

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA



**DISEÑO DE UNA PLANTA PILOTO DE ACEITES
ESENCIALES EN LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN
MISAEL SARACHO” PARA LA OBTENCIÓN DE ACEITE
ESENCIAL DE ORÉGANO**

Por:

MARTÍNEZ CHOSCO MIGUEL ANGEL

*Proyecto de Grado (Modalidad, Prefactibilidad) presentado a consideración de la
“UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para
optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Química*

Septiembre del 2016

TARIJA – BOLIVIA

Dedicatoria:

A mis queridos padres:

Felix Martínez Delgado. † y Plácida Chosco Pequex
vda. de Martínez

A mis hermanos:

Favio Martínez Ch.

Juan Carlos Martínez Ch.

Silvia Martínez Ch.

Janete Martínez Ch.

Elsa Martínez Ch.

A mis Cuñados

Cimar Calderón Y.

Sofía González A.

Jaime Galarza

Felipe Acosta

Agradecimientos:

A Dios por darme el privilegio de vivir.

A mi entrañable padre Felix Martínez Delgado † que en todo momento supo darme ese ejemplo de fortaleza para conseguir los objetivos trazados y a mi adorada madre Placida Chosco Pequex vda. de M. que con su incondicional apoyo me impulsó a la culminación de mi trabajo.

A mis hermanos por su amor en todo momento, en especial a Silvia, Janete y Favio quienes me han sabido dar el cariño que necesitaba para no desfallecer.

A mis docentes por brindarme sus conocimientos y experiencias, en especial al Ing. René Michel. y al Ing. Juan Pablo Herbas que con paciencia supieron guiarme en el camino emprendido.

A todos mis compañeros por su cooperación continua.

Pensamiento:

“No existe una manera fácil. No importa cuán talentoso seas, tu talento te va a fallar si no lo desarrollas. Si no estudias, si no trabajas duro, si no te dedicas a ser mejor cada día.”

(Will Smith Norteamericano)

GLOSARIO

NANDINA: Nomenclatura Arancelaria Común de la Comunidad Andina y está basada en el Sistema Armonizado de Designación y Codificación.

ITC: Industria, Turismo y Comercio. Es un organismo conjunto de la Organización Mundial del Comercio y de las Naciones Unidas.

TRADE MAP: Estadísticas comerciales para el desarrollo del comercio internacional de las empresas. Datos comerciales mensuales, trimestrales y anuales. Valores de importación y exportación, volumen es, tasas de crecimiento, cuotas de mercado, etc.

UN COMTRADE: Es una base de datos muy especializada, publicada por las Naciones Unidas, que se nutre de las estadísticas comerciales de 170 países.

IBCE: Es el Instituto Boliviano de Comercio Exterior.

INE: El Instituto Nacional de Estadística es un organismo autónomo de carácter administrativo, con personalidad jurídica y patrimonio propio, adscrito al Ministerio de Economía y Competitividad a través de la Secretaría de Estado de Economía y Apoyo a la Empresa.

APOT: Asociación de Productores de Orégano de Tarija

CAPEC: Complejo agroindustrial de procesamiento de especias y condimentos.

ACEITE DE ORÉGANO: El aceite de orégano es uno de los más potentes y efectivos antisépticos naturales se lo aplica en el área farmacéutico, cosmética, gastronómica, etc.

CARVACROL: Es un compuesto químico que se encuentra en los aceites esenciales del orégano, el tomillo, la ajedrea y otras plantas.

TIMOL: El timol (2-iso propil-5-metilfenol) es una sustancia cristalina incolora con un olor característico que está presente en la naturaleza en los aceites esencial del orégano.

ENFLEURAGE: Es un proceso que utiliza las grasas inodoros que son sólidos a temperatura ambiente para capturar los compuestos fragantes exudados por las plantas. El proceso puede ser enfleurage " fría " o enfleurage "caliente".

EXTRACCIÓN CON SOLVENTES: La extracción con solventes es una técnica de tratamiento que consiste en usar un solvente (un líquido capaz de disolver otra sustancia) para separar o retirar contaminantes orgánicos peligrosos de fangos residuales, sedimentos o tierra.

EXTRACCIÓN POR PRENSADO: Consiste en el procesamiento del grano a través de una extrusora en seco (sin agregado de vapor), y posterior prensado de la misma en prensas de tornillo continuas, para recuperar el aceite contenido y obtener expeller de alta calidad.

EXTRACCIÓN CON FLUIDOS SUPERCRÍTICOS: Es el uso del gas especial y del equipo óptimos al realizar una extracción con fluidos supercríticos (SFE) supondrá una mejora sustancial en la precisión de sus resultados.

DESTILACIÓN: La destilación es el proceso de separar las distintas sustancias que componen una mezcla líquida mediante vaporización y condensación selectivas.

HIDRODESTILACIÓN: Es el proceso para obtener el aceite esencial de alguna materia prima vegetal mediante el uso del vapor saturado a presión atmosférica.

DESTILACIÓN CON AGUA-VAPOR: Es un método mejorado, donde la carga, el material vegetal, se coloca sobre una malla que sirve como un fondo falso y no permite el contacto directo con el agua.

DESTILACIÓN POR ARRASTRE DE VAPOR: Se inyecta el vapor por la parte de abajo controlando las variables temperatura, caudal de vapor, presión del sistema.

SECADO: El secado es un método de condensación de alimento, consistente en extraer el agua de estos, lo que inhibe la proliferación de microorganismos y dificulta la putrefacción.

TRITURADO: La trituración es el nombre de los diferentes métodos de

procesamiento de materiales. El triturado es también el nombre del proceso para reducir el tamaño de las partículas de una sustancia por la molienda, como por moler los polvos en un mortero con un mazo.

ALMACENAMIENTO: El almacenamiento del orégano está orientado a mantener en el tiempo las características propias del orégano a fin de que sean mantenidos sus propias características y propiedades para la producción

SILOS: es un espacio creado específicamente para el almacenamiento de granos y de otros elementos agrícolas que se mantiene allí en condiciones ideales, evitando así que entren en mal estado debido a las condiciones climáticas.

GENERADOR DE VAPOR: En la industria, es una máquina o dispositivo de ingeniería diseñado para generar vapor. Este vapor se genera a través de una transferencia de calor a presión constante, en la cual el fluido, originalmente en estado líquido, se calienta y cambia su fase a vapor saturado.

TANQUE EXTRACTOR: Componente principal del equipo preferentemente construido en acero inoxidable, recipiente en el que se deposita el material al cual se le realizará la extracción.

CONDENSADOR (Intercambiadores de calor de carcasa y tubos): Están compuestos por tubos cilíndricos, montados dentro de una carcasa también cilíndrica, con el eje de los tubos paralelos al eje de la carcasa. Un fluido circula por dentro de los tubos, y el otro por el exterior (fluido del lado de la carcasa). Son el tipo de intercambiador de calor más usado en la industria.

VASO FLORENTINO: Es un recipiente diseñado de tal manera, que se garantiza que el aceite esencial tenga el tiempo suficiente para que se separe.

TABLA DE CONTENIDO DE ABREVIATURAS

F	Flujos de corrientes en los balances de materia en Kg/día
Kg	Kilogramos del material vegetal (orégano)
t	Tiempo de secado en horas
m	metros
m ²	metros cuadrados
m ³	metros cúbicos
r	radio
D	diámetros
X _{H2O}	Humedad inicial del orégano al 63,4 % en el secado
X _{SS}	Humedad final del orégano al 11,58 % en el secado
m	Masa de producto a secar (40Kg)
C _p	Calor específico del producto higroscópico $\left(\frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}\right)$
ω	Contenido de humedad en % (63,4%)
T _{op}	Temperatura de secado (45 °C)
T _{amb}	Temperatura ambiente (25 °C)
q _s	Calor que se requiere para el secado Kcal
q _L	Cantidad de calor que se almacena en el vapor Kcal
h _{fg}	Calor latente de vaporización del agua, cuyo valor es $\frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}$
m _v	Masa de vapor de agua (Kg)
m	Masa inicial de producto a ser secado (Kg)

X_i	Contenido inicial de humedad, base húmeda (63,4%)
X_f	Contenido final de humedad, base húmeda (11,58%)
m_v	La masa de agua evaporada Kg
q	Calor total para calentar el aire y evaporar la humedad del orégano $\frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$
M_{GNP}	Cantidad de combustible
Q	Calor total requerido Kcal/h
P_q	Poder Calórico Kcal/Kg
ΔH_v	Entalpia de vaporización del agua
Q_1	Calor necesario para calentar el material vegetal seco de 20 a 70°C
Q_2	Calor necesario para evaporar el agua a 70°C
$m_{\text{material vegetal}}$	Material vegetal trituradas y calentadas Kg/día
T_2	Temperatura del calentado = 70°C
T_1	Temperatura inicial del material vegetal = 20°C
ΔH_w	Calor de vaporización del agua 70 °C
m_w	Cantidad de vapor de agua que ingresa Kg/día
m_v	Vapor enriquecido para la extracción de aceite esencial
Q_1	Calor necesario para calentar el material vegetal seco de 70 a 94°C
Q_2	Calor necesario para evaporar el agua a 94°C
T_2	Temperatura de extracción a 94°C
T_1	Temperatura inicial del material vegetal = 70°C
ΔH_w	Calor de vaporización del agua = 94 °C
$Q_{\text{Total del sistema}}$	Calor total del sistema $\frac{\text{Kcal}}{\text{día}}$

$T_{\text{emp.entrada}} (T_1)$ 201.2 °F Fluido de proceso: vapor – aceite (Coraza)

$T_{\text{emp.entrada}}$ 95 °F Fluido de proceso: vapor – aceite (Coraza)

$T_{\text{emp.Promedio}}$ 148.1 °F Fluido de proceso: vapor – aceite (Coraza)

$T_{\text{emp.entrada}}$ 71.6°F Fluido de servicio: agua por tubos

$T_{\text{emp.entrada}}$ 80.6°F Fluido de servicio: agua por tubos

$T_{\text{emp.Promedio}}$ 76.1°F Fluido de servicio: agua por tubos

$T_{\text{tamaño nominal}}$ $\frac{3}{8}$ pulg de la coraza

DI 3.94 pulg de los tubos

arreglo triangular 20mm

Número de pasos del fluido por tubos 1

Q Calor total requerido para el condensador

Q_C Calor sensible para el condensador

Q_V Calor latente para el condensador

MLDTc Temperatura media logarítmica

C_{PL} Calor específico del agua = 1 Kcal/Kg °C

T_2 Temperatura de salida del vapor = 110 °C

T_1 Temperatura de alimentación al caldero = 25°C

T_b Temperatura de ebullición = 92 °C

C_{PG} Calor específico del vapor = $8,22 + 1,5 E^{-4} * T + 1,34 E^{-6} * T^2$

Q_t Flujo total volumétrico de la mezcla agua-aceite,

Q_a Flujo volumétrico que sale de agua

Q_o	Flujo volumétrico que sale de aciete
P_1	Presión en la toma de agua del separador florentino Kg/ms^2
V_1	Velocidad de fluido de agua en el separador florentino $\frac{\text{m}}{\text{s}}$
Z_1	Altura de toma de agua en en el separador respecto a la bomba m
P_2	Presión a la salida de la bomba Kg/ms^2
V_2	Velocidad de flujo a la salida de la bomba
Z_2	Altura de salida de la bomba m
μ_{agua}	$\frac{\text{Kg}}{\text{ms}}$ a una temperatura de 35 °C
\hat{E}_v	Pérdida de carga
g	Coefficiente de gravedad m/s^2
Re	Número de Reynolds
$\frac{E}{D}$	Rubosidad
f	Cálculo de factor de fricción
L_e	Longitud equivalente
$L_{\text{cañería}}$	Longitud lineal de tubería = 10m
$L_{\text{accesorios}}$	Equivalente de accesorio
H_b	Altura dinámica para la potencia del motor de la bomba.
P_v	Energía específica suministrada por la bomba.
P_b	La eficiencia de la bomba

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

1 ANTECEDENTES-----	1
1.1 Importaciones de aceites esenciales en Bolivia-----	1
1.2 Exportaciones de aceites esenciales en Bolivia-----	2
2 OBJETIVOS-----	4
2.1 OBJETIVO GENERAL-----	4
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS-----	4
3 JUSTIFICACION DEL PROYECTO-----	4

ESTUDIO DE MERCADO

1.1 GENERALIDADES-----	6
1.1.1 Definición de Aceite Esencial-----	6
1.1.2 Aplicaciones de los aceites esenciales-----	6
1.2 ESTRUCTURA DEL MERCADO NACIONAL E INTERNACIONAL, DEPENDIENDO DEL ALCANCE DEL PROYECTO-----	9
1.2.1 Producción y demanda de aceite esencial de orégano en Bolivia-----	9
1.2.1.1 Aplicabilidad del aceite esencial de orégano en Bolivia-----	9
1.2.1.2 Bolivia exporta al mundo Los Aceites Esenciales y resinoides; preparación de perfumería o de tocador de cosmética-----	12
1.2.1.3 Bolivia exporta al mundo los Aceites Esenciales y resinoides; en productos Farmacéuticos-----	12
1.2.2 El aceite esencial de orégano en Bolivia-----	13
1.2.2.1 Demanda de aceite esencial de orégano Bolivia importa desde el mundo----	13
1.2.2.2 Exportación e importación de aceite esencial de orégano según IBCE-----	14
1.2.3 Producción y demanda de aceite esencial de orégano en el mundo-----	16
1.3 DESCRIPCIÓN DE LA MATERIA, PRIMA EL ORÉGANO-----	17
1.3.1 Descripción de la planta del orégano-----	18
1.3.2 Componentes activos-----	18
1.3.4 Descripción botánica de orégano en el departamento de Tarija-----	19
1.3.4.1 Origanum Maru-----	19
1.3.4.2 Origanum Kaliteri-----	19
1.4 DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO-----	20
1.4.1 Características y Propiedades Fisicoquímicas del aceite esencial de Orégano del departamento de Tarija-----	20
1.4.2 Calidad del Aceite Esencial-----	20
1.5 PRODUCCIÓN ORÉGANO EN EL DEPARTAMENTO DE TARIJA-----	22
1.6 DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA DEL MERCADO Y POLÍTICAS DE COMERCIALIZACIÓN.-----	23
1.6.1 Políticas de comercialización-----	23
1.7 ANÁLISIS DE PRECIOS: MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS-----	24
1.7.1 Análisis de Costo de la Materia Prima-----	24
1.7.2 Análisis de Costo del producto aceite esencial de orégano-----	24

1.8 PROYECCIONES -----	25
1.8.1 Análisis de la demanda del aceite esencial de orégano en el mundo -----	25
1.8.2 Análisis de la demanda de aceite esencial de órgano en Bolivia -----	26

LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA PILOTO

2.2 TAMAÑO DE LA PLANTA PILOTO DE ACEITE ESENCIAL -----	29
2.2.1 Producción de orégano en Bolivia -----	29
2.2.2 Potencialidades del Orégano en el departamento de Tarija -----	29
2.2.3 Producción del Orégano en el valle central de Tarija -----	30
2.2.4 Superficie de cultivo de orégano por Comunidad y Municipio en el valle central de Tarija -----	31
2.3 CÁLCULOS DE LA MATERIA PRIMA DISPONIBLE EN EL VALLE CENTRAL DE TARIJA -----	32
2.3.1 Proyecciones de la Materia Prima -----	32
2.4 LA LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA PILOTO DE ACEITE ESENCIAL --	34
2.5 MACRO-LOCALIZACIÓN -----	34
2.5.1 Provincia Cercado -----	34
2.5.2 Factores determinantes -----	35
2.5.3 Disponibilidad de Mano de Obra -----	36
2.5.4 Clima -----	37
2.6 MICROLOCALIZACIÓN -----	37
2.6.1 Evaluación de los factores de localización -----	40

INGENIERÍA DE PROYECTO

3.1 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS EXISTENTES PARA LA ELABORACIÓN DEL PRODUCTO -----	42
3.1.1 Análisis de los diferentes métodos de extracción de aceite esencial -----	42
3.1.1.1 Enfleurage -----	42
3.1.1.2 Extracción con solventes -----	43
3.1.1.3 Extracción por prensado -----	43
3.1.1.4 Extracción con fluidos supercríticos -----	44
3.1.1.5 Destilación -----	46
3.1.1.6 Hidrodestilación -----	48
3.1.1.7 Destilación con agua-vapor -----	48
3.1.1.8 Destilación por arrastre con vapor -----	49
3.1.2.8 Destilación por arrastre con vapor -----	49
3.2 SELECCIÓN DEL PROCESO A DISEÑAR -----	49
3.3.1 Sección acondicionamiento y preparación del orégano -----	53
3.3.1.1 Secado -----	53
3.3.1.2 Triturado o molienda -----	54
3.3.1.3 Almacenamiento -----	55
3.3.2 Sección de extracción-obtención de aceite esencial -----	56
3.3.2.1 Generador de vapor -----	56
3.3.2.2 Tanque extractor -----	57

3.3.2.2.1 El cesto -----	58
3.3.2.2.2 Aislante del extractor -----	59
3.3.2.3 Condensador -----	59
3.3.2.4 Vaso separador de aceites o vaso florentino -----	60
3.4 DIAGRAMAS DE FLUJO -----	60
3.5 DISEÑO DE LOS EQUIPOS PRINCIPALES -----	62
3.5.1 SECADO -----	62
3.5.1.1 Balance para los solidos -----	63
3.5.1.2 Balance para el agua-----	63
3.5.1.3 Balance de energía-----	64
3.5.1.4 Combustible requerido -----	66
3.5.1.5 Dimensionamiento-----	66
3.5.2 TRITURADO -----	66
3.5.2.1 Dimensionamiento del molino de cuchillas -----	68
3.5.3 BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA EN EL EXTRACTOR-----	68
3.5.3.1 Balance de materia en base seca para el precalentamiento-----	69
3.5.3.2 Balance de materia para el vapor de agua-----	70
3.5.3.3 Balance de energía en el calentado -----	72
3.5.3.4 Balance de energía en la destilación -----	74
3.5.3.5 Dimensionamiento del extractor: -----	77
3.5.3.6 Cálculo de las dimensiones del extractor -----	77
3.5.4 CONDENSADOR -----	78
3.5.4.1 Datos para el cálculo de condensador tubo-coraza-----	79
3.5.4.2 Balance de Energía -----	79
3.5.4.3 Masa de agua necesaria -----	80
3.5.4.4 Temperatura media logarítmica -----	80
3.5.4.5 Dimensionamiento del intercambiador de calor-----	81
3.6 EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO EN LA PLANTA PILOTO -----	82
3.7 DISTRIBUCIÓN GENERAL DE LA PLANTA-----	86
3.7 SERVICIOS DE EQUIPOS AUXILIARES -----	87
3.8.1 Caldera de vapor -----	87
3.8.1.1 Cálculo de la cantidad de calor total requerido-----	87
3.8.1.2 Combustible requerido -----	88
3.8.2 Vaso florentino-----	89
3.8.2.1 Cálculos para determinar los flujos másicos a la entrada y salida del vaso florentino -----	89
3.8.2.2 Dimensionamiento del vaso florentino-----	91
3.8.3 Dimensionamiento de tanque florentino -----	91
3.8.4 Diseño de la bomba: -----	91
3.9 CONSUMO DE VAPOR DE LA PLANTA PILOTO-----	95
3.9.1 Consumo de agua y gas de la planta piloto-----	96
3.10 CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN, CPM Y GANTT -----	97
3.11 ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA-----	100
3.11.1 Descripción de funciones de los principales cargos -----	100

3.11.2 Gerente general-----	100
3.11.3 Jefe de planta-----	101
3.11.4 Mantenimiento-----	101
3.11.5 Obreros-----	101
3.11.6 Personal auxiliar-----	101

ASPECTOS ECONÓMICOS DEL PROYECTO

4.1 COMPONENTES DE LA INVERSIÓN-----	102
4.1.1 Fase de pre inversión.- -----	102
4.1.2 Fase de inversión.- -----	102
4.2 INVERSIONES -----	102
4.2.1 Terreno-----	103
4.2.2 Maquinarias y Equipos-----	103
4.2.3 Muebles y Enseres-----	105
4.2.4 Edificio-----	105
4.2.5 Detalle de mano de obra directa e indirecta-----	105
4.2.6 Materia Prima e Insumos-----	106
4.2.7 Vehículos-----	106
4.2.8 Materiales Directos e Indirectos-----	107
4.3 INVERSIONES Y FINANCIAMIENTO-----	107
4.3.1 Inversión total requerida-----	107
4.3.2 Estructura del financiamiento-----	108
4.4 PROYECCIONES DE COSTOS ANUALES-----	110
4.4.1 Costo Unitario del Producto Aceite Esencial de Orégano (Lt)-----	110
4.4.2 Estado de Pérdidas y Ganancias-----	112
4.5 DEPRECIACIONES-----	114
4.5.1 Costos de depreciación de los Equipos-----	114
4.6 FINANCIAMIENTO-----	115
4.6.1 Plan de pagos-----	115

ASPECTOS ECONÓMICOS

5.1 PUNTO DE EQUILIBRIO-----	117
5.1.1 Ingresos Anuales Proyectados-----	117
5.2 GENERACIÓN Y FLUJO DE FONDOS-----	119
5.2.1. Precisión de Escenarios-----	119
5.2.2 Estado de Pérdidas y Ganancias Económico-----	120
5.2.3 Flujo de Fondos con Préstamo-----	121
5.3 INDICADORES FINANCIEROS-----	122
5.3.1. Valor Actual Neto (VAN)-----	122
5.3.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)-----	122
5.3.3. Relacion Beneficio/Costo (RB/C)-----	123

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES -----	124
6.1.1 Estudio de Mercado -----	124
6.1.2 Tamaño y Localización de la Planta Piloto -----	124
6.1.3 Ingeniería del Proyecto-----	125
6.1.4 Aspectos Económicos del Proyecto-----	125
6.1.5 Evaluación Económica del Proyecto -----	126
6.2 RECOMENDACIONES -----	126
7.1 BIBLIOGRAFÍA-----	128

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 3-1 Flujo del proceso de Extracción de aceite esencial de orégano -----	83
Diagrama 3-2 Diagrama de Grantt -----	99
Diagrama 3.3 Organización de la empresa -----	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura: 1-1 Diagrama de Bloques de aplicaciones de los aceites esenciales-----	8
Figura: 1-2 Estructura de la planta de orégano. -----	18
Figura: 1-3 Planta de orégano-----	20
Figura: 2-1 Potencialidad del orégano en zonas productivas del departamento de Tarija-----	30
Figura: 2-2 Mapa Politico de la Provincia Cercado del departamento de Tarija -----	35
Figura: 3-1 Extracción por Enfleurage -----	43
Figura: 3-2 Esquema de extracción del aceite por prensado continuo-----	44
Figura: 3-3 Diagrama P-T -----	45
Figura: 3-4 Diagrama equipo de extracción supercrítica-----	46
Figura: 3-5 Partes principales de un equipo de destilación de aceites esenciales -----	47
Figura: 3-6 Hidrodestilación -----	48
Figura: 3-7 Destilación agua-vapor-----	49
Figura: 3-8 Destilación con vapor seco -----	49
Figura: 3-9 Secador de bandejas -----	54
Figura: 3-10 Triturado de cuchillas-----	54
Figura: 3-11 El generador de vapor -----	57
Figura: 3-12 Tanque extractor -----	57
Figura: 3-13 El cesto y serpentín a emplear para el material vegetal en el extractor -----	59
Figura: 3-14 Intercambiador de calor -----	59
Figura: 3-15 Vaso florentino -----	60
Figura: 3-16 Diagrama de flujo de la Planta Piloto de aceites esenciales en la "Universidad Autónoma Juan Misael Saracho" -----	61
Figura: 3-17 Extractor a Diseñar-----	77
Figura: 3-18 Diseño y dimensiones del intercambiador de calor -----	81
Figura: 3-19 Layout de la planta Piloto del Área de Extracción de Aceites Esenciales en predios de la Campus Universitario "L.O.U." Carrera de Ingeniería Química -----	86
Figura: 3-20 Corrientes de entradas y salidas en el separador florentino -----	89

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico: 1-1 Producción de orégano en el Valle Central de Tarija -----	22
Gráfico: 1-2 Proyección del aceite esencial de orégano en el mundo -----	26
Gráfico: 1-3 Proyección del aceite esencial de orégano en Bolivia-----	27
Gráfico: 2-1 Superficie, producción y rendimiento del orégano en el Valle Central de Tarija-----	31
Gráfico: 2-2 Proyecciones de Producción de orégano en el valle central de Tarija---	33

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla: 1 Recaudación Ordinaria según Principal Capítulo de la NANDINA, Enero a Diciembre de 2011 - 2014-----	1
Tabla: 2 Lista de los mercados importados para un producto exportado por Bolivia--	3
Tabla: I-1a Bolivia: Producción de cosméticos según producto, volumen y valor 2012 al 2015 -----	10
Tabla: I-1b Bolivia: Producción de cosméticos según producto, volumen y valor 2012 al 2015 -----	11
Tabla: I-2 BOLIVIA: EXPORTACIONES DE COSMÉTICOS SEGÚN PRODUCTO,VOLUMEN Y VALOR -----	12
Tabla: I-3BOLIVIA:EXPORTACIONES DE PRODUCTOS FARMACÉUTICOS SEGÚN VOLUMEN Y VALOR -----	13
Tabla: I-4 Bolivia importa desde el mundo para su demanda nacional -----	14
Tabla: I-5 BOLIVIA: EXPORTACIONES DE COSMÉTICOS SEGÚN PRODUCTO, VOLUMEN Y VALOR -----	15
Tabla: I-6 BOLIVIA: IMPORTACIONES DE COSMÉTICOS SEGÚN PRODUCTO,VOLUMEN Y VALOR -----	15
Tabla: I-7 El aceite esencial de orégano en el mundo-----	16
Tabla: I-8 El aceite esencial de orégano demandado por el mundo-----	16
Tabla: I-9 El aceite esencial de orégano, demanda satisfecha por el mundo -----	17
Tabla: I-10 El aceite esencial de orégano, demanda no satisfecha por el mundo ----	17
Tabla: I-11 Propiedades Fisicoquímicas del aceite esencial de Orégano de Tarija y otros distintos lugares -----	21
Tabla: I-12 Contenido de Carvacrol y/o Timol del aceite esencial de orégano en diferentes partes del mundo y la variedad Maru y de Tarija-----	21
Tabla: I-13 Producción de orégano en el Valle Central de Tarija-----	22
Tabla: I-14 Precio del aceite esencial de orégano en Bolivia-----	25
Tabla: I-15 Precios del aceite esencial de orégano en el mundo -----	25
Tabla: I-16 Proyección de demanda del aceite esencial de orégano en el mundo ----	25
Tabla: I-17 Proyección de demanda del aceite esencial de orégano en Bolivia -----	27
Tabla: II-1 Superficie, producción y rendimiento del orégano en Valle Central de Tarija-----	31
Tabla: II-2 Proyecciones de orégano en el valle central de Tarija -----	32
Tabla: II-3 Departamento de Tarija -----	34
Tabla: II-4 Factores predominantes de relevante importancia en la macro localización de la planta piloto de aceite esencial -----	36

Tabla II-5 Evaluación de la microlocalización para el “Diseño de una planta piloto de aceites esenciales en la UAJMS para la obtención de aceite esencial de orégano	-38
Tabla II-6 Escala de Calificación por Puntuación del 1 al 10	-----40
Tabla II-7 Matriz de decisión para la microlocalización para el “Diseño de una planta piloto de aceites esenciales en la UAJMS para la obtención de aceite esencial de orégano	-----40
Tabla: III-1 Ventajas de los métodos de extracción	-----50
Tabla: III-2 Desventajas de los métodos de extracción	-----50
Tabla: III-3 Escala de Calificación por Puntuación del 1 al 10	-----52
Tabla: III-4 De matriz de decisión para el tipo de proceso	-----52
Tabla: III-5 Datos para el balance de materia	-----62
Tabla: III-6 Datos de investigación “Diseño de secador a bandejas para el secado de orégano	-----63
Tabla: III-7 Dimensiones de secador de charolas	-----66
Tabla: III-8 Resultados del balance del Triturador	-----67
Tabla: III-9 Resultados del Balance de materia en base seca para un Extractor	-----70
Tabla: III-10 Datos para hace el balance de materia	-----70
Tabla III-11 Resultados del Balance de materia para el vapor de agua	-----72
Tabla: III-12 Extractor a Diseñar	-----78
Tabla III-13 Producción de aceite esencial del material vegetal seco en cada columna de extracción con 34 Kg/h	-----83
Tabla: III-14 Símbolos del Proceso de Extracción de aceite esencial de orégano	-----85
Tabla: III-15 Dimensiones del Vaso Florentino	-----91
Tabla III-16 Accesorios para el sistema de bombeo	-----94
Tabla: III-17 Flujo de vapor requerido en un tiempo de 5 horas en Kg/ h	-----96
Tabla: III-18 Consumo de agua y gas para la planta piloto de aceite esencial de orégano	-----97
Tabla: III-19 Cronograma de Ejecución dela planta piloto de aceite esencial	-----98
Tabla: IV-1 Costos de Maquinaria	----- 104
Tabla: IV-2 Costo de Muebles y Enseres	----- 105
Tabla: IV-3 Detalle Obras Civiles e Instalaciones	----- 105
Tabla: IV-4 Detalle de mano de obra Directa e Indirecta	----- 106
Tabla: IV-5 Materia Prima e Insumos	----- 106
Tabla: IV-6 Vehículo	----- 106
Tabla: IV-7 Materiales Directos e Indirectos	----- 107
Tabla: IV-8 Inversión total requerida	----- 108
Tabla: IV-9 Estructura de financiamiento (en miles de bs	----- 108
Tabla: IV-10 Proyección de costos anuales	----- 110
Tabla: IV-11 Costo unitario de producción	----- 111
Tabla: IV-12 Precio de Referencia del Aceite Esencial de Orégano Internacional	- 112
Tabla: IV-13 Precio promedio de aceite esencial de orégano producto importado por Bolivia	----- 112
Tabla: IV-14 Estado de Pérdidas y Ganancias de 1 a 5 años	----- 113
Tabla: IV-15 Depreciación de los Equipos	----- 114
Tabla: IV-16 Plan de Pagos por Método de Amortización de Anualidad Constante	115

Tabla: IV-17 Plan de Pagos por Método de Amortización de Anualidad Constante	116
Tabla: V-1 Costos totales-----	117
Tabla: V-2 Cálculo de Punto de Equilibrio en Unidad Monetaria Costo unitario de producción-----	118
Tabla: V-3 Escenarios de Producción en Unidad Monetaria Anual -----	119
Tabla: V-4 Ingresar Porcentaje de Impuesto (IVA+IT) = 0,16-----	120
Tabla: V-5 Flujo de Fondos de 1 a 5 años -----	121

NÓMINA DE ANEXOS

ANEXO I

ANEXO 1.1 CARTA SOLICITUD DE INFORMACIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO-----	
ANEXO 1.2 CARTA REAFIRMANDO LA INFORMACIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO-----	
ANEXO 1.3 FACTURA DE IBCE-----	
ANEXO 1.4 RECIBO COMPROBANTE-----	
ANEXO 1.5 TABLAS DE IBCE PARA EL ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO-----	
ANEXO 1.6 EMPRESAS DE COMERCIALIZACIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO EN BOLIVIA -----	

ANEXO III

ANEXO 3.1 FACTORES A CONSIDERAR PARA LOS CÁLCULOS-----	
ANEXO 3.1.1 Cálculos para referenciales para el dimensionamiento -----	
ANEXO 3.2 DIMENSIONAMIENTO DEL EQUIPO SECADO A CHAROLAS:-----	
ANEXO 3.2.1 Volumen de aire requerido-----	
ANEXO 3.2.2 Dimensionamiento para la bandeja de charolas -----	
ANEXO 3.2.3 Condición para cada charola-----	
ANEXO 3.3 DIMENSIONAMIENTO DEL TRITURADOR -----	
ANEXO 3.3.1 Cálculo del radio de los rodillos -----	
ANEXO 3.3.2 Determinación de la Capacidad -----	
ANEXO 3.3.3 Para el molino de cuchillas -----	
ANEXO 3.3.4 Dimensionamiento:-----	
ANEXO 3.4 DIMENSIONAMIENTO DEL EXTRACTOR -----	
ANEXO 3.4.1 Para el cesto de capacidad de 600gr de escala laboratorio (fraccionado en 3 cada uno con 200gr)-----	
ANEXO 3.4.1.1 Dimensionamiento-----	
ANEXO 3.4.2 Para el cesto de capacidad de 10Kg a escala planta piloto (fraccionado en 7 cada uno con 1,5Kg)-----	
ANEXO 3.4.2.1 Dimensionamiento-----	
ANEXO 3.4.2.2 Calculo de las dimensiones del extractor -----	
ANEXO 3.5 DIMENSIONAMIENTO DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR -----	
ANEXO 3.5.1 Tubos-----	

ANEXO 3.5.2 Coraza Condensación -----
ANEXO 3.5.3 Subenfriamiento-----
ANEXO 3.5.4 Dimensionamiento del intercambiador de calor-----
ANEXO 3.6 DIMENSIONAMIENTO DEL VASO FLORENTINO-----

ANEXO DE FIGURAS

ANEXO Figura: 1-1 Factura de IBCE -----
ANEXO Figura: 1-2 a Comprobante de depósito-----
ANEXO Figura: 1-2b Comprobante de depósito -----
ANEXO Figura: 3-1 Selección del quemador-----
ANEXO Figura: 3-2 Escalando las dimensiones de la Cesta a escala planta piloto ----
ANEXO Figura: 3-3 Dimensiones del extractor a escala laboratorio -----
ANEXO Figura: 3-4 Dimensiones de una columna de extracción a escala industrial---

ANEXO TABLAS

ANEXO Tabla: I-1 BOLIVIA: EXPORTACIONES DE COSMÉTICOS SEGÚN PRODUCTO,VOLUMEN Y VALOR GESTIÓN 2015 Y AVANCE AL MES DE MAYO DE 2016 (Datos preliminares)-----
ANEXO Tabla: I.2 BOLIVIA:EXPORTACIONES DE PRODUCTOS FARMACÉUTICOS SEGÚN VOLUMEN Y VALOR GESTIÓN 2015 Y AVANCE AL MES DE MAYO DE 2016 (Datos preliminares) -----
ANEXO Tabla: I-3 BOLIVIA: IMPORTACIONES DE PRODUCTOS FARMACÉUTICOS SEGÚN VOLUMEN Y VALOR GESTIÓN 2015 Y AVANCE AL MES DE MAYO DE 2016 (Datos preliminares) -----
ANEXO Tabla: I-4 BOLIVIA: EXPORTACIONES DE COSMÉTICOS SEGÚN PRODUCTO,VOLUMEN Y VALOR GESTIÓN 2015 Y AVANCE AL MES DE MAYO DE 2016 (Datos preliminares)-----
ANEXO Tabla: I-5 BOLIVIA: IMPORTACIONES DE COSMÉTICOS SEGÚN PRODUCTO,VOLUMEN Y VALOR GESTIÓN 2015 Y AVANCE AL MES DE MAYO DE 2016 (Datos preliminares)-----
ANEXO Tabla: I-6 Empresa de aceites esenciales CEITES LDN-----
ANEXO Tabla: I-7 Empresa de aceites esenciales AGROINDUSTRIAS ROSAS LTDA. -----
ANEXO Tabla: I-8 Empresa de aceites esenciales TARIY ASOCIACION DE PRODUCTORES DE ACEITES ESENCIALES-----
ANEXO Tabla: I-9 Empresa de aceites esenciales OLALALUNA -----
ANEXO Tabla: I-10 Empresa de aceites esenciales MADRE TIERRA AMAZONÍA SRL -----
ANEXO Tabla: III-1 Factores que hay que tomar en cuenta durante el proceso para la extracción de aceite esencial de orégano-----
ANEXO Tabla: III-2 Extracción a nivel Laboratorio de la Carrera de Ingeniería de la Universidad Autónoma “J.M.S” -----
ANEXO Tabla: III-3 Consumo de Vapor a Nivel Laboratorio de la Carrera de Ingeniería Química de la Universidad Autónoma “J.M.S” -----

ANEXO Tabla: III-4 Selección del intercambiador -----
ANEXO Tabla: III-5 Escalamiento de las medidas para el sedado de cada charola -----
ANEXO Tabla: III-6 Dimensionamiento del secado a charolas -----
ANEXO Tabla: III-7 Dimensionamiento del Vaso Florentino -----