	.00686	.07569	1.40	.409	.344	.11512
		STD	40	40s	.133	1.049	.4939	.8640	.00600	.08734	1.68	.375	.344	.1328
		XS	80	80s	.179	.957	.6388	.7190	.00499	.1056	2.17	.312	.344	.1606
		...	160	...	.250	.815	.8365	.5217	.00382	.1251	2.84	.230	.344	.1903
		...	...	...	.358	.599	1.0760	.282	.00196	.1405	3.66	.122	.344	.2136
1 1/4	1.660	...	...	5S	.065	1.530	.3257	1.839	.01277	.1038	1.11	.797	.435	.1250
		...	...	10S	.109	1.442	.4717	1.633	.01134	.1605	1.81	.708	.435	.1934
		STD	40	40s	.140	1.380	.6685	1.495	.01040	.1947	2.27	.649	.435	.2346
		XS	80	80s	.191	1.278	.8815	1.283	.00891	.2418	3.00	.555	.435	.2913
		...	160	...	.250	1.160	1.1070	1.057	.00734	.2839	3.76	.458	.435	.3421
		...	...	...	.382	.896	1.534	.630	.00438	.3411	5.21	.273	.435	.4110
1 1/2	1.900	...	...	5S	.065	1.770	.3747	2.461	.01709	.1579	1.28	1.066	.497	.1662
		...	...	10S	.109	1.682	.6133	2.222	.01543	.2468	2.09	.963	.497	.2598
		STD	40	40s	.145	1.610	.7995	2.036	.01414	.3099	2.72	.882	.497	.3262
		XS	80	80s	.200	1.500	1.068	1.767	.01225	.3912	3.63	.765	.497	.4118
		...	160	...	.281	1.338	1.429	1.406	.00976	.4824	4.86	.608	.497	.5078
		...	...	...	.400	1.100	1.885	.950	.00660	.5678	6.41	.42	.497	.5977
2	2.375	...	...	5S	.065	2.245	.4717	3.958	.02749	.3149	1.61	1.72	.622	.2652
		...	...	10S	.109	2.157	.7780	3.654	.02538	.4992	2.64	1.58	.622	.4204
		STD	40	40s	.154	2.067	1.075	3.355	.02330	.6657	3.65	1.45	.622	.5606
		XS	80	80s	.218	1.939	1.477	3.053	.02050	.8679	5.02	1.28	.622	.7309
		...	160	...	.344	1.687	2.190	2.241	.01556	1.162	7.46	.97	.622	.979
		...	...	...	.436	1.503	2.656	.774	.01232	.311	9.03	.77	.622	1.104
2 1/2	2.875	...	...	5S	.083	2.709	.7280	5.764	.04002	.7100	1.48	2.50	.753	.4939
		...	...	10S	.120	2.635	1.039	4.453	.03787	.9873	3.53	2.36	.753	.6868
		STD	40	40s	.203	2.469	1.704	4.788	.03322	.530	5.79	2.07	.753	1.064
		XS	80	80s	.276	2.323	2.254	4.238	.02942	.924	7.66	1.87	.753	1.339
		...	160	...	.375	2.125	2.945	3.546	.02483	.353	0.01	11.54	.753	1.638
		...	...	...	.552	1.771	4.028	.464	.01710	.871	3.69	1.07	.753	11.997
3	3.500	...	...	5S	.083	3.134	.8910	.730	.06063	.301	3.03	3.78	.916	.7435
		...	...	10S	.120	3.260	1.274	.347	.05796	.822	4.33	3.62	.916	1.041
		STD	40	40s	.216	3.108	2.228	.393	.05130	.017	7.58	3.20	.916	11.724
		XS	80	80s	.300	2.900	3.018	.605	.04587	.894	0.225	8.86	.916	2.225
		...	160	...	.438	2.624	4.205	.408	.03755	.032	4.32	8.35	.916	2.876
		...	...	...	.600	2.300	5.466	.155	.02885	.993	8.58	1.80	.916	3.424

Nota: Véase la notación al final de la tabla.

ANEXO 8



Equivalent Lengths of valves and various fittings. (Crane Co.)

ANEXO 9

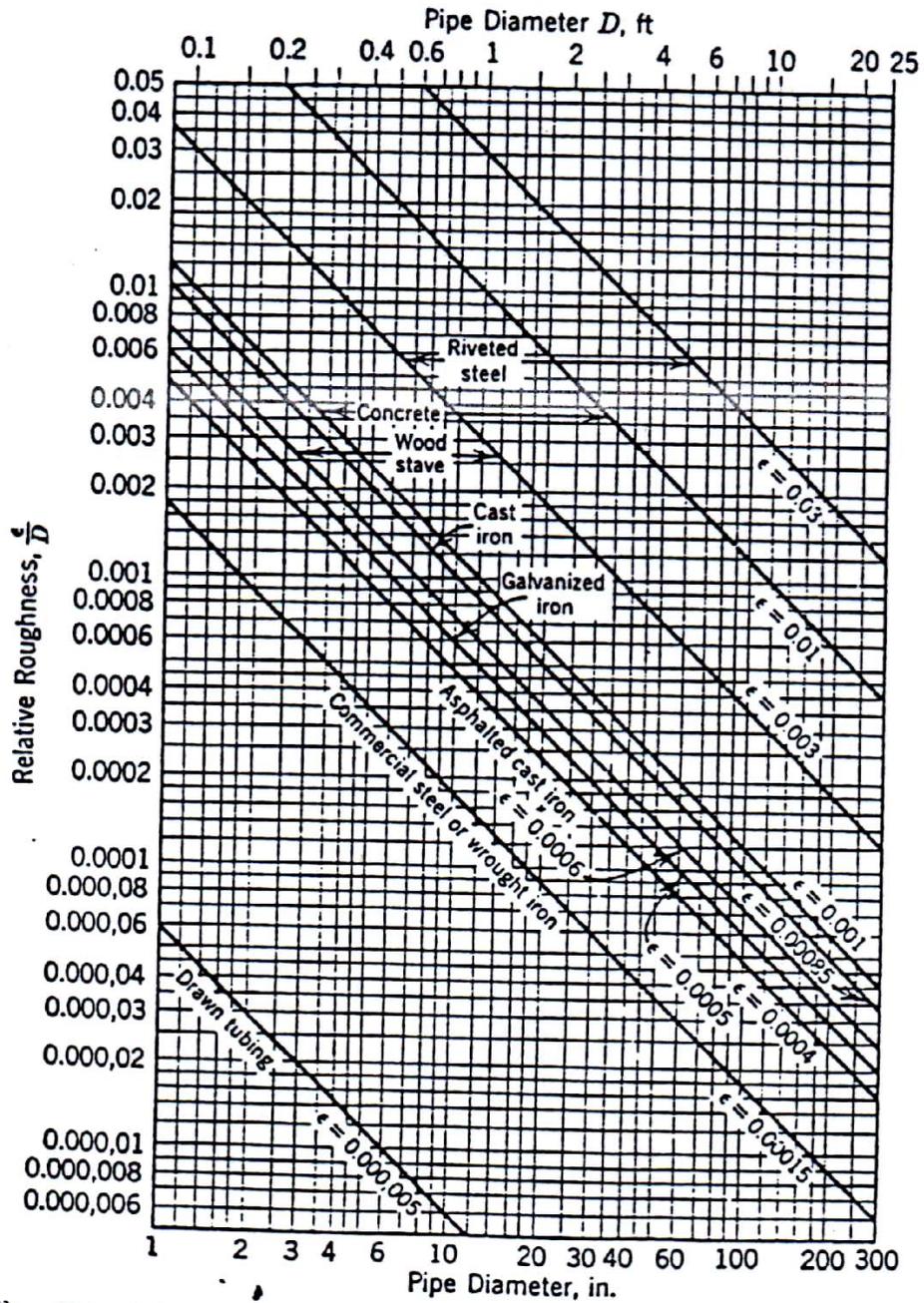


Fig. 126. Relative roughness as a function of diameter for pipe of various materials.*

ANEXO 10

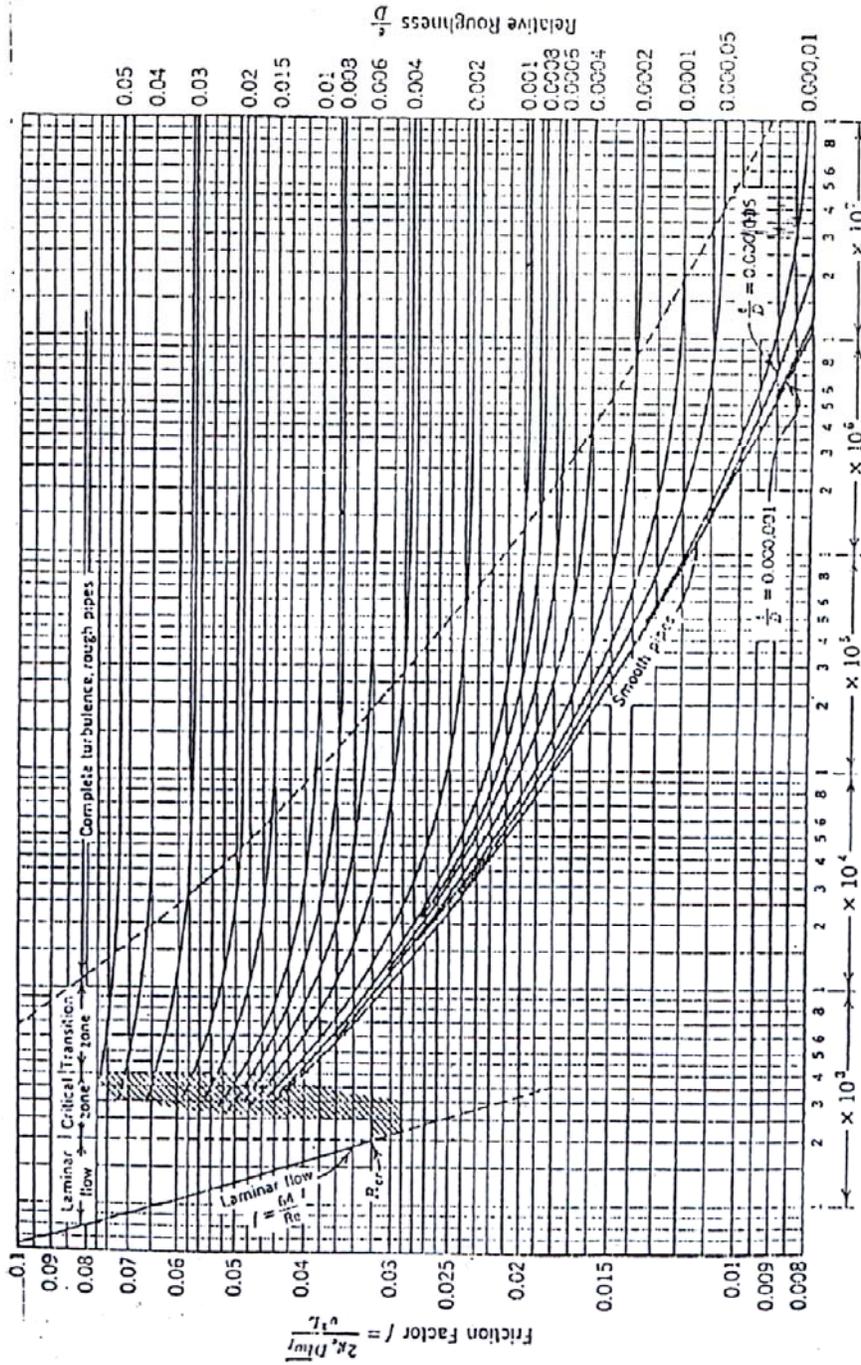


Fig. 125. Friction factor as a function of Reynolds number with relative roughness as a parameter.