



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL
Sede Santo Domingo

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA Y AUTOMATIZACIÓN

Tesis de grado previo a la obtención del título de:
INGENIERO ELECTROMECÁNICO, MENCIÓN EN AUTOMATIZACIÓN
INDUSTRIAL

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EXTRACTOR DE ACEITES ESENCIALES
SUPERVISADO POR UN HMI PARA EL LABORATORIO DE AGROINDUSTRIAS
EN LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL EXTENSIÓN SANTO
DOMINGO”.**

Estudiantes:

DEFAZ ESPÍN CRISTHIAN ROLANDO
YAGUANA TORRES ROBERTH ANTONIO

Director de Tesis:

ING. JAVIER DÍAZ MsC

Santo Domingo – Ecuador

ABRIL – 2015

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EXTRACTOR DE ACEITES ESENCIALES SUPERVISADO POR UN HMI PARA EL LABORATORIO DE AGROINDUSTRIAS EN LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL EXTENSIÓN SANTO DOMINGO”.

ING. JAVIER DÍAZ MsC
DIRECTOR DE TESIS

APROBADO

ING. EDWIN GRIJALVA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

ING. CARLOS CENTENO
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

ING. VÍCTOR ARMIJOS
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Santo Domingo.....de.....2015.

**Autores: DEFAZ ESPÍN CRISTHIAN ROLANDO
YAGUANA TORRES ROBERTH ANTONIO**

Institución: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

**Título: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EXTRACTOR
DE ACEITES ESENCIALES SUPERVISADO POR UN
HMI PARA EL LABORATORIO DE
AGROINDUSTRIAS EN LA UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL EXTENSIÓN
SANTO DOMINGO”.**

Fecha: ABRIL, 2015

El contenido del presente trabajo, está bajo la responsabilidad de los autores.

**Cristhian Rolando Defaz Espín
CC. 0502456502**

**Roberth Antonio Yaguana Torres
CC. 1722037247**

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL
Sede Santo Domingo

INFORME DEL DIRECTOR DE TESIS

Santo Domingo.....de.....2015.

Ing. Edwin Grijalva

COORDINADOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Estimado Ingeniero

Mediante la presente tengo a bien informar que el trabajo investigativo realizado por los señores: **CRISTHIAN ROLANDO DEFAZ ESPÍN Y ROBERTH ANTONIO YAGUANA TORRES**, cuyo tema es: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EXTRACTOR DE ACEITES ESENCIALES SUPERVISADO POR UN HMI PARA EL LABORATORIO DE AGROINDUSTRIAS EN LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL EXTENSIÓN SANTO DOMINGO”**, ha sido elaborado bajo mi supervisión y revisado en todas sus partes, por lo cual autorizo su respectiva presentación.

Particular que informe para fines pertinentes

Atentamente.

ING. JAVIER DÍAZ MsC
DIRECTOR DE TESIS.

Dedicatoria

Quiero dedicar la presente tesis a mis padres, Marco Manuel Defaz Valverde (+) y Marisol Espín Coello, por haber inculcado en mí un sin número de valores los cuales han permitido forjarme como un hombre de bien para la sociedad.

A mi esposa Silvia y mi hija Valentina por hacerme el hombre más dichoso de la tierra.

A mis hermanos Santiago, Marco y Jéssica por su apoyo incondicional.

Cristhian Rolando Defaz Espín

Dedicatoria

Dedico este trabajo de investigación a mis amados padres Ángel Yaguana y Rosa Torres, por el apoyo constante y su amor incondicional que me han brindado.

A mi amada esposa Karla y mi adorada hija Sofía que son ahora mi pilar fundamental y mi inspiración para alcanzar mis metas.

Roberth Antonio Yaguana Torres

Agradecimiento

Quiero agradecer a toda mi familia por su apoyo incondicional, por enseñarme que “En la vida triunfan los que no se rinden”.

A mis maestros, ya que ellos me enseñaron a valorar los estudios y despertar en mí el deseo de investigar.

Cristhian Rolando Defaz Espín

Agradecimiento

Agradezco a Nuestro Padre Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

Agradezco a mis padres por haberme dado la oportunidad de ser un profesional, y a mi familia por haberme sido un apoyado constante durante todo el transcurso de mi carrera universitaria.

También me gustaría agradecer a mis compañeros y profesores de la universidad por haber aportado un granito de arena en mi formación estudiantil y profesional.

Roberth Antonio Yaguana Torres

ÍNDICE DE CONTENIDO

TEMA	PAG.
Portada.....	i
Sustentación y aprobación de los integrantes del tribunal	ii
Responsabilidad del autor	iii
Aprobación del Director de tesis.....	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vii
Índice.....	ix
Resumen ejecutivo	xxii
Executive summary	xxiii

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1.	Antecedentes	1
1.2.	Título de la investigación	2
1.3.	Problema	3
1.3.1.	Planteamiento del problema.....	3
1.3.2.	Formulación del problema	4
1.3.3.	Sistematización del problema.....	4
1.4.	Objetivos	4
1.4.1.	Objetivo general	4
1.4.2.	Objetivos específicos.....	5
1.5.	Justificación de la investigación	6
1.5.1.	Impacto teórico	6
1.5.2.	Impacto práctico	6
1.5.3.	Impacto metodológico	7

1.5.4.	Impacto social.....	7
1.5.5.	Impacto educativo	7

CAPITULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1.	Aceites esenciales.....	9
2.2.	Clasificación de los aceites esenciales.....	11
2.2.1.	Según su consistencia.....	11
2.2.2.	Según su origen	11
2.2.3.	Según su naturaleza química	12
2.3.	Aplicación de aceites esenciales.....	12
2.4.	Métodos de extracción de los aceites esenciales.....	13
2.4.1.	Métodos directos	14
2.4.2.	Destilación por agua.....	14
2.4.3.	Extracción por arrastre de vapor	15
2.4.3.1.	Componentes del proceso de extracción por arrastre de vapor	16
2.4.4.	Enfleurage	18
2.4.5.	Extracción por prensador	18
2.4.6.	Extracción por solventes	18
2.4.7.	Extracción con fluidos supercríticos	19
2.5.	Ventajas y desventajas de los métodos de extracción	20
2.6.	Material vegetal	22
2.6.1.	Romero.....	23
2.6.2.	Eucalipto.....	23
2.6.3.	Manzanilla	24
2.6.4.	Menta	25
2.6.5.	Canela	26
2.6.6.	Ciprés	27
2.7.	Sistemas automáticos	28
2.7.1.	Definición.....	28

2.7.2.	Tipos de sistemas automáticos	29
2.8.	HMI (Interfaz Hombre Maquina)	30
2.8.1.	Definición.....	30
2.8.2.	Características del HMI	30
2.8.3.	Tipos de HMI	31
2.8.4.	Funciones del HMI.....	32
2.9.	PLC (Controlador Lógico Programable)	33
2.9.1.	Definición.....	33
2.9.2.	Funciones del PLC	33
2.9.3.	Estructura de un PLC	34
2.9.4.	Programación de un PLC	35
2.10.	Instrumentación y sistema de control	35

CAPITULO III

DISEÑO DEL EXTRACTOR DE ACEITES ESENCIALES

3.1.	Selección del método de extracción	37
3.2.	Identificación de variables	38
3.2.1.	Caldero o generador de vapor.....	38
3.2.2.	Extractor	38
3.2.3.	Condensador o intercambiador de calor.....	39
3.2.4.	Variables del refrigerante	39
3.2.5.	Decantador	39
3.2.6.	Vaso separador	39
3.3.	Diseño mecánico del extractor de aceites esenciales	40
3.3.1.	Diseño de extractor	41
3.3.2.	Dimensiones del extractor:	43
3.3.3.	Diseño de los pernos de la cabeza elipsoidal.....	45
3.3.4.	Cálculo de BHP necesarios (BOILER HORSE POWER)	52
3.3.5.	Diseño del intercambiador de calor	54
3.3.6.	Diseño mecánico del intercambiador:.....	64

3.3.7.	Diseño de los pernos de la cabeza elipsoidal.....	67
3.4.	Diseño térmico	73
3.4.1.	Espesor del aislamiento térmico.....	73
3.4.2.	Cálculo del calor disipado por el cilindro	76
3.4.3.	Cálculo del calor disipado por la tapa del extractor de aceites	76
3.4.4.	Calor disperso a medio ambiente	77
3.5.	Diseño del decantador primario.....	78
3.5.1.	Volumen del decantador.....	78
3.6.	Diseño eléctrico	81
3.6.1.	Selección de equipos de campo.....	81
3.6.1.1.	Sensores de temperatura	81
3.6.1.2.	Electroválvula	82
3.6.1.3.	PLC	82
3.6.1.4.	Módulo analógico	84
3.6.1.5.	HMI.....	86
3.6.1.6.	Fuente de voltaje 24VDC	87
3.6.1.7.	Interruptor magneto térmico	87
3.6.1.8.	Relé de control	88
3.6.1.9.	Seguridad en la tapa	88
3.6.1.10.	Sensor de nivel.....	89
3.6.1.11.	Electroválvula de agua	90
3.6.1.12.	Selección del vaso separador	90
3.7.	Diseño del sistema automático.....	91
3.7.1.	Arquitectura de la automatización	91
3.7.2.	Listado de direccionamiento de variables.....	91
3.7.3.	Programación de PLC Kinco K-304EX-14AR.....	93
3.7.4.	Cable de comunicación PC – PLC	100
3.7.5.	Programación de HMI Kinco MT4200T	101
3.7.6.	Interfaz de HMI Kinco MT4200T	101
3.7.7.	Ventanas de programación de la pantalla HMI.....	102

CAPITULO IV

CONSTRUCCIÓN DEL EXTRACTOR DE ACEITES ESENCIALES

4.1.	Proceso de construcción del extractor de aceites esenciales	108
4.1.1.	Construcción del cilindro	108
4.1.2.	Corte de las tapas del extractor de aceites	109
4.1.3.	Construcción de la tapa inferior del extractor	110
4.1.4.	Construcción de la tapa superior del extractor	110
4.1.5.	Construcción de distribuidor de vapor	113
4.1.6.	Construcción del intercambiador de calor	113
4.1.7.	Construcción de soporte de intercambiador de calor	114
4.2.	Ensamblaje de partes componen el extractor de aceites esenciales	115
4.2.1.	Ensamblaje del aislante térmico	115
4.2.2.	Instalación de la línea de vapor	116
4.2.3.	Ensamblaje de los instrumentos de medida y actuadores.....	116
4.3.	Ensamblaje eléctrico de control Y HMI.....	118
4.3.1.	Cableado e instalación de equipos.....	118
4.4.	Análisis económico.....	121
4.4.1.	Costo de materiales y equipo	121
4.4.1.1.	Costo de materiales para construcción mecánica	122
4.4.1.2.	Costo de materiales para construcción eléctrica	123
4.4.1.3.	Costo total de materiales y equipos.....	124
4.4.2.	Costo de mano de obra	125
4.4.2.1.	Costo total de materiales y equipos.....	126
4.4.3.	Costo de ingeniería	126
4.4.4.	Costos varios.....	126
4.4.5.	Costo total	127

CAPÍTULO V

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

5.1.	Principio de funcionamiento	128
5.2.	Diagrama de flujo del proceso	129
5.3.	Dispositivos y elementos del equipo de extracción	130
5.3.1.	Dispositivos de Control.....	130
5.3.2.	Equipos de medición	132
5.3.2.1.	Manómetro	132
5.3.2.2.	Termómetro.....	132
5.3.3.	Sensores y Purga.....	133
5.3.3.1.	Final de Carrera.....	133
5.3.3.2.	Sensor de Temperatura (PT-100).....	134
5.3.3.3.	Sensor de Nivel	134
5.3.3.4.	Purga.....	135
5.4.	Instrucciones de encendido y operación	135
5.4.1.	Procedimiento de encendido	135
5.4.2.	Operación del Equipo de extracción.....	136
5.4.2.1.	Etapa de Calentamiento	137
5.4.2.2.	Etapa de extracción.....	137
5.4.2.3.	Etapa de Enfriamiento	137
5.4.2.4.	Etapa de Separación (Decantación).....	138
5.5.	Esquema para desarrollo de prácticas	138
5.6.	Mantenimiento del equipo de extracción	138
5.6.1.	Mantenimiento Diario de Rutina	139
5.6.2.	Mantenimiento Mensual	139

CAPÍTULO VI

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y RESULTADOS

6.1.	Simulación del proceso	140
6.2.	Funcionamiento del PLC y HMI	140
6.3.	Análisis de resultados.....	141
6.4.	Análisis de costos por operación.....	148
6.5.	Rendimiento del equipo.....	149

CAPITULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1.	Conclusiones.....	150
7.2.	Recomendaciones.....	152

BIBLIOGRAFÍA	153
--------------------	-----

ANEXOS	159
--------------	-----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1	Parte de las plantas útiles para obtener de aceites esenciales	10
Tabla N° 2	Métodos de extracción de aceites esenciales	13
Tabla N° 3	Componentes del método de extracción por arrastre de vapor	17
Tabla N° 4	Métodos de Extracción Ventajas y Desventajas.....	20
Tabla N° 5	Elementos que constituyen sistema de instrumentación y control .	36
Tabla N° 6	Dimensiones de los pernos	49
Tabla N° 7	Longitud Perimetral	70
Tabla N° 8	Datos requeridos para el cálculo de Aislamiento.....	74
Tabla N° 9	Entradas y salidas digitales del PLC	83
Tabla N° 10	Características del PLC Kinco 304EX-14AR	84
Tabla N° 11	Entrada analógica del PLC.....	84
Tabla N° 12	Características del módulo analógico Kinco K331-04RD	85
Tabla N° 13	Características del HMI Kinco MT4200T	86
Tabla N° 14	Análisis de cargas para dimensionar la protección	87
Tabla N° 15	Características de relé CAMSCO MK2P-I	88
Tabla N° 16	Direccionamiento de variables	92
Tabla N° 17	Materiales y equipos de construcción mecánica	122
Tabla N° 18	Materiales y equipos eléctricos	123
Tabla N° 19	Costo total de materiales y equipos	125
Tabla N° 20	Costo de mano de obra mecánico.....	125
Tabla N° 21	Costo de mano de obra eléctrico.....	126
Tabla N° 22	Costo total de mano de obra	126
Tabla N° 23	Tabla de extracción de aceite esencial de romero	142
Tabla N° 24	Tabla de extracción de aceite esencial de naranja.....	144
Tabla N° 25	Costo de extracción de aceite de romero	148

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1	Método de extracción por destilación con agua	15
Figura N° 2	Diagrama de extracción por arrastre de vapor	16
Figura N° 3	Método de extracción de aceites por solventes.....	19
Figura N° 4	Extracción de Aceites Método Fluidos Supercríticos.....	20
Figura N° 5	Planta de romero.....	23
Figura N° 6	Planta de Eucalipto	24
Figura N° 7	Planta de manzanilla	25
Figura N° 8	Planta de menta	26
Figura N° 9	Planta de canela.....	27
Figura N° 10	Planta de Ciprés.....	28
Figura N° 11	Lazo abierto	29
Figura N° 12	Lazo cerrado	29
Figura N° 13	Dialogo Hombre - Maquina	31
Figura N° 14	Autómata programable.....	33
Figura N° 15	Diagrama de bloque de la estructura básica de un PLC	34
Figura N° 16	Lenguaje Ladder	35
Figura N° 17	Plancha de acero inoxidable AISI 304.....	42
Figura N° 18	Empaque de Junta	49
Figura N° 19	Diámetro de Empaque	50
Figura N° 20	Intercambiador de Calor.....	56
Figura N° 21	Diagrama Intercambiador de Calor.....	63
Figura N° 22	Diagrama Interno del Intercambiador	63
Figura N° 23	Dimensiones del cilindro en acero inoxidable	64
Figura N° 24	Empaque de la Junta	71
Figura N° 25	Ventana de Inicio de Software Ecowin	73
Figura N° 26	Ingreso de los valores al programa	75
Figura N° 27	Ingreso de los valores al programa	75
Figura N° 28	Ingreso de los valores al programa	75
Figura N° 29	Dimensión de la tapa del extractor.....	77
Figura N° 30	Volumen del decantador	78
Figura N° 31	Volumen útil del decantador.....	80

Figura N° 32	Diagrama de bloques del sistema	81
Figura N° 33	Pt100 con cabezal de conexión	82
Figura N° 34	PLC Kinco 304EX-14AR	84
Figura N° 35	Módulo analógico Kinco K331-04RD.....	85
Figura N° 36	HMI Kinco MT4200T	86
Figura N° 37	Relé CAMSCO MK2P-I	88
Figura N° 38	Final de carrera para seguridad de tapa	89
Figura N° 39	Sensor de nivel inoxidable	89
Figura N° 40	Electroválvula de agua	90
Figura N° 41	Vaso separador de 1000ml con válvula en PTFE	90
Figura N° 42	Arquitectura de la automatización	91
Figura N° 43	Formas de ingresar al programa Kinco Builder V1.1.8.0	94
Figura N° 44	Interfaz de usuario de Kinco Builder.....	94
Figura N° 45	Nuevo proyecto en Kinco Builder	96
Figura N° 46	Ventana inicial de Kinco Builder	96
Figura N° 47	Ventana administrador de Kinco Builder	97
Figura N° 48	Configuración de hardware de Kinco Builder	97
Figura N° 49	Insertar tipo de PLC y módulos de expansión	98
Figura N° 50	Configuración del PLC y comunicación.....	99
Figura N° 51	Configuración del módulo de entradas analógicas.....	100
Figura N° 52	Configuración del módulo de entradas analógicas.....	100
Figura N° 53	Ventana de inicio del software EV5000.....	101
Figura N° 54	Ventana de área de programación del software EV5000.....	102
Figura N° 55	Ventana de Inicio del HMI	103
Figura N° 56	Ventana de Identificación.....	103
Figura N° 57	Ventana de Menú.....	104
Figura N° 58	Ventana de proceso	104
Figura N° 59	Ventana proceso eucalipto.....	105
Figura N° 60	Ventana de decantador primario	106
Figura N° 61	Ventana OTRO.....	106
Figura N° 62	Ventana proceso OTRO.....	107
Figura N° 63	Tabla de Temperatura.....	107
Figura N° 64	Plancha de acero inoxidable y tanque.....	109

Figura N° 65	Corte de tapas superior e inferior	109
Figura N° 66	Soldadura de la tapa inferior	110
Figura N° 67	Soldadura de la tapa superior	111
Figura N° 68	Estrella regulable.....	111
Figura N° 69	Tapa bombeada y pestañeada	112
Figura N° 70	Mecanismo de giro de la tapa del Tanque de extracción	112
Figura N° 71	Distribuidor de vapor y base.....	113
Figura N° 72	Intercambiador de Calor y recubrimiento	114
Figura N° 73	Intercambiador ubicado y armado en el soporte	114
Figura N° 74	Base del Intercambiador de calor.....	115
Figura N° 75	Recubrimiento del Aislante Térmico.....	115
Figura N° 76	Línea de Vapor y electroválvula	116
Figura N° 77	Materiales para impermeabilizar	117
Figura N° 78	Instalación de los instrumentos de medida	117
Figura N° 79	Colocación del Termómetro en la tapa.....	118
Figura N° 80	Instalación del sensor de temperatura Pt-100	118
Figura N° 81	Caja eléctrica metálica	119
Figura N° 82	Perforaciones y ubicación de prensaestopas	120
Figura N° 83	Instalación del HMI y luces de señalización y canaletes	120
Figura N° 84	Conexión del Sensor de Temperatura.....	121
Figura N° 85	Conexión de conductores en el tablero de control	121
Figura N° 86	Aceite esencial de romero	128
Figura N° 87	Diagrama de flujo de extracción de un aceite esencial	129
Figura N° 88	Tablero de control del caldero	130
Figura N° 89	Distribución interna del tablero eléctrico.....	131
Figura N° 90	Distribución del tablero eléctrico parte frontal.....	131
Figura N° 91	Manómetro del equipo de extracción	132
Figura N° 92	Termómetro del equipo de extracción	133
Figura N° 93	Final de carrera de la tapa de extractor de aceites	133
Figura N° 94	Sensor de temperatura RTD	134
Figura N° 95	Sensor de nivel.....	135
Figura N° 96	Válvula de purga del equipo de extracción.....	135
Figura N° 97	Funcionamiento de la electroválvula ingreso de vapor.....	137

Figura N° 98	Grafica de los resultados de la extracción del aceite de romero .	143
Figura N° 99	Grafica de los resultados de la extracción del aceite de naranja.	145
Figura N° 100	Resultado de análisis químico del aceite esencial de romero ..	146
Figura N° 101	Resultado de análisis químico del aceite esencial de naranja..	147

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo 1 Manual de recipientes a presión y cálculo de Eugene F. Megyesy – pág. 159
- Anexo 2 Manual de recipientes a presión y cálculo de Eugene F. Megyesy – pág. 142
- Anexo 3 Libro Hook ups tabla 38 Pág. 81
- Anexo 4 Transferencia de calor y masa – Yunus A. Cengel, pág. 854
- Anexo 5 Transferencia de calor y masa – Yunus A. Cengel, pág. 854
- Anexo 6 Transferencia de calor y masa – Yunus A. Cengel, pág. 626
- Anexo 7 Resultados del programa Ecowin
- Anexo 8 Parámetros técnicos de plc kinco k304ex-14ar
- Anexo 9 Especificaciones técnicas del módulo de ampliación pm331 modelo k331-04rd
- Anexo 10 Especificaciones técnicas del sensor de nivel
- Anexo 11 Especificaciones técnicas de la válvula solenoide
- Anexo 12 Componentes del cableado
- Anexo 13 Práctica de extracción de aceite de romero
- Anexo 14 Manual de usuario equipo de extracción de aceites esenciales
- Anexo 15 Programación Ladder del PLC

RESUMEN EJECUTIVO

La tesis comprende el diseño y construcción de un extractor de aceites esenciales supervisado por un HMI para el laboratorio de agroindustrias de la UTE Santo Domingo.

Es una máquina que funciona como complemento del generador de vapor existente en la institución, para aprovechar el vapor que esta genera. El equipo de extracción es un prototipo semi-industrial que permite a los estudiantes de la carrera de electromecánica como de agroindustrias, fortalecer sus conocimientos mediante prácticas de laboratorio.

Se lo construyo para una capacidad de 10 kg de material vegetal, en acero inoxidable 304 de 2 mm de espesor según los cálculos de diseño.

Cuenta con un HMI que permite controlar el proceso de extracción de aceites esenciales y verificar sus parámetros. Posee un manual de operación de equipo para garantizar su correcto funcionamiento y operación.

En la pruebas de funcionamiento, se verificó que el equipo funciona correctamente y se obtuvo resultados favorables.

EXECUTIVE SUMMARY

The thesis entails the design and construction of an essential oil extractor supervised by an HMI for the laboratory of agro-industries of the UTE Santo Domingo.

It is a machine that works as a complement to the existing steam generator in the institution, to take advantage of the steam is generated. Extraction equipment is a semi-industrial prototype that allows both the students of electromechanical and agro-industries strengthen their knowledge through laboratory practice.

It was built for a capacity of 10 kg of vegetable material, in stainless steel by 304 of 2 mm of thickness as the calculations of design.

It has an HMI that allows controlling the process of extraction of essential oils and verifying its parameters. It has a computer operation manual to ensure proper functioning and operation.

In the performance tests, it was verified that the equipment works properly and favorable results were obtained.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

El uso de los aromas y los aceites vegetales data de por lo menos 3500 años antes de Cristo y fueron utilizados como elementos curativos, cicatrizantes y en distintos rituales. Era muy común que antes de una contienda los guerreros limpiaran y protegieran sus cuerpos utilizando ramas de albahaca, con el fin de alejar los malos espíritus que creían que depositaban sus contrincantes en ellos. Recientemente en Irak, en el año 1975, se descubrió un esqueleto de alrededor de sesenta mil años de antigüedad que tenía a su lado depósitos de polen de milenrama, hierba cana y jacinto racimoso, plantas que aún cultivan y utilizan los campesinos de ese país.

El hombre primitivo tuvo que desarrollar sus poderes sensorio-intuitivos para lograr la supervivencia. Es así como aparecen las hierbas, frutos y raíces comestibles.

Los egipcios, griegos, romanos y chinos han tenido una gran incidencia en el desarrollo de la aromaterapia, y se han destacado grandes investigadores como Teofrasto, considerado uno de los precursores en el uso terapéutico de los aceites. En casi todos los cultos antiguos, los hombres se han sentido atraídos por los fascinantes aromas de la naturaleza, que les han indicado a través del olfato los benéficos aportes para la curación de enfermedades del cuerpo y del alma.

Podemos considerar a los egipcios como los descubridores de la aromaterapia, pues según Jean Valnet, utilizaron una forma primitiva de destilación para extraer los aceites esenciales de las plantas, calentándolos en ollas de arcilla cuya boca era recubierta con filtros de lino; al subir, el vapor traía consigo los aceites esenciales y éstos quedaban impregnados en el filtro, el cual era estrujado para obtener el aceite esencial que era utilizado en medicina y para todo tipo de rito

religioso. Registros arqueológicos documentan haber encontrado ollas de destilación que se remontan a 3500 años A.C.

Los griegos tomaron las experiencias egipcias y, como grandes alquimistas, purificaron el sistema de destilación preservando la fragancia y pureza de los aceites. Para ellos las plantas aromáticas constituían una forma de vida que incorporaban a sus baños, alimentos, ritos y magia, o en forma de ungüentos para preservar la salud física y mental.

“Los aceites esenciales son una mezcla de sustancias aromáticas producidas por muchas plantas. Están presentes en forma de minúsculas gotas en las hojas, en la piel de la fruta, en la resina o en la madera. Las plantas poseen pequeñas cantidades de aceite esencial, respecto a su masa vegetal.

Estos aceites son olorosos y muy volátiles. Son solubles en los aceites, y en el alcohol e insolubles en agua, aunque transmiten el perfume”. (Anonimo, 2009)

Los aceites esenciales y sus derivados pueden ser obtenidos por expresión, destilación, fermentación o extracción. El método que se utilice depende de la clase de aceite o del grado de calidad que se desee obtener del mismo. La mayoría de las hierbas aromáticas contienen propiedades medicinales.

1.2. Título de la investigación

Diseño y construcción de un extractor de aceites esenciales supervisado por un HMI para el laboratorio de agroindustrias en la Universidad Tecnológica Equinoccial Extensión Santo Domingo

1.3. Problema

1.3.1. Planteamiento del problema

Los Aceites esenciales tienen amplia comercialización en el mercado mundial, la mayor parte de los aceites se extraen de vegetales de distintas zonas agro climáticas. La flora nativa, las frutas, las hortalizas, las hojas de árboles y arbustos e incluso las malezas sirven de materia prima para su elaboración.

En la Universidad Tecnológica Equinoccial existe una gran producción de flora nativa, dado que existe la necesidad de implementar nuevas tecnologías y procesos en la carrera de agroindustrias para formar profesionales íntegros de distinción, con excelencia académica y responsabilidad social, que inspiren el quehacer institucional y el reconocimiento de la sociedad; se plantea diseñar y construir un equipo que permita la extracción de aceites esenciales de tipo semi-industrial supervisado por un HMI, debido a que actualmente nuestra universidad no cuenta con diseños ni equipos construidos para este propósito.

El diseño y construcción de esta máquina ayudará con la extracción de diversos tipos de aceites esenciales, así como también los aceites obtenidos por esta máquina tienen un sin número de aplicaciones en la industria cosmética y farmacéutica, alimenticia y derivados, en la industria de productos de limpieza y plaguicidas.

La facilidad que se tiene con los HMI para automatización de procesos permitirá controlar los parámetros adecuados según el tipo de materia prima de la que se desea obtener el aceite esencial.

1.3.2. Formulación del problema

¿Será que la construcción de un equipo de extracción de aceites esenciales supervisado por un HMI ayude al desarrollo de la investigación científica en la carrera de agroindustrias?

1.3.3. Sistematización del problema

- ¿Cuáles son los diferentes métodos de extracción de aceites esenciales?
- ¿Cómo realizar el diseño del extractor de aceites esenciales?
- ¿Cómo saber si el equipo diseñado cumple con los requisitos para la extracción de aceites esenciales?
- ¿Cómo determinar las características químicas de los aceites esenciales obtenidos?
- ¿Cuál es el costo que implica extraer el aceite esencial de diferentes plantas aromáticas con el equipo construido?
- ¿Cómo asegurar la correcta manipulación del equipo por parte de los estudiantes?
- ¿Cómo podemos controlar los parámetros de presión y temperaturas óptimos para la extracción de aceites de diferentes plantas aromáticas?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Ofrecer al laboratorio de agroindustrias de la Universidad Tecnológica Equinoccial Extensión Santo Domingo la construcción del extractor de aceites esenciales supervisado por un HMI.

1.4.2. Objetivos específicos

- Conocer los diferentes métodos de extracción de aceites esenciales.
- Elaborar los planos de construcción del extractor de aceites esenciales semi-industrial.
- Construir el equipo para la extracción de aceites esenciales semi-industrial.
- Realizar las pruebas químicas y físicas de los aceites esenciales obtenidos como: densidad relativa, determinación del PH, índice de acidez, humedad, viscosidad e índice de peróxido.
- Realizar pruebas de extracción con diferentes plantas aromáticas para determinar las condiciones óptimas para obtener el mejor rendimiento.
- Realizar un análisis económico del equipo construido y el costo de la extracción para las diferentes plantas aromáticas.
- Elaborar un manual de operación del equipo para su correcta manipulación.
- Supervisar la extracción de aceites mediante un HMI que permita la selección de las diferentes plantas a ser extraídas el aceite procurando su mayor rendimiento.

1.5. Justificación de la investigación

1.5.1. Impacto teórico

En la universidad es indispensable el desarrollo de dispositivos y equipos que mejoren la obtención de materia prima en procesos industriales; es por esta razón que la iniciativa de construir un extractor de aceites esenciales supervisado por un HMI nace de la necesidad de ampliar los conocimientos adquiridos durante la carrera, utilizando para ello los principios básicos de la física y la química, así como los demás conocimientos impartidos en ingeniería agroindustrial.

Por ello la implementación de esta máquina o equipo en el laboratorio de agroindustrias permitirá realizar análisis a los distintos tipos de aceites que se obtengan; e inclusive, estos aceites obtenidos pueden ser usados para crear productos a nivel industrial.

Otra de las razones para desarrollar este sistema es por la ubicación geográfica en que se halla el Ecuador, la cual brinda la facilidad de adquirir materias primas como manzanilla, eucalipto, cedrón, pino, ciprés, menta, romero, naranja, rosas, etc., necesarias para obtener diferentes tipos de aceites esenciales.

Además el desarrollo de este sistema va enfocado a obtener aceites esenciales a un menor costo, debido a que los precios de este tipo de productos en el mercado nacional tienen un costo elevado.

1.5.2. Impacto práctico

Debido a que los aceites esenciales extraídos de las plantas aromáticas tienen un sin número de aplicaciones en el campo industrial, es necesario que los estudiantes se familiaricen con los métodos de extracción así como de realizar las respectivas pruebas químicas de los aceites para su uso en las industrias del Ecuador, se debe

tener un equipo que permita la extracción de aceites esenciales de diferentes plantas aromáticas para que los estudiantes conozcan y entiendan el funcionamiento de estos equipos.

1.5.3. Impacto metodológico

En la presente investigación se utilizara un método experimental. El sistema estará diseñado de acuerdo a las condiciones que requiera el proceso de extracción. Para el diseño se usará las condiciones de temperatura, presión, volumen y tiempo que tenga en el proceso de extracción de aceites, dentro de la investigación se realizaran pruebas a los aceites obtenidos por la máquina de extracción para obtener resultados concretos y veraces; además, se utilizara el método de laboratorio debido a la utilización de equipos e instrumentos que posee el laboratorio de química.

1.5.4. Impacto social

El presente trabajo se torna preponderante en el sentido de que se ha establecido una oportunidad de construir una máquina para extracción de aceites esenciales que podrá servir para establecer las aplicaciones industriales en relación al análisis real de resultados de aceites extraídos para el área de agroindustrias.

Dar a conocer el proyecto a las empresas generará mayores expectativas y mejores oportunidades para poder aplicar los proyectos desarrollados en la universidad en aplicaciones reales a las empresas.

1.5.5. Impacto educativo

La máquina de extracción de aceite servirá para la realización de proyectos en los laboratorios de química y de agroindustrias, donde se puede realizar estudio y análisis de las propiedades químicas del aceite extraído. También el aceite extraído

servirá como componente esencial para realizar productos como: antisépticos, analgésicos, cicatrizantes, dentífricos, aromatizantes, saborizantes, etc.

A su vez también permitirá a los estudiantes de ingeniería electromecánica aprender sobre aplicaciones reales de lo aprendido a lo largo de la carrera.

CAPITULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1. Aceites esenciales

Las plantas contienen sustancias complejas y poderosas conocidas como aceites esenciales. Son líquidos aromáticos obtenidos de los arbustos, de las flores, de los árboles, de las raíces y las semillas. Estos componentes distintivos defienden las plantas de los insectos, de las condiciones medioambientales duras y de las enfermedades. Son también vitales para que una planta crezca, viva, evolucione y se adapte a su entorno.

Conocidos como la esencia de la planta, los aceites esenciales puros no solo protegen la planta sino que también determinan su aroma.

“Los aceites esenciales son compuestos formados por varias sustancias orgánicas volátiles, que pueden ser alcoholes, acetonas, cetonas, éteres, aldehídos, y que se producen y almacenan en los canales secretores de las plantas. Normalmente son líquidos a temperatura ambiente, y por su volatilidad, son extraíbles por destilación en corriente de vapor de agua, aunque existen otros métodos. En general son los responsables del olor de las plantas” (Cañete, 2010)

Los aceites esenciales se han utilizado a lo largo del tiempo desde hace 4.500 años antes de Cristo. A través de los perfumes y los aromas agradables para embalsamar y con fines medicinales, los aceites esenciales se han utilizado en la vida diaria durante siglos. En los tiempos modernos la investigación muestra que los aceites esenciales puros pueden aportar beneficios similares a los que aportan a las plantas a los humanos y a los animales.

En la siguiente tabla se incluyen ejemplos de plantas y la parte que se emplea para obtener los aceites esenciales (Ortuño Sánchez, 2006, pág. 8).

Tabla N° 1 Parte de las plantas útiles para obtener de aceites esenciales

ACEITE ESENCIAL	PARTE DE LA PLANTA EMPLEADA
CIPRÉS, JARA	RAMAS
LAVANDA, LAVANDÍN	SUMIDADES FLORALES
MENTA, HIERBA LIMÓN	PLANTA ENTERA
GERANIO, PETITGRAIN	HOJAS
NEROLI, ROSA, YLANG	FLOR
LIMÓN, NARANJA, MANDARINA	FLAVEDO (capa externa del fruto)
ROMERO, TOMILLO, AJEDREA, MEJORANA	PLANTA ENTERA CON FLOR
MELISA	PLANTA FRESCA
ABETO DE SIBERIA	ACÍCULAS
MANZANILLA	FLOR SECA
CANELA	CORTEZA
CEDRO	MADERA
LIMA	FRUTO ENTERO
CLAVO	BOTONES FLORALES
VETIVER	RAÍZ
MOSTAZA	SEMILLA

Fuente: Manual Práctico de Aceites Esenciales, Aromas y Perfumes

Dado que los aceites esenciales se encuentran en muy pequeña concentración en la planta, generalmente son difíciles de obtener, por lo que es necesaria una gran cantidad de material vegetal (que hay que cosechar y recolectar) y si a esto añadimos su carácter volátil y susceptible de fácil alteración, comprenderemos el porqué de su elevado precio.

2.2. Clasificación de los aceites esenciales

Los aceites esenciales son mezclas de más de 100 componentes, tiene diferentes clasificaciones. (LR&LS, 2011)

2.2.1. Según su consistencia

- Esencias Fluidas.- son líquidos volátiles a temperatura ambiente
- Bálsamos son extractos naturales obtenidos de un arbusto o un árbol. Se caracterizan por tener un alto contenido de ácido benzoico y cinámico, así como sus correspondientes ésteres. Son de consistencia más espesa, son poco volátiles y propensos a sufrir reacciones de polimerización, son ejemplos el bálsamo de copaiba, el bálsamo del Perú, enjuí, bálsamo de Tolú, estoraque, etc.
- Resinas son productos amorfos sólidos o semisólidos de naturaleza química compleja. Pueden ser de origen fisiológico o fisiopatológico. Por ejemplo, la colofonia, obtenida por separación de la oleoresina trementina. Contiene ácidos abióticos y derivados

2.2.2. Según su origen

- Los naturales se obtienen directamente de la planta y no sufren modificaciones físicas ni químicas posteriores, debido a su rendimiento tan bajo son muy costosas. Los artificiales se obtienen a través de procesos de enriquecimiento de la misma esencia con uno o varios de sus componentes, por ejemplo, la mezcla de esencias de rosa, geranio y jazmín, enriquecida con linalol, o la esencia de anís enriquecida con anetol.
- Los sintéticos son los producidos por la combinación de sus componentes los cuales son la mayoría de las veces producidos por procesos de síntesis química. Estos son más económicos y por lo tanto son mucho más utilizados como aromatizantes y saborizantes (esencias de vainilla, limón, fresa, etc.).

2.2.3. Según su naturaleza química

- A pesar de su composición compleja con diferentes tipos de sustancia los aceites esenciales se pueden clasificar de acuerdo con el tipo de sustancias que son los componentes mayoritarios.

2.3. Aplicación de aceites esenciales

Los aceites esenciales son utilizados en la elaboración de varios productos industriales:

- **Adhesivos:** Gomas, pastas, pegamentos, cintas, vendas quirúrgicas.
- **Industria del motor:** Pulimentos, limpiadores, pinturas, muebles.
- **Farmacéutica:** Pasta de dientes, preparaciones dentales, medicinas patentadas, preparaciones medicadas para el cabello, aplicaciones para el cuerpo, productos herbales, etc.
- **Polímeros y pinturas:** Pinturas para la casa, barnices, plásticos y juguetes, utilidades de la casa.
- **Insecticidas y repelentes:** Sprays, eliminadores de olor, desinfectantes, preparaciones repelentes.
- **Cuero:** Desodorantes y fragancias.
- **Papel, impresión y empaquetado:** Papelería especial, tintas, materiales de envoltura, materiales de embalaje, cintas adhesivas, etc.
- **Petróleo:** Cremas desodorantes, solventes de la nafta, aceites lubricantes, destilados especiales del petróleo, ceras.
- **Bebidas:** Bebidas carbonatadas, licores, concentrados, esencias.
- **Veterinario:** Alimentos de animales, sprays y desodorantes, medicamentos y preparaciones antiparasitarias.
- **Género de la casa:** Utensilios de cocina, detergentes, jabones, preparaciones de limpieza.
- **Caucho:** Guantes, género quirúrgico, juguetes.

- **Textiles:** Desodorantes, materiales de tapicería, tintes y preparaciones de pigmentos.
- **Artículos de baño:** Perfumes, fragancias, shampoo, colonias, aceites, cremas, utilización general del baño, talcos, etc. (Obregón Domínguez, 2012)

2.4. Métodos de extracción de los aceites esenciales

Son varios los métodos de extracción existentes, dependiendo de la planta. Los industriales son bastante sofisticados sin embargo existen diversos métodos que permite la extracción de las esencias de forma experimental.

Tabla N° 2 Métodos de extracción de aceites esenciales

TIPO DE MÉTODOS	PROCEDIMIENTO	PRODUCTOS OBTENIDOS
Métodos directos	Extrusión	Aceites esenciales cítricos
	Exudación	Gomas resinas, bálsamos
Destilación	Directa	aceites esenciales y aguas aromáticas
	Arrastre con vapor de agua	
	Destilación – maceración (liberación enzimática de agliconas en agua caliente)	
Extracción por solventes	Solventes volátiles	Infusiones y resinoides alcohólicos
		Concretos y absolutos
	Solventes fijos	Absoluto de pomadas
		Absoluto de enflorados
	Extracción con fluidos en estado supercríticos	

Fuente: Introducción a la Industria de los Aceites Esenciales de Plantas Medicinales y Aromáticas

2.4.1. Métodos directos

Los métodos directos se aplican principalmente a los cítricos porque sus aceites están presentes en la corteza de la fruta, y el calor de los métodos de destilación puede alterar su composición.

“El aceite de los cítricos está contenido en numerosas celdas del epicarpio. Al exprimir la corteza tales celdas se rompen y liberan el aceite, el cual se recoge inmediatamente para evitar que sea absorbido por la corteza esponjosa que resulta después de este tipo de proceso”. (SENA , 2012)

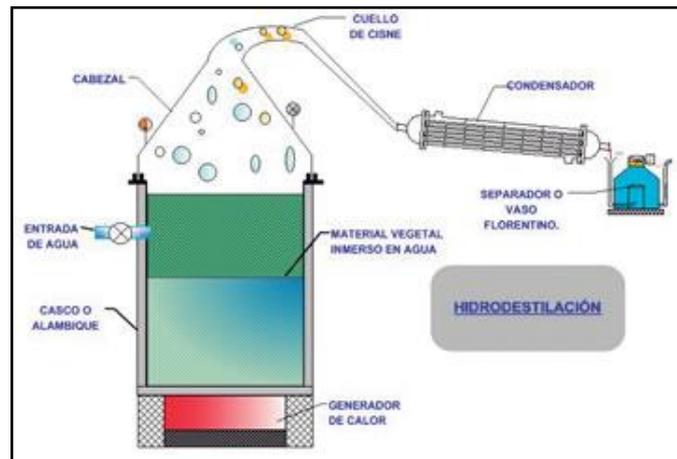
2.4.2. Destilación por agua

Es la operación unitaria más empleada debido a su bajo costo y simplicidad en cuanto a equipos a utilizar. Consiste en sumergir directamente el material vegetal a tratar en agua, que a continuación se somete a ebullición. En éste método es máxima la acción del agua sobre el material, por ello se puede presentar hidrólisis y oxidaciones. (Gonzales, 2004, pág. 16)

Donde el tanque extractor es donde se vaporiza la mezcla rompiendo el vegetal sus moléculas para liberar el aceite esencial. En el condensador o intercambiador de calor es donde se condensan los vapores generados y en el florentino que no es más que un separador que realiza el trabajo de aislar el agua y el aceite por diferencia de densidades.

Los aceites esenciales producidos son más coloreados que los obtenidos por arrastre de vapor propiamente dicho y tienden un cierto olor a quemado. Adicional a este método de extracción los aceites siempre van a requerir una etapa posterior de refinación.

Figura N° 1 Método de extracción por destilación con agua



Fuente: http://www.itacab.org/adminpub/upload/1_1211468500.gif

2.4.3. Extracción por arrastre de vapor

Es un método de destilación en el cual se coloca la planta recomendable mente seca (dependiendo del tipo de planta) ya que fresca contiene mucílagos que enturbian el aceite y disminuyen su calidad.

Las características más importantes de este proceso de extracción por arrastre de vapor, son que energéticamente es el proceso más eficiente, se tiene mayor control de la velocidad de destilación, existe la posibilidad de variar la presión dependiendo del aceite esencial a extraer y el método de extracción satisface mejor las operaciones industriales a escala.

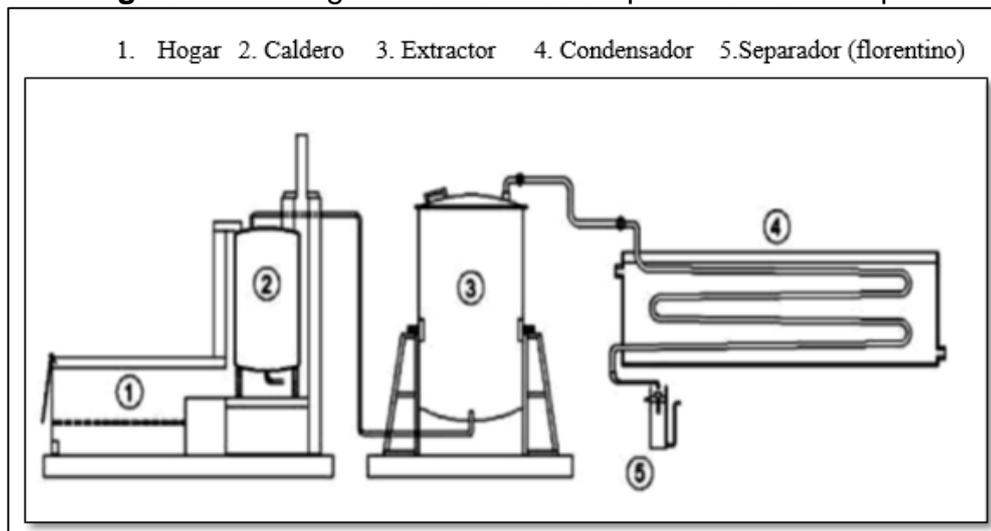
El principio de funcionamiento de este método empieza por la administración de vapor proveniente de un caldero al extractor al calentar la caldera se evapora el agua y el aceite volátil, el que se condensa en el refrigerante reuniéndose con el agua en el colector del cual se separa al cabo de un cierto tiempo por diferencia de densidades y finalmente se aísla con un embudo provisto de un grifo en la parte más estrecha.

“El aceite esencial debe de ser insoluble en agua, ya que después del condensador, en el separador florentino debe de formarse dos fases: una de aceite esencial y otra

de agua. Si el aceite esencial presenta componentes solubles en agua estos quedarán en la fase acuosa que puede comercializarse como tal: agua de rosa". (Sánchez Castellanos F. J., 2006, pág. 4)

En el arrastre del vapor se debe tomar en cuenta la calidad del vapor, la presión del vapor por experimentación se conoce que la presión en mayor rendimiento es a 40 psi, la temperatura de vapor el área de la columna de destilación, la cantidad de material vegetal que se va a alimentar las condiciones de condensación, la temperatura de condensación debe estar alrededor de los 40°C para una mejor separación del condensado el flujo del agua de refrigeración depende de las condiciones de separación, del diseño del vaso florentino y la temperatura de destilado.

Figura N° 2 Diagrama de extracción por arrastre de vapor



Fuente: http://bioreactorcrc.files.wordpress.com/2011/05/clip_image053.jpg

2.4.3.1. Componentes del proceso de extracción por arrastre de vapor

Según la figura 2 se muestra los equipos que interviene en el proceso de extracción de aceites esenciales por el método de arrastre de vapor a continuación se detalla cada equipo de proceso y su función como se muestra en la Tabla N° 3.

Tabla N° 3 Componentes del método de extracción por arrastre de vapor

Equipo	Función
Caldero	Es una máquina diseñada para generar vapor, este vapor se genera a través de una transferencia de calor a presión constante en la cual el fluido originalmente líquido, se calienta y cambia de fase.
Extractor	<p>Generalmente este recipiente está hecho de acero inoxidable y posee un fondo falso compuesto por una lámina perforada de acero inoxidable en la cual se deposita el material vegetal para ser extraído.</p> <p>El extractor consta de un sistema de distribución de vapor debajo del fondo falso esto permite que el vapor que ingresa del caldero se distribuya por todo el extractor</p>
Condensador	<p>El condensador es un intercambiador de calor su función es que permite la transferencia de calor de un fluido (líquido o gas) a otro fluido.</p> <p>En el proceso de extracción el condensador es el que permite que los vapores de aceites y de agua pasen a la fase líquida, posibilitando la separación de dos líquidos no miscibles.</p>
Vaso separador	<p>Es el recipiente donde se realiza la decantación debe ser rápida y completa. El volumen de agua condensada siempre es mayor que la cantidad de aceite, por esta razón, el agua debe ser eliminada continuamente. Los separadores son de dos tipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Separador para aceites más livianos que el agua • Separador para aceites más pesados que el agua
Recolector	Es un recipiente, de forma y volumen apropiado, destinado a recoger el aceite esencial, una vez separado el agua. Los recolectores deben ser de materia resistente a la acción corrosiva de los componentes de los aceites esenciales.

Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana /2013

2.4.4. Enfleurage

Para este método de extracción se utilizan grasas naturales con puntos de ablandamiento alrededor de los 40°C, normalmente manteca de cerdo RBD (refinada, blanqueada, desodorizada).

Se obtiene inicialmente una mezcla (el concreto) de aceite esencial y grasa la cual es separada posteriormente por otros medios físico-químicos. En general se recurre al agregado de alcohol caliente a la mezcla y su posterior enfriamiento para separar la grasa (insoluble) y el extracto aromático (absoluto). Esta técnica es empleada para la obtención de esencias florales (rosa, jazmín, azahar, etc.), pero su bajo rendimiento y la difícil separación del aceite extractor la hacen costosa.

2.4.5. Extracción por prensador

“El material vegetal es exprimido mecánicamente para liberar el aceite y este es recolectado y filtrado. Este método es utilizado para la extracción de esencias cítricas.” (Rodríguez Álvarez, Alcaraz Meléndez, & Real Cosío, 2012, pág. 8)

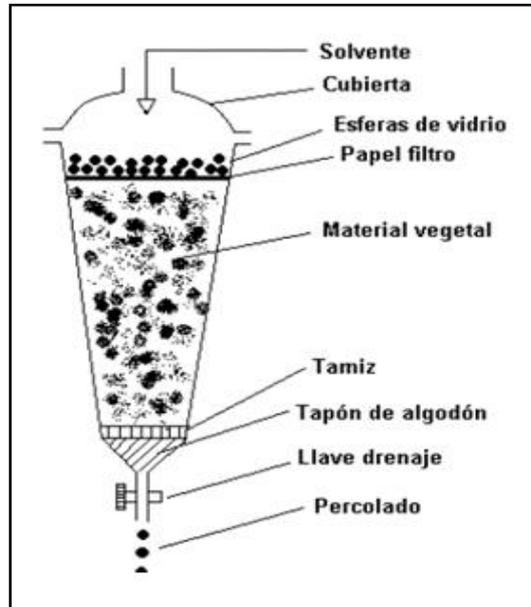
2.4.6. Extracción por solventes

El material previamente debe de ser molido, macerado o picado, para permitir mayor área de contacto entre el sólido y el solvente. El proceso ha de buscar que el sólido, o el líquido, o ambos, estén en movimiento continuo (agitación), para lograr mejor eficiencia en la operación. Se realiza preferiblemente a temperatura y presión ambientes.

“Este procedimiento utiliza solventes químicos para disolver los componentes aromáticos de los delicados tejidos de las plantas y así obtener los denominados aceites absolutos; posteriormente, los solventes serán extraídos y eliminados durante las fases finales del proceso. Dicho de otra manera: se cubren las flores con un solvente (normalmente se utiliza éter) que extrae el aceite esencial y

después se evapora el solvente quedando el aceite esencial natural en el recipiente.” (García Iturrioz, 2008, pág. 15)

Figura N° 3 Método de extracción de aceites por solventes



Fuente: <http://www.gestionforestal.cl:81/pfnm/procesos/txt/aceites.htm>

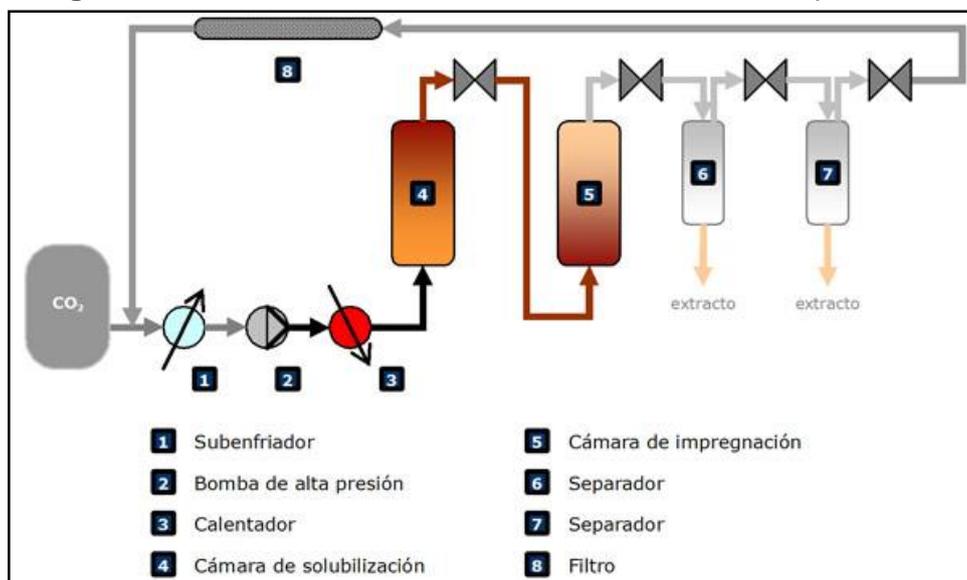
2.4.7. Extracción con fluidos supercríticos

“El material vegetal cortado en trozos pequeños, licuado o molido, se empaca en una cámara de acero inoxidable y se hace circular a través de la muestra un fluido en estado supercrítico por ejemplo CO₂. Las esencias son así solubilizadas y arrastradas mientras que el fluido supercrítico, que actúa como solvente extractor, se elimina por descompresión progresiva hasta alcanzar la presión y temperatura ambiente”. (Rodríguez Álvarez, Alcaraz Meléndez, & Real Cosío, 2012, pág. 9)

En la parte final del proceso hay una remoción total del solvente y se realiza a una temperatura baja, se disminuye la pérdida de sustancias volátiles y se evita la formación de sabores y olores extraños a cocido.

Los equipos se construyen en acero inoxidable tipo 316, deben soportar altas presiones en su operación y deben de ofrecer un manejo seguro. Por efecto mismo de un modelo a escala de 5 lt está por un costo de alrededor 80.000 dólares.

Figura N° 4 Extracción de Aceites Método Fluidos Supercríticos



Fuente: <http://www.interempresas.net/Textil/Articulos/98999>

2.5. Ventajas y desventajas de los métodos de extracción

Tabla N° 4 Métodos de Extracción Ventajas y Desventajas

Métodos de extracción	Ventajas	Desventajas
Enfleurage	<ul style="list-style-type: none"> • Gran calidad de aceite obtenido 	<ul style="list-style-type: none"> • Es un método antiguo que ya no se emplea • Es un método muy laborioso • Requiere mucha mano de obra • Esta ampliamente superado técnicamente por otros métodos alternativos

Extracción con solventes	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de temperaturas bajas • Posibilidad de extracción en componentes individuales 	<ul style="list-style-type: none"> • Método económicamente costoso • Contaminante del ambiente • Riesgo de incendio y explosión • Difícil de separar completamente el solvente sin alterar la composición del aceite • Co-extracción de ácidos grasos, ceras y pigmentos
Extracción por prensado	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de temperaturas bajas 	<ul style="list-style-type: none"> • Cuando el aceite que sale de la prensada tiene muchas impurezas que deben ser limpiadas
Extracción con fluidos supercríticos	<ul style="list-style-type: none"> • Alto rendimiento • Ecológicamente limpio • Fácil retiro y reciclaje del solvente • No hay alteración química del aceite • Cambiando parámetros operacionales se cambia la composición del aceite extraído 	<ul style="list-style-type: none"> • Ácidos grasos, pigmentos y ceras también pueden ser extraídos junto con el aceite esencial • Es un proceso económicamente costoso
Extracción por destilación por agua	<ul style="list-style-type: none"> • No requieren caldero generador de vapor • Son muy utilizados en el campo • Son de fácil instalación y se pueden transportar de un lugar a otro • Son económicos 	<ul style="list-style-type: none"> • Los aceites esenciales son más coloreados • Presentan cierto olor a quemado • Necesitan una etapa posterior de refinación

	<ul style="list-style-type: none"> • Son equipos seguros de fácil operación y bajo consumo energético 	
Extracción por arrastre de vapor	<ul style="list-style-type: none"> • La extracción por arrastre de vapor es un proceso de extracción muy limpio que asegura un producto de buena calidad • Método industrial y de laboratorio • Extracción de aceite puro libre de solventes • Buen rendimiento del aceite extraído • Extracción del aceite es de bajo costo económico • Aplicación de principio de ingeniería mecánica y química 	<ul style="list-style-type: none"> • El principal inconveniente es la alta temperatura de operación que lo hace inapropiado para aquellos componentes sensibles al calor

Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana /2013

2.6. Material vegetal

Se denomina material vegetal al ser orgánico que crece, vive y se reproduce pero que no se traslada de lugar por impulso voluntario. En su sentido tradicional, el término también hace referencia a los organismos con escasa o limitada capacidad para responder a los estímulos del medio externo, por lo que antiguamente agrupaba a plantas, algas y hongos.

2.6.1. Romero

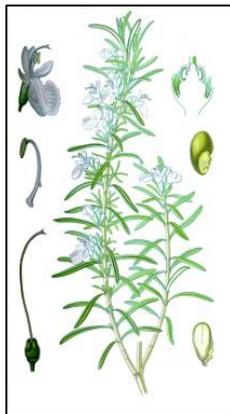
El romero es un arbusto leñoso de hojas perennes muy ramificado y ocasionalmente achaparrado y que puede llegar a medir 2 metros de altura. Las hojas, pequeñas y muy abundantes, presentan forma lineal.

El romero es una hierba de cocina, especialmente en los platos mediterráneos y también es utilizado como un aditivo de jabones y otros cosméticos.

En la cultura popular el romero ha sido utilizado por los herbalistas para mejorar la memoria, aliviar el dolor y espasmos musculares, estimular el crecimiento del pelo y apoyar el sistema circulatorio y nervioso.

“El romero es un buen tónico estimulante del sistema nervioso, de las flores se obtiene un aceite para masajes y fricciones y en las fumigaciones con romero purifican el aire de las habitaciones” (Kozel, Guía de Medicina Natural Salud y Curación , 1994 , pág. 776)

Figura N° 5 Planta de romero



Fuente: http://www.aranais.co.uk/images/rosmarinus_officinalis.jpg

2.6.2. Eucalipto

Árbol verde todo el año que puede superar los 100 m de altura, tronco liso y de color ceniciento, con tallo grueso y ramas potentes. Hoja perenne y con formas

diferentes según la edad del árbol, cuya corteza al envejecer se desprende en grandes tiras longitudinales y en placas. Flores grandes y solitarias o en grupos de 2 o 3, recubiertas de una capa cerosa y de consistencia leñosa. El fruto es algo mayor que la flor, leñoso, plano por un lado y puede abrirse por 4 o 5 dientes. Las hojas, los tallos y las flores saben a esencia, y recuerdan el arrayán, que pertenece a la misma familia. Florece en otoño e invierno.

Crece mejor con agua abundante, en terrenos húmedos y pantanosos, y en suelos silíceos, y soporta mal el frío invernal. (Chevallier, 1997, pág. 94)

Partes utilizadas: Las hojas adultas y los frutos, y el carbón de su madera.

Propiedades: El aceite esencial, en uso interno o por inhalación, tiene una importante acción antiséptica de las vías respiratorias y es una de las plantas más efectivas para las afecciones bronquiales y pulmonares. Antihelmíntico y astringente, desodorante, balsámico y bronco dilatador, expectorante y febrífugo, hipoglucemiante, Mucolítico y sudorífico. En uso externo es antiinflamatorio, antiséptico y cicatrizante.

Figura N° 6 Planta de Eucalipto



Fuente: http://www.aranais.co.uk/images/eucalyptus_globulus.jpg

2.6.3. Manzanilla

La manzanilla es una hierba que mide de 20 a 50 cm de altura. Su tallo es liso, brillante y ramificado. Con hojas estrechas y largas, de color verde intenso, las

flores se sitúan en el extremo de las ramas, forman un botón floral con una cabeza amarilla rodeada de pétalos blancos.

La manzanilla tiene un sabor ligeramente amargo y aromático, es una hierba excelente para muchos desordenes digestivos y para la tensión nerviosa e irritabilidad. (Chevallier, 1997, pág. 76)

Es una hierba anual, originaria de Europa y Asia, es posible encontrarla silvestre, de color verde y olor característico. Los extractos o el aceite esencial de manzanilla se usan en medicamentos naturales y cosméticos. Se les puede usar para preparar aceite de masaje facial o corporal para obtener sus beneficios.

Figura N° 7 Planta de manzanilla



Fuente: <http://www.gardenershq.com/flowerimage/Anacyclus-officinarum.jpg>

2.6.4. Menta

Son plantas herbáceas perennes y aromáticas que alcanzan una altura máxima de 120 cm aproximadamente. Tienen unos rizomas subterráneos que hacen que a menudo se comporten como especies que invaden todo el espacio.

Las hojas son de disposición opuesta, simples y de forma oblonga a lanceolada, a menudo, tienen el margen dentado. Las flores tienen dos labios y cuatro lóbulos con colores que van del blanco al púrpura. El fruto es una cápsula con hasta cuatro semillas.

La menta es una planta del género de hierbas comestibles apreciadas por su aroma refrescante, bastante utilizadas en el arte culinario, en la industria de productos bucales y en la industria alimentaria en general. El consumo de esta hierba o sus derivados produce una sensación de frío en la boca y las vías respiratorias. Su aroma es estimulante del apetito

El principal compuesto medicinal de la menta es el mentol, utilizado para combatir diversas afecciones, como las flatulencias, cólicos, indigestión, dolor de cabeza, diarrea, despeja las vías respiratorias, entre otras.

Figura N° 8 Planta de menta



Fuente: http://www.meemelink.com/prints_images/24049.Mentha-2.JPG

2.6.5. Canela

El árbol de la canela *Cinnamomum zeylanicum* o *Cinnamomum verum* es un árbol de hoja perenne, aproximadamente unos 10-15 m, procedente de Sri Lanka. Se aprovecha como especia su corteza interna, extraída pelando y frotando las ramas y se utiliza en rama y molida.

“El valor medicinal de la canela se debe en su gran medida al aceite volátil que posee propiedades antivirales y estimulantes” (Chevallier, 1997, pág. 80)

La corteza interior del árbol de canelo se emplea en preparados y se destila para obtener el aceite esencial, el aceite esencial de canela es más denso que el agua.

Su aroma es debido al aceite esencial aromático que constituye un 0,5-2,5% de su composición. El componente mayoritario es el aldehído cinámico, también el eugenol y el alcohol cinámico.

Figura N° 9 Planta de canela



Fuente: Plantas medicinales aprobadas en Colombia

2.6.6. Ciprés

El ciprés, nombre común del género *Cupressus*, es un árbol de zonas cálidas o templadas, de crecimiento rápido, que puede alcanzar los 20 m de altura con un diámetro aproximado de unos 60 cm. Es una conífera de hojas perennes, de la familia de las Cupresáceas y pertenece al grupo de las gimnospermas.

Posee un tronco recto y de corteza delgada en la que se forman fisuras longitudinales. Las hojas son muy pequeñas (2-6 mm de longitud) con forma de escama, alineadas en parejas opuestas y decusadas.

Florece a finales del invierno y en un mismo ejemplar se producen flores masculinas y femeninas; las masculinas forman conos ovales de color verdoso que cuelgan de las puntas de las ramas.

Los femeninos son ligeramente esféricos, se componen de alrededor de 12 escamas y al desarrollarse se convierten en una gábulas globular de 3x4 cm, de color verde al principio tornándose a rojizo y marrón al alcanzar la madurez. (Galindo, 1999)

Figura N° 10 Planta de Ciprés



Fuente: http://www.aranais.co.uk/images/cupressus_sempervirens.jpg

2.7. Sistemas automáticos

Los sistemas automáticos son sistemas constituido por diferentes dispositivos y elementos que al recibir una serie de informaciones procedentes del exterior es capaz de generar las órdenes necesarias para que, los receptores por él controlados realicen la función para la que fue diseñado. Es decir que un sistema automático es un circuito compuesto de varios elementos capaz de realizar secuencias lógicas si la intervención del hombre.

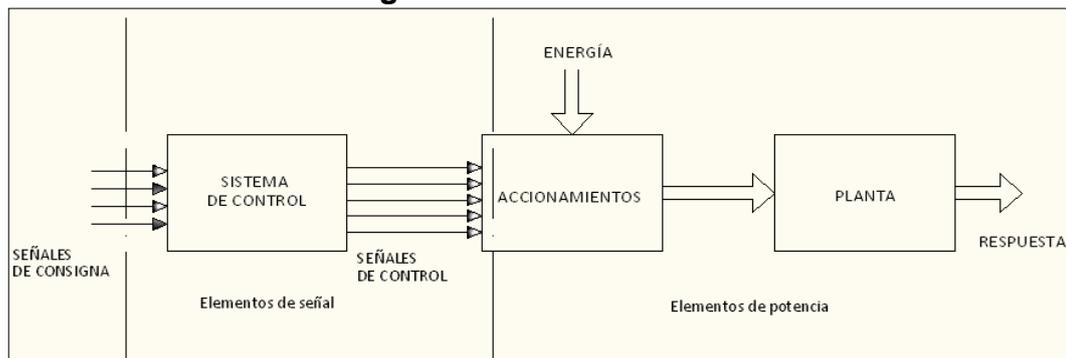
2.7.1. Definición

“Los sistemas automáticos son los que hace que una máquina funcione de forma autónoma, realiza ciclos completos de operaciones que se pueden repetir, con el objeto de liberar física y mentalmente al hombre de la ejecución del proceso”. (Gómez Flores , 2010, pág. 1)

2.7.2. Tipos de sistemas automáticos

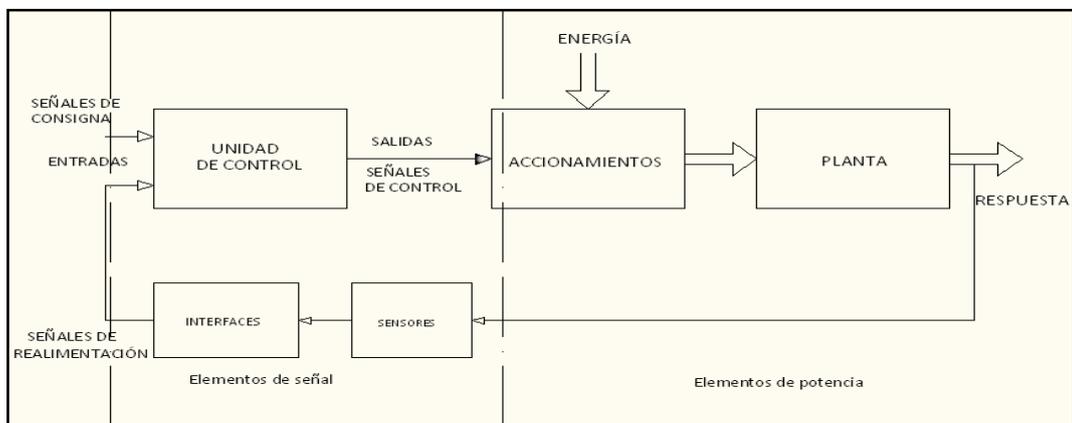
- Según el sistema de control
 - a) *Lazo abierto*: La salida no influye en la entrada
 - b) *Lazo cerrado*: La salida repercute en la entrada

Figura N° 11 Lazo abierto



Fuente: Automatas Programables (Josep Balcells Pág. 5)

Figura N° 12 Lazo cerrado



Fuente: Automatas Programables (Josep Balcells Pág. 5)

- Según su naturaleza:
 - 1) Mecánicos: ruedas dentadas, poleas, levas, cremalleras.
 - 2) Neumáticos: cilindros, válvulas
 - 3) Hidráulicos: cilindros, válvulas
 - 4) Eléctricos: contactores
 - 5) Electrónicos: procesadores

- Según el tipo de información:
 - 1) Analógicos (regulación automática)
 - 2) Digitales: cableado (Automatismos)
 - 3) Programado (Automatización)

2.8. HMI (Interfaz Hombre Maquina)

2.8.1. Definición

Se define al HMI como la interacción del hombre con las maquinas a través de los procesos computacionales, es muy importante tener en cuenta que la interfaz hombre maquina es la que permite que el usuario u operador del sistema de control o supervisión interactúe con los proceso de producción. (FIET , 2010)

2.8.2. Características del HMI

El HMI es una interfaz que permite la interacción entre un ser humano y una máquina. Interfaces hombre-máquina varían ampliamente, desde paneles de control para plantas de energía nuclear a la pantalla y los botones de entrada en un teléfono celular.

Dos componentes son necesarios en una interfaz hombre-máquina. La primera es una entrada. Un usuario humano necesita alguna manera de decirle a la máquina qué hacer, para hacer peticiones de la máquina.

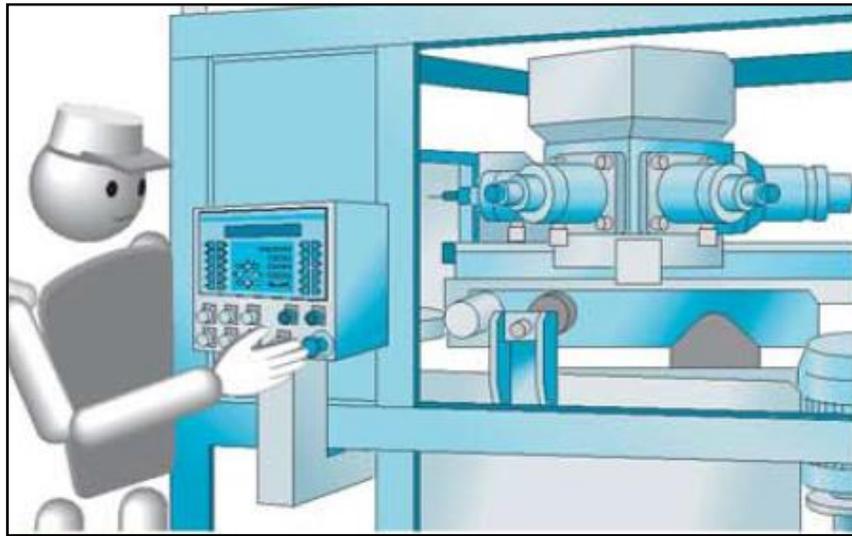
En el interfaz hombre - máquina interviene varios aspectos:

- Cantidad de información
- Forma de actuación
- Puesto de mando
- Propiedades fisiológicas y psíquicas del hombre operador

El dialogo hombre – máquina activa la circulación de dos flujos de datos que circula de la siguiente manera.

- Maquina → Hombre
- Hombre → Maquina

Figura N° 13 Dialogo Hombre - Maquina



Fuente: Capitulo 8 Interfaz hombre – máquina Schneider Electric

2.8.3. Tipos de HMI

- Desarrollados a medida.- Se desarrollan en un entorno de programación grafica como C++, Visual Basic, Delphi etc.
- Paquetes enlatados HMI.- Son paquetes de software que contemplan la mayoría de las funciones estándares de los sistemas SCADA por ejemplo iFIX, WinCC, Wonderware

2.8.4. Funciones del HMI

Monitoreo

La habilidad de obtener y mostrar los datos de la planta en tiempo real estos datos se pueden mostrar como números, texto o Figuras que permitan una lectura más fácil de interpretar

Supervisión

Esta función permite junto con el monitoreo la posibilidad de ajustar las condiciones de trabajo del proceso directamente desde la computadora o el touch panel.

Alarmas

Es la capacidad de reconocer eventos excepcionales dentro del proceso y reportar estos eventos. Las alarmas son reportadas basadas en límites de control preestablecidos

Control

Es la capacidad de aplicar algoritmos que ajustan los valores del proceso, y así mantener estos valores dentro de ciertos límites. Control va más allá del control de supervisión removiendo la necesidad de la interacción humana

Históricos

Es la capacidad de muestra y almacenar en archivos datos del proceso a determinada frecuencia. Este almacenamiento de datos es una poderosa herramienta para la optimización y corrección de procesos.

2.9. PLC (Controlador Lógico Programable)

2.9.1. Definición

Es un dispositivo electrónico capaz de gestionar los circuitos de automatismos industriales de forma programada. (Martín Castillo & García García, 2012, pág. 258)

2.9.2. Funciones del PLC

El PLC sustituye los elementos electromecánicos (contactores auxiliares, temporizadores neumáticos o electromecánicos) empleados en la etapa del tratamiento.

“En los automatismos eléctricos y además es posible programarlo y modificar dicho programa de acuerdo con las necesidades y procesos, sin tener que alterar el cableado existente, únicamente empleando un programador o bien un computador si tiene el software e interface adecuados”. (Flower, Instalaciones Electricas Diseño y Programacion con un Autómata Programable, 2007)

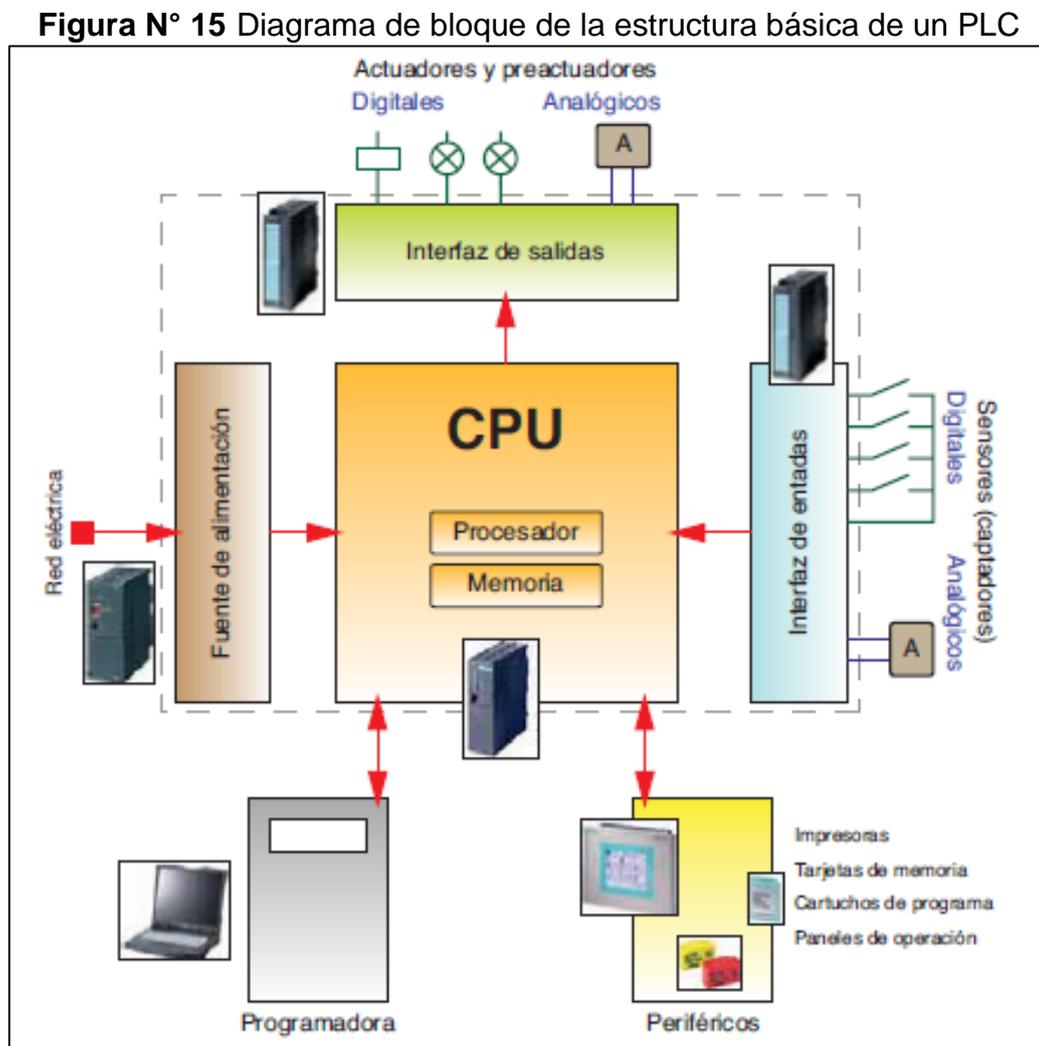
Figura N° 14 Autómata programable



2.9.3. Estructura de un PLC

El autómatas programable está gestionado por un sistema electrónico basado en un microprocesador, encargado de procesar las señales del exterior, tanto de lectura como de escritura, a través de los interfaces de entradas y salidas.

Para el funcionamiento óptimo y continuado del sistema electrónico, es necesaria una fuente de tensión. Los programas se almacenan en los diferentes tipos de memoria que el PLC dispone y gestiona desde un elemento de programación externo.

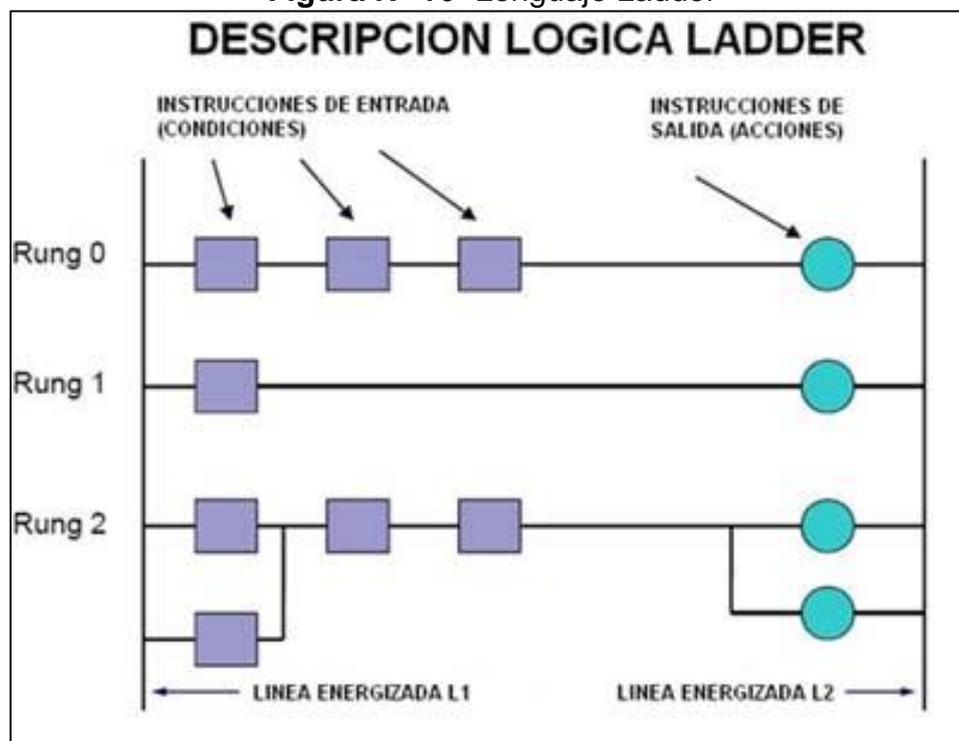


Fuente: Automatismos industriales – Modelo de autómatas programable Pág. 258

2.9.4. Programación de un PLC

Es introducir una serie de instrucciones literales o gráficas para que el PLC las ejecute. La programación del PLC está conformada por unas funciones lógicas que tratan la información recibida en las entradas, para elaborar una nueva información en las salidas. La programación en sistema booleano solo reconoce dos estados o situaciones nivel lógico 1 (activado, presencia, cerrado) y nivel lógico 0 (desactivado, ausencia, abierto). (Flower, Instalaciones Electricas Diseño y Programacion con un Autómata Programable, 2007)

Figura N° 16 Lenguaje Ladder



Fuente: http://www.rocatek.com/images/forum/ladder_descripcion.jpg

2.10. Instrumentación y sistema de control

Un sistema de medición es aquel conjunto de elementos que forman un instrumento capaz de convertir una variable física en una señal o indicación para ser interpretada con facilidad.

Los sistemas de medición componen el elemento fundamental de los sistemas de control, los elementos de medición y control se exponen en la siguiente tabla.

Tabla N° 5 Elementos que constituyen sistema de instrumentación y control

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	FIGURA
Electroválvula	<p>Es una válvula electromecánica, diseñada para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto.</p> <p>La válvula está controlada por una corriente eléctrica a través de un solenoide</p>	
RTD	<p>Los detectores de resistencia de temperatura (RTD) operan bajo el principio de los cambios en la resistencia eléctrica de metales puros y se caracterizan por un cambio lineal positivo en resistencia con temperatura. (National Instruments, 2012)</p> <p>Las ventajas de utilizar RTD es que tienen un margen de temperatura muy amplio con un alcance de medición hasta 800°C.</p>	
Válvula de Alivio de Presión	<p>Estas válvulas están diseñadas para liberar un fluido cuando la presión interna de un sistema que lo contiene supere el límite establecido (presión de tarado). Su misión es evitar una explosión, el fallo de un equipo o tubería por un exceso de presión. Existen también las válvulas de alivio que liberan el fluido cuando la temperatura supera un límite establecido.</p>	
Relé	<p>Un relé es un interruptor accionado por un electroimán. Un electroimán está formado por una barra de hierro dulce, llamada núcleo, rodeada por una bobina de hilo de cobre.</p>	

Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana /2013

CAPITULO III

DISEÑO DEL EXTRACTOR DE ACEITES ESENCIALES

3.1. Selección del método de extracción

Para la selección de método de extracción de aceites esenciales, se considera principalmente el método el cual mejor se aplique los conocimientos adquiridos en la carrera de electromecánica tanto el diseño mecánico así como el proceso de automatización del extractor de aceites esenciales.

Además debemos considerar qué equipos se tienen en el laboratorio de agroindustrias para evitar su construcción y darles uso a las tesis ya realizadas por estudiantes de la universidad. También tenemos que considerar el método con el que se pueda extraer la mayor cantidad de aceites esenciales de diferentes plantas y frutos al menor costo, así los estudiantes podrían realizar investigaciones sobre los diferentes aceites esenciales y potencializar su uso en el sector industrial.

Por eso el método que se seleccionó para la extracción de aceites esenciales basados en los criterios descritos anteriormente es “**Extracción por Arrastre con Vapor**”, el mismo que consta de elementos y equipos tales como:

- Generador de vapor
- Extractor
- Condensador
- Separador

El generador de vapor ya se tiene en el galpón de agroindustrias, el resto de equipos se diseñan y seleccionan de acuerdo con los criterios y fundamentos adquiridos en las materias de mecánica, electricidad y automatización de la carrera de Ingeniería Electromecánica, también se considera el diseño del sistema de

control del extractor de aceites esenciales que constan con dispositivos de control y medición tales como:

- HMI
- PLC
- Electroválvulas
- Sensores

Además se escoge este método por facilidad de construcción, facilidad de mantenimiento, bajo costo de operación y es el método en el que se puede extraer mayor cantidad de diferentes tipos de aceites.

3.2. Identificación de variables

3.2.1. Caldero o generador de vapor

En la presente tesis ya se cuenta con el caldero o generador de vapor por lo que la variable que calculamos la potencia vapor necesario para el proceso de extracción:

- Potencia de vapor en el caldero es 5 BHP

3.2.2. Extractor

Para el diseño del extractor se toma en cuenta las siguientes variables:

- La presión manométrica del extractor
- Las dimensiones del extractor en función de la materia prima
- El sistema de distribución de vapor en el extractor
- El material del equipo en función de las condiciones del trabajo

3.2.3. Condensador o intercambiador de calor

Para el diseño de condensador se consideran las siguientes variables:

- La variables de vapor tanto vapor de agua, como vapor de aceite esencial
- La presión de ingreso al condensador
- La temperatura de vapor al ingreso del condensador
- La temperatura del vapor a la salida del condensador
- El diámetro de la tubería

3.2.4. Variables del refrigerante

- Temperatura de ingreso del agua al condensador
- Temperatura de salida del agua del condensador
- Flujo de agua
- Diámetro de tubería

3.2.5. Decantador

Para el diseño de decantador se tomara como referencia:

- tiempos de llenado del decantador
- tiempo de vaciado de agua floral

3.2.6. Vaso separador

En este caso no se efectúa el diseño de este equipo, más bien se procede a la compra del vaso separador, por ser un elemento con características específicas de laboratorio.

3.3. Diseño mecánico del extractor de aceites esenciales

En la presente tesis utilizamos el Romero (*Rasmorinus Officinalis*), mediante el empleo de la técnica de destilación por arrastre de vapor para la obtención de aceite esencial con densidades del orden de 0.893 g/ml a 0.94 g/ml, con un rendimiento promedio en la destilación de 1.79 ± 0.091 ml por cada 100 g de muestra (Ramírez Castillo, 2008)

De lo expresado anteriormente por motivos de cálculo asumimos una densidad de 0.91 g/ml y un rendimiento promedio de 1.881 ml por cada 100 g.

Procedemos a calcular la cantidad de gramos de aceite extraído por cada 100 g de hojas de romero:

Como:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (3.1)$$

$$m = \rho \times V$$

Donde:

$\rho =$ Densidad

$m =$ Masa

$V =$ Volumen

Datos:

$\rho = 0.91$ g/ml

$V = 1.881$ ml

Por lo tanto:

$$m = \rho \times V$$

$$m = 0.91 \frac{g}{ml} \times 1.881 ml$$

$$m = 1.71 g$$

Entonces por cada 100g de hoja de romero, obtenemos 1.71g de aceite; encontramos el rendimiento de extracción de aceite:

$$\eta = \frac{1.71g}{100g} \%$$

$$\eta = 1.71\%$$

Por lo tanto dimensionaremos el equipo para 10Kg de hojas de romero con lo que obtendremos teóricamente los siguientes gramos de aceite esencial.

100g hojas	1.71g aceite
10000g hojas	x

Obtendremos 171g de aceite de romero o 190 ml de aceite de romero.

3.3.1. Diseño de extractor

Parámetros de diseño:

- 10 Kg de hojas de romero
- Presión interna del recipiente máxima: 60 Psi
- Material: Acero Inoxidable 304;
- Sy: 310 MPa \cong 44.96 x 10³ Psi

Consideraremos una plancha de acero inoxidable AISI 304 de dimensiones 2.44 m x 1.22 m, como se muestra en la siguiente figura:

Figura N° 17 Plancha de acero inoxidable AISI 304



Fuente: AutoCAD 2014

Elaborado Por: Cristhian Defaz, Roberth Yaguana / 2013

Como sabemos:

$$P = \pi \times \emptyset \quad (3.2)$$

$$\emptyset = \frac{P}{\pi}$$

$$\emptyset = \frac{2.44 \text{ m}}{3.1416}$$

$$\emptyset = 0.78 \text{ m}$$

$$h = 0.78 \text{ m}$$

3.3.2. Dimensiones del extractor:

Tomamos como referencia el libro: Manual de Recipientes a Presión Diseño y Cálculo de Eugene F. Megyesy, y que va de acuerdo al código ASME sección VIII, de acuerdo a presión interna, tenemos lo siguiente:

P = Presión de diseño a presión máxima de trabajo permitida, lb/pulg²

S = Valor del Esfuerzo del material lb/pulg². **Anexo 1**

E = Eficiencia de la junta. **Anexo 2**

R = Radio exterior en pulgadas

D = Diámetro exterior en pulgadas

t = Espesor de la pared en pulgadas **Anexo 3**

Para las dimensiones del tanque extractor ver **Anexo Plano EAE-TE-1**

Datos:

P = 60 Psi

S = 44.96 x 10³ Psi

E = 0.85

R = 15.35 in

D = 30.71 in \cong 780 mm

Entonces:

$$t = \frac{P \times R}{S \times E + 0.4P} \quad (3.3)$$

$$t = \frac{60\text{Psi} \times 15.35\text{in}}{44.96 \times 10^3\text{Psi} \times 0.85 + 0.4 \times 60\text{Psi}}$$

$$t = 2.41 \times 10^{-2}\text{in}$$

$$t = 0.61\text{ mm}$$

A continuación calculamos el espesor de chapa para la tapa elipsoidal

$$t = \frac{P \times D}{2 \times S \times E + 1.8 P} \quad (3.4)$$

$$t = \frac{60\text{Psi} \times 30.71\text{in}}{2 \times 44.96 \times 10^3\text{Psi} \times 0.85 + 1.8 \times 60\text{Psi}}$$

$$t = 2.4 \times 10^{-2}\text{in}$$

$$t = 0.61 \text{ mm}$$

Por factibilidad de construcción asumiremos un espesor de plancha de acero inoxidable AISI 304; **t = 2mm.**

A continuación calculamos la junta circunferencial y longitudinal de acuerdo a las siguientes expresiones:

$$S_1 = \frac{P \times D}{4 \times t} \text{ Esfuerzo longitudinal o axial} \quad (3.5)$$

$$S_1 = \frac{60\text{Psi} \times 30.71\text{in}}{4 \times 7.87 \times 10^{-2}\text{in}}$$

$$S_1 = 5853.24 \text{ Psi}$$

$$S_2 = \frac{P \times D}{2 \times t} \text{ Esfuerzo circunferencial o tangencial} \quad (3.6)$$

$$S_2 = \frac{60\text{Psi} \times 30.71\text{in}}{2 \times 7.87 \times 10^{-2}\text{in}}$$

$$S_2 = 11706.48 \text{ Psi}$$

A continuación calculamos el factor de seguridad:

$$\eta = \frac{S_y}{\sqrt{S_1^2 - (S_1 \times S_2) + S_2^2}} \quad (3.7)$$

$$\eta = \frac{44.96 \times 10^3 \text{ Psi}}{\sqrt{(5853.24 \text{ Psi})^2 - (5853.24 \text{ Psi} \times 11706.48 \text{ Psi}) + (11706.48 \text{ Psi})^2}}$$

$$\eta = 4.43$$

Determinamos que el extractor tiene un coeficiente de seguridad de $\eta = 4.43$, con lo que se garantiza que el equipo soporte la presión de diseño.

3.3.3. Diseño de los pernos de la cabeza elipsoidal

$$P = \frac{F}{A} \quad (3.8)$$

$$F = P \times A$$

$$F = P \times \frac{\pi \times \phi^2}{4}$$

$$F = 60 \text{ Psi} \times \frac{\pi \times (30.71 \text{ in})^2}{4}$$

$$F = 44442.84 \text{ lb}$$

Esfuerzos

$$\sigma_m = \frac{F_i}{A_t} + \frac{C \times \eta \times P_{max}}{2 \times A_t \times N} \quad (3.9)$$

$$\sigma_a = \frac{C \times \eta \times P_{max}}{2 \times A_t \times N} \quad (3.10)$$

Escojamos pernos grado SAE 8, cuyas propiedades son:

$$S_p = 120Kpsi$$

$$S_y = 130Kpsi$$

$$S_{ut} = 150Kpsi$$

Y la fuerza de pretensión:

$$F_i = 0.75 \times F_p$$

$$\frac{F_i}{A_t} = 0.75 F_p$$

$$\frac{F_i}{A_t} = 0.75 \times 120Kpsi$$

$$\frac{F_i}{A_t} = 90Kpsi$$

Vamos asumir toda la carga que soportan los pernos, entonces $C = 0.1$

$$\sigma_a = \frac{C \times \eta \times P_{max}}{2 \times A_t \times N}$$

$$\sigma_a = \frac{0.1 \times \eta \times 44442.84lb}{2 \times A_t \times N}$$

$$\sigma_a = \frac{2222.142 \times \eta}{A_t \times N}$$

$$\sigma_m = \frac{F_i}{A_t} + \frac{C \times \eta \times P_{max}}{2 \times A_t \times N}$$

$$\sigma_m = 90000 \text{ Psi} + \frac{2222.142 \times \eta}{A_t \times N}$$

Límite de fatiga

$$Se' = 19.2 + 0.314 \times Sut$$

$$Se' = 19.2 + 0.314 \times 150$$

$$Se' = 66.3 \text{ Kpsi}$$

$$Se = Kc \times \left(\frac{1}{Kf}\right) \times Se' \quad (3.11)$$

Datos:

$Kc = 0.872$ para una confiabilidad del 95%

$Kf = 3$ para rosca laminada

$$Se = Kc \times \left(\frac{1}{Kf}\right) \times Se'$$

$$Se = 0.872 \times \left(\frac{1}{3}\right) \times 66.3 \text{ Kpsi}$$

$$Se = 19.27 \text{ Kpsi}$$

Aplicando el criterio de diseño de la línea de Soderbeg se tiene:

$$\frac{\sigma_a}{Se} + \frac{\sigma_m}{Sy} = 1 \quad (3.12)$$

$$\frac{\frac{2222.142 \times \eta}{A_t \times N}}{19270 \text{ Psi}} + \frac{90000 \text{ Psi} + \frac{2222.142 \times \eta}{A_t \times N}}{130000 \text{ Psi}} = 1$$

$$\frac{6.75 \left(\frac{2222.142 \times \eta}{A_t \times N} \right) + 90000 \text{ Psi} + \frac{2222.142 \times \eta}{A_t \times N}}{130000 \text{ Psi}} = 1$$

$$\frac{6.75 \left(\frac{2222.142 \times \eta}{A_t \times N} \right)}{130000 \text{ Psi}} + \frac{\left(\frac{2222.142 \times \eta}{A_t \times N} \right)}{130000 \text{ Psi}} = 1 - \frac{90000 \text{ Psi}}{130000 \text{ Psi}}$$

$$\frac{7.75 \left(\frac{2222.142 \times \eta}{A_t \times N} \right)}{130000 \text{ Psi}} = 1 - \frac{90000 \text{ Psi}}{130000 \text{ Psi}}$$

$$\frac{2222.142 \times \eta}{A_t \times N} = \left(1 - \frac{90000 \text{ Psi}}{130000 \text{ Psi}} \right) \times \frac{130000 \text{ Psi}}{7.75}$$

$$\frac{2222.142 \times \eta}{A_t \times N} = 5161.29$$

$$N = \frac{0.431 \times \eta}{A_t}$$

Si se asume con coeficiente de seguridad: $\eta = 1.5$

$$N = \frac{0.6465}{A_t}$$

Como la longitud perimetral es:

$$L = \pi \times \phi \tag{3.13}$$

$$L = \pi \times 30.71 \text{ in}$$

$$L = 96.48 \text{ in}$$

Construimos la siguiente tabla tomando en cuenta la longitud perimetral.

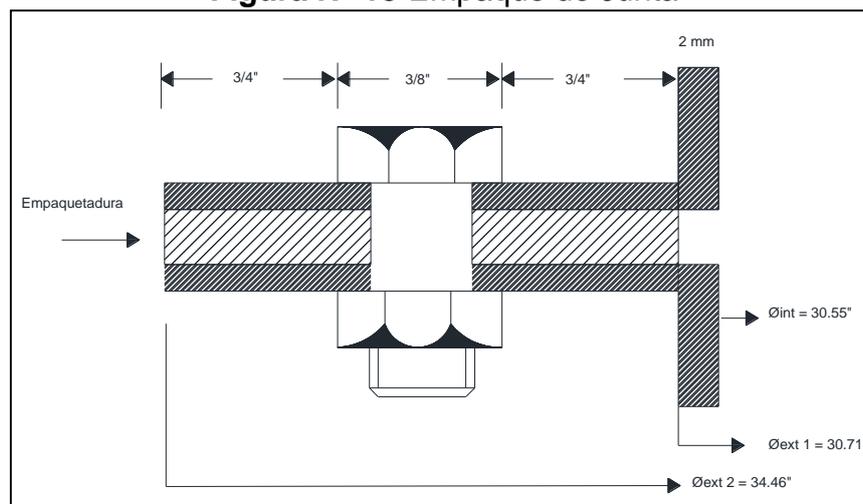
Tabla N° 6 Dimensiones de los pernos

Tamaño de Perno (d)	Área de Esfuerzo de Tensión (At)	Número de pernos (N)	Distancia entre pernos (x)	(x/d)
1/4"	0,0318	21	4,59"	18,6
5/16"	0,0524	13	7,42"	23,74
3/8"	0,0775	9	10,72"	28,59
7/16"	0,1063	6	16,08"	36,75
1/2"	0,1419	5	19,30"	38,6

Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

Por rapidez de apertura, hermeticidad, costos, montaje y desmontaje, seleccionaremos 9 pernos de 3/8" UNC grado 8.

Chequeo de la empaquetadura de la junta

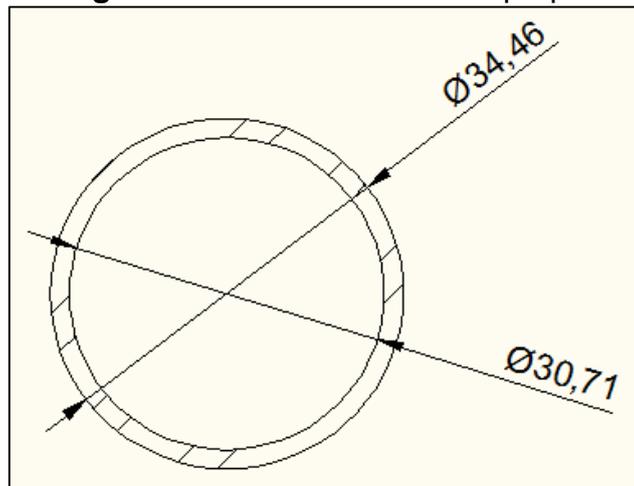
Figura N° 18 Empaque de Junta

Fuente: AutoCAD 2014

Elaborado por: Cristhian Defaz, Roberth Yaguana / 2013

Donde la empaquetadura queda de la siguiente forma:

Figura N° 19 Diámetro de Empaque



Fuente: AutoCAD 2014

Elaborado por: Cristhian Defaz, Roberth Yaguana / 2013

Calculamos A_g :

$$A_g = \frac{\pi \phi_{e2}^2}{4} - \frac{\pi \phi_{e1}^2}{4} \quad (3.14)$$

$$A_g = \frac{\pi(34.46in)^2}{4} - \frac{\pi(30.71in)^2}{4}$$

$$A_g = 191.94in^2$$

Si consideramos que:

$$F_i \geq F_s$$

Donde:

$$F_s = \text{Fuerza de Sellado}$$

$$\frac{F_i}{A_t} = 90000Psi$$

$$F_i = 90000Psi \times A_t$$

$$F_i = 90000Psi \times 0.0775in^2$$

$$F_i = 6975lb$$

Calculamos la máxima presión en el sello

$$P_{max} = \frac{F_i}{A_g}$$

$$P_{max} = \frac{6975lb}{191.94in^2}$$

$$P_{max} = 36.34Psi$$

Por otro lado:

$$F_{mat} = (1 - c) \times P - F_i \quad (3.15)$$

$$F_{mat} = \frac{A_g \times P \times \eta}{N}$$

$$F_{mat} = \frac{191.94in^2 \times 60Psi \times \eta}{9}$$

$$F_{mat} = 6975lb$$

Donde el coeficiente de seguridad es:

$$\eta = \frac{6975lb}{191.94in^2}$$

$$\eta = 5.45$$

El coeficiente de 5.45 es aceptable para cilindros.

3.3.4. Cálculo de BHP necesarios (BOILER HORSE POWER)

De acuerdo a pruebas para la extracción de aceite de romero se necesita aproximadamente 1.7Kg de agua por hora para extraer 1 Kg de aceite esencial a un rendimiento promedio del 1.71%, por lo que necesitaremos: 17Kg de agua/hora para extraer 10 Kg de aceite esencial.

Datos:

Pdiseño	=	60 Psi
Patmosférica	=	14.7 Psi
Pabsoluta	=	74.7 Psi
Tambiente	=	22°C

Ingresamos a la tabla de vapor:

Temp. De vapor = 152.97°C

Cp = 4.32 KJ/Kg °C

Cálculo del calor sensible

$$Q_s = m \times C_p \times \Delta T \quad (3.16)$$

$$Q_s = 17 \frac{Kg}{h} \times 4.32 \frac{KJ}{Kg^\circ C} \times (152.97 - 22)^\circ C$$

$$Q_s = 9618.44 \frac{KJ}{h}$$

Cálculo del calor Latente:

$$Q_L = m \times h_{fg} \quad (3.17)$$

Con la $P_{abs} = 74.7 Psi$ en la tabla de vapor encontramos h_{fg} .

$$h_f = 644.75 \frac{Kj}{Kg}$$

$$h_g = 2747.7 \frac{Kj}{Kg}$$

$$h_{fg} = h_g - h_f \quad (3.18)$$

$$h_{fg} = 2747.7 \frac{Kj}{Kg} - 644.75 \frac{Kj}{Kg}$$

$$h_{fg} = 2102.92 \frac{Kj}{kg}$$

Por lo tanto $Q_L = m \times h_{fg}$

$$Q_L = 17 \frac{Kg}{hora} \times 2102.92 \frac{Kj}{kg}$$

$$Q_L = 35749.64 \frac{Kj}{h}$$

Calor Total = Calor sensible + Calor Latente

$$Q = Q_s + Q_L \quad (3.19)$$

$$Q = 9618.44 \frac{Kj}{h} + 35749.64 \frac{Kj}{h}$$

$$Q = 45368.08 \frac{Kj}{h}$$

Factor de conversión: 1BHP = 33475 Btu/h

$$Q_T = 1.62 \text{ BHP}$$

El caldero de la UTE Santo Domingo genera 5 BHP con lo que estaríamos dentro del margen de trabajo permitido y se consumiría alrededor del 32,5% del vapor generado

3.3.5. Diseño del intercambiador de calor

- Datos del agua como refrigerante

$$T_{ia} = 22^\circ C$$

$$T_{fa} = 45^\circ C$$

- Datos del vapor:

$$T_{iv} = 152.97^\circ C$$

$$T_{fv} = 50^\circ C$$

Calculamos el calor latente:

$$Q_L = m \times h_{fg}$$

$$Q_L = 17 \frac{Kg}{h} \times 2102.92 \frac{KJ}{kg}$$

$$Q_L = 35749.64 \frac{KJ}{h}$$

Cálculo del calor sensible

$$Q_s = m \times C_p \times \Delta T$$

$$Q_s = 17 \frac{Kg}{h} \times 4.186 \frac{KJ}{Kg^\circ C} \times (152.97 - 50)^\circ C$$

$$Q_s = 7327.55 \frac{KJ}{h}$$

Calor Total

$$Q_T = Q_L + Q_s$$

$$Q_T = 35749.64 \frac{KJ}{h} + 7327.55 \frac{KJ}{h}$$

$$Q_T = 43077.19 \frac{KJ}{h}$$

Si asumimos una sobrecarga del 20%

$$Q_T = 43077.19 \frac{KJ}{h} \times 1.2$$

$$Q_T = 51692.63 \frac{KJ}{h}$$

Como el calor perdido por el vapor es igual al calor ganado por el agua.

$$Q_T = m_a \times C_{pa} \times \Delta T$$

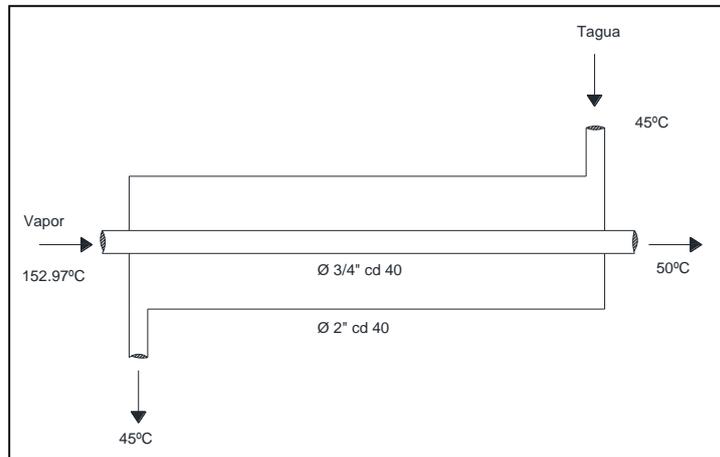
$$m_a = \frac{Q_T}{C_{pa} \times \Delta T}$$

$$m_a = \frac{51692.63 \frac{KJ}{h}}{4.186 \frac{KJ}{Kg^\circ C} + (45^\circ C - 22^\circ C)}$$

$$m_a = 536.9 \frac{Kg}{h} \text{ de agua} \cong 0.15 \text{ Kg/s}$$

Para un intercambiador de calor de tubo doble en acero inoxidable asumimos:

Figura N° 20 Intercambiador de calor



Fuente: AutoCAD 2014

Elaborado por: Cristhian Defaz, Roberth Yaguana / 2013

Asumimos.

Anexo 3

$$\text{Ø } 3/4" \text{ cd } 40 \quad \text{Ø}_{i_{3/4}} = 0.824" \quad A_{i_{3/4}} = 0.533in^2$$

$$\text{Ø}_{e_{3/4}} = 1.050" \quad A_{e_{3/4}} = 0.866in^2$$

$$\text{Ø } 2" \text{ cd } 40 \quad \text{Ø}_{i_2} = 2.067" \quad A_{i_2} = 3.355in^2$$

$$\text{Ø}_{e_2} = 2.375" \quad A_{e_2} = 4.430in^2$$

El área hidráulica para el espacio anulares:

$$A_c = A_{i_2} - A_{e_{3/4}} \quad (3.20)$$

$$A_c = 3.355in^2 - 0.866in^2$$

$$A_c = 2.489in^2 = 0.00161m^2$$

Donde:

$$V = \frac{m}{\rho_{45^{\circ}C} \times A_c} \quad (3.21)$$

$$V = \frac{0.15 \frac{Kg}{s}}{990.1 \text{ Kg/m}^3 * 0.00161 \text{ m}^2}$$

$$V = 9.41 \times 10^{-2} \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{V \times D}{\nu_{45^{\circ}C}} \quad (3.22)$$

$$D = 2.067'' - 1.050''$$

$$D = 1.017'' = 0.0258 \text{ m}$$

$$Re = \frac{9.41 \times 10^{-2} \frac{m}{s} \times 0.0258 \text{ m}}{0.602 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$Re = 4037.83$$

Se determina que se encuentra en régimen de transición y lo calcularemos como turbulento: $(2300 \leq Re \leq 4300)$

Por lo tanto el Número de Nusselt: (Transferencia de Yunus, pág. 854)

$$Nu = \frac{h \times D}{H} \quad (3.23)$$

$$Nu = 0.023 \times Re^{0.8} \times Pr^{0.4}$$

$$Nu = 0.023 \times (4037.83)^{0.8} \times (3.91)^{0.4}$$

$$Nu = 30.45$$

Datos:

$$Pr_{45^{\circ}C} = 3.91 \text{ Según tabla de } \mathbf{Anexo 4}$$

$$K_{45^{\circ}C} = 0.637 \text{ N/m}^2$$

$$V_{45^{\circ}C} = 0.602 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

Donde:

$$Pr_{45^{\circ}C} = \text{Prandtl a } 45$$

$$K_{45^{\circ}C} = \text{Conductividad Térmica a } 45^{\circ}C$$

$$h = \frac{Nu \times K}{D} \quad (3.24)$$

$$h = \frac{30.45 \times 0.637}{0.0258}$$

$$h = \mathbf{751.81 \text{ W/m}^2\text{ }^{\circ}C}$$

Para el caso del tubo de vapor:

$$m = 17 \frac{\text{Kg}}{\text{hora}} = 4.72 \times 10^{-3} \frac{\text{Kg}}{\text{s}}$$

Determinamos una temperatura promedio dentro del intercambiador:

$$\Delta_T = \frac{T_1 + T_2}{2} \quad (3.25)$$

$$\Delta_T = \frac{152.97^{\circ}C + 50^{\circ}C}{2}$$

$$\Delta_T = \mathbf{101.49^{\circ}C}$$

Los parámetros a $101.49^{\circ}C$ del fluido son:

$$\rho_{101.49^{\circ}\text{C}} = 957.9 \text{ Kg/m}^3$$

$$Pr_{101.49^{\circ}\text{C}} = 1.75 \text{ Según tabla de Anexo 5}$$

$$K_{101.49^{\circ}\text{C}} = 0.679 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$$

$$V_{101.49^{\circ}\text{C}} = 2.95 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$$

Calculamos la velocidad

$$V = \frac{m}{\rho_{101.49^{\circ}\text{C}} \times A_{i_{3/4}}}$$
 (3.26)

$$V = \frac{4.72 \times 10^{-3} \text{ Kg/s}}{957.9 \text{ Kg/m}^3 \times 3.4 \times 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$V = 1.45 \times 10^{-2} \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{V \times D}{\nu_{45^{\circ}\text{C}}}$$

$$Re = \frac{4.72 \times 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 0.021 \text{ m}}{2.95 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$Re = 33858$$

Encontramos el número de Nusselt:

$$Nu = \frac{h \times D}{H}$$

$$Nu = 0.023 \times Re^{0.8} \times Pr^{0.4}$$

$$Nu = 0.023 \times (33858)^{0.8} \times (1.75)^{0.4}$$

$$Nu = 120.97$$

$$h = \frac{Nu \times K}{D}$$

$$h = \frac{120.97 \times 0.679}{0.021}$$

$$h = 3911.36 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

Se calcula el coeficiente de transferencia de calor total

$$\mu = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_o}} \quad (3.27)$$

$$\mu = \frac{1}{\frac{1}{751.81 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{°C}}} + \frac{1}{3911.63 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{°C}}}}$$

$$\mu = 630.6 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{°C}}$$

A continuación calculamos la temperatura media logarítmica.

$$\Delta_{T1} = Th, ent - Tc, sal \quad (3.28)$$

$$\Delta_{T1} = 152.97\text{°C} - 45\text{°C}$$

$$\Delta_{T1} = 107.97\text{°C}$$

$$\Delta_{T2} = Th, sal - Tc, ent$$

$$\Delta_{T2} = 50\text{°C} - 22\text{°C}$$

$$\Delta_{T2} = 28\text{°C}$$

$$\Delta_{Tml} = \frac{\Delta_{T1} - \Delta_{T2}}{\ln\left(\frac{\Delta_{T1}}{\Delta_{T2}}\right)} \quad (3.29)$$

$$\Delta_{Tml} = \frac{107.97\text{°C} - 28\text{°C}}{\ln\left(\frac{107.97\text{°C}}{28\text{°C}}\right)}$$

$$\Delta T_{ml} = 59.25^{\circ}\text{C}$$

Determinamos el área superficial del intercambiador de calor:

$$Q = \mu \times A_s \times \Delta T_{ml} \quad (3.30)$$

$$A_s = \frac{Q}{\mu \times \Delta T_{ml}} \quad (3.31)$$

Como:

$$Q_T = 51692.63 \frac{\text{Kj}}{\text{h}} \times \frac{1\text{h}}{3600\text{s}}$$

$$Q_T = 14359.064 \text{ W} = Q$$

$$A_s = \frac{14359.064 \text{ W}}{630.6 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \text{ }^{\circ}\text{C} \times 59.25^{\circ}\text{C}}$$

$$A_s = 0.38\text{m}^2$$

Donde:

$$A_s = \pi \times \phi_e \times L$$

$$L = \frac{A_s}{\pi \times \phi_{e3/4}}$$

$$L = \frac{0.38\text{m}^2}{\pi \times 0.02667''}$$

$$L = 4.53\text{m}$$

El intercambiador de calor de la tubería contra flujo tendrá una longitud $L = 4.53\text{m}$, por lo que consideramos demasiado largo, entonces utilizaremos el factor de corrección para intercambiadores de calor de pasos a flujo cruzado.

Calculamos:

$$P = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1} \quad (3.32)$$

$$P = \frac{50 - 152.97}{22 - 152.97}$$

$$P = 0.79$$

$$R = \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1} \quad (3.33)$$

$$R = \frac{22 - 45}{50 - 152.97}$$

$$R = 0.22$$

Ingresamos a la figura 11-18 del libro Yunus (Transferencia de Calor) tipo B y encontramos el factor de corrección (Yanus Cengel , 2007, pág. 626): $F = 0.96$ según **Anexo 6**

$$Q = \mu \times A_s \times F \times \Delta T_{ml}$$

$$A_s = \frac{Q}{\mu \times F \times \Delta T_{ml}}$$

$$A_s = \frac{14359.064\text{W}}{630 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \text{°C} \times 0.96 \times 59.25}$$

$$A_s = 0.4 \text{ m}^2$$

Donde:

$$A_s = n \times \pi \times \phi_{e3/4"} \times L$$

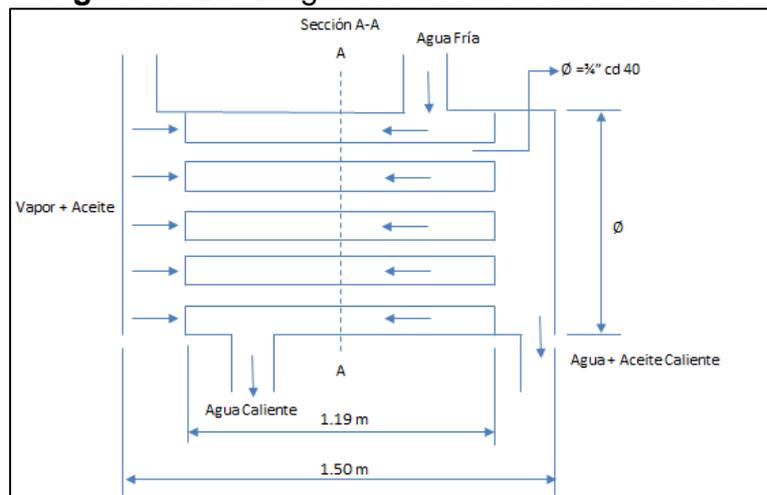
Asumo: $n = 4$ tubos

$$L = \frac{A_s}{n \times \pi \times \phi_{e3/4"}}$$

$$L = \frac{0.4m^2}{4 \times \pi \times 0.02667"}$$

$$L = 1.19m$$

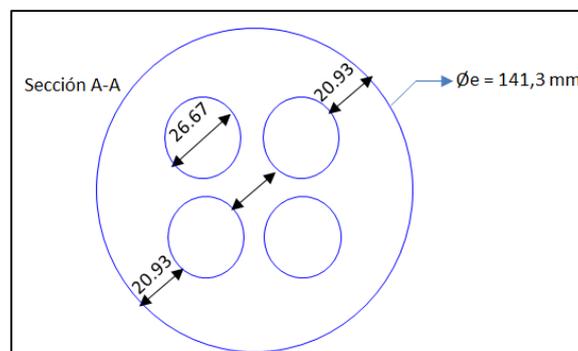
Figura N° 21 Diagrama Intercambiador de Calor



Fuente: AutoCAD 2014

Elaborado por: Cristhian Defaz, Roberth Yaguana / 2013

Figura N° 22 Diagrama Interno del Intercambiador



Fuente: AutoCAD 2014

Elaborado por: Cristhian Defaz, Roberth Yaguana / 2013

Sección A-A

Se selecciona tubo $\phi_e = 141,3mm$; $\phi_i = 128mm$; $\phi_{etubo\ pequeño} = 20.93mm$

3.3.6. Diseño mecánico del intercambiador:

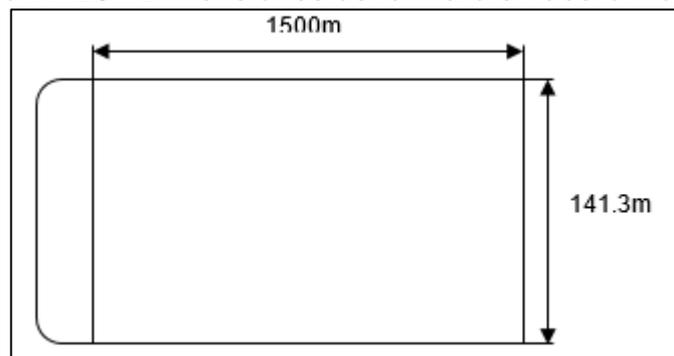
Datos:

Camisa de Acero ASTM A36

$$S = 49.96 \times 10^3 \text{ Psi}$$

Tubo: $\phi = 5'' \text{ cd } 40$

Figura N° 23 Dimensiones del cilindro en acero inoxidable



Fuente: AutoCAD 2014

Elaborado por: Cristhian Defaz, Roberth Yaguana / 2013

Tomamos como referencia el libro: Manual de Recipientes a Presión Diseño y Cálculo de Eugene F. Megyesy, y que va de acuerdo al código ASME sección VIII, de acuerdo a presión interna, tenemos lo siguiente:

P = Presión de diseño a presión máxima de trabajo permitida, lb/pulg²

S = Valor del Esfuerzo del material lb/pulg²; pág. **Anexo 1**

E = Eficiencia de la junta. **Anexo 2**

R = Radio interior en pulgadas

D = Diámetro interior en pulgadas

t = Espesor de la pared en pulgadas

Datos:

$$P = 60 \text{ Psi}$$

$$S = 49.96 \times 10^3 \text{ Psi}$$

$$E = 0.85$$

$$R = 2.78 \text{ in}$$

$$D = 5.563 \text{ in} \cong 141.3 \text{ mm}$$

Entonces:

$$t = \frac{P \times R}{S \times E + 0.4P} \quad (3.34)$$

$$t = \frac{60 \text{ Psi} \times 2.78 \text{ in}}{49.96 \times 10^3 \text{ Psi} \times 0.85 + 0.4 \times 60 \text{ Psi}}$$

$$t = 3.93 \times 10^{-3} \text{ in}$$

$$t = 0.09 \text{ mm}$$

Por factibilidad de construcción asumiremos un espesor de plancha de acero inoxidable AISI 304; $t = 2 \text{ mm}$.

A continuación calculamos el espesor de chapa para la tapa elipsoidal

$$t = \frac{P \times D}{2 \times S \times E + 1.8P} \quad (3.35)$$

$$t = \frac{60 \text{ Psi} \times 5.563 \text{ in}}{2 \times 49.96 \times 10^3 \text{ Psi} \times 0.85 + 1.8 \times 60 \text{ Psi}}$$

$$t = 3.93 \times 10^{-3} \text{ in}$$

$$t = 0.09 \text{ mm}$$

A continuación calculamos la junta circunferencial y longitudinal de acuerdo a las siguientes expresiones:

$$S_1 = \frac{P \times D}{4 \times t} \text{ Esfuerzo Longitunal o axial}$$

$$S_1 = \frac{60\text{Psi} \times 5.563\text{in}}{4 \times 7.87 \times 10^{-2}\text{in}}$$

$$S_1 = 1060.29 \text{ Psi}$$

$$S_2 = \frac{P \times D}{2 \times t} \text{ Esfuerzo circunferencial o tangencial}$$

$$S_2 = \frac{60\text{Psi} \times 5.563\text{in}}{2 \times 7.87 \times 10^{-2}\text{in}}$$

$$S_2 = 2120.58 \text{ Psi}$$

A continuación calculamos el factor de seguridad:

$$\eta = \frac{S_y}{\sqrt{S_2^2 - (S_1 * S_2) + S_1^2}}$$

$$\eta = \frac{49.96 \times 10^3 \text{ Psi}}{\sqrt{(2120.58\text{Psi})^2 - (1060.29\text{Psi} * 2120.58\text{Psi}) + (1060.29\text{Psi})^2}}$$

$$\eta = 27.2$$

Determinamos que el extractor tiene un coeficiente de seguridad de $\eta = 27.2$, con lo que se garantiza que el equipo soporte la presión de diseño.

3.3.7. Diseño de los pernos de la cabeza elipsoidal

$$P = \frac{F}{A}$$

$$F = P \times A$$

$$F = P \times \frac{\pi \times \phi^2}{4}$$

$$F = 60\text{Psi} \times \frac{\pi \times (5.563\text{in})^2}{4}$$

$$F = 1458.34 \text{ lb}$$

Esfuerzos

$$\sigma_m = \frac{F_i}{A_t} + \frac{C \times \eta \times P_{max}}{2 \times A_t \times N}$$

$$\sigma_a = \frac{C \times \eta \times P_{max}}{2 \times A_t \times N}$$

Escojamos pernos grado SAE 8, cuyos problemas son:

$$S_p = 120\text{Kpsi}$$

$$S_y = 130\text{Kpsi}$$

$$S_{ut} = 150\text{Kpsi}$$

Y la fuerza de pretensión:

$$F_i = 0.75 \times F_p$$

$$\frac{F_i}{A_t} = 0.75F_p$$

$$\frac{F_i}{A_t} = 0.75 \times 120 \text{Kpsi}$$

$$\frac{F_i}{A_t} = 90 \text{Kpsi}$$

Vamos asumir que toda la carga soportan los pernos, entonces $C = 0.1$

$$\sigma_a = \frac{C \times \eta \times P_{max}}{2 \times A_t \times N}$$

$$\sigma_a = \frac{1 \times \eta \times 1458.34 \text{lb}}{2 \times A_t \times N}$$

$$\sigma_a = \frac{719.17 \times \eta}{A_t \times N}$$

$$\sigma_m = \frac{F_i}{A_t} + \frac{C \times \eta \times P_{max}}{2 \times A_t \times N}$$

$$\sigma_m = 90000 \text{Psi} + \frac{719.17 \times \eta}{A_t \times N}$$

Límite de fatiga

$$Se' = 19.2 + 0.314 \times Sut$$

$$Se' = 19.2 + 0.314 \times 150$$

$$Se' = 66.3 \text{Kpsi}$$

$$Se = Kc \times \left(\frac{1}{Kf}\right) \times Se'$$

Datos:

$Kc = 0.872$ para una confiabilidad del 95%

$Kf = 3$ para rosca laminada

$$Se = Kc \times \left(\frac{1}{Kf}\right) \times Se'$$

$$Se = 0.872 \times \left(\frac{1}{3}\right) \times 66.3Kpsi$$

$$Se = 19.27Kpsi$$

Aplicando el criterio de diseño de la línea de Soderbeg se tiene:

$$\frac{\sigma_a}{Se} + \frac{\sigma_m}{Sy} = 1 \quad (3.36)$$

$$\frac{\frac{719.17 \times \eta}{A_t \times N}}{19270Psi} + \frac{90000 Psi + \frac{719.17 \times \eta}{A_t \times N}}{130000Psi} = 1$$

$$\frac{6.75 \left(\frac{719.17 \times \eta}{A_t \times N}\right) + 90000 Psi + \frac{719.17 \times \eta}{A_t \times N}}{130000 Psi} = 1$$

$$\frac{6.75 \left(\frac{719.17 \times \eta}{A_t \times N}\right)}{130000 Psi} + \frac{\left(\frac{719.17 \times \eta}{A_t \times N}\right)}{130000 Psi} = 1 - \frac{90000 Psi}{130000 Psi}$$

$$\frac{7.75 \left(\frac{719.17 \times \eta}{A_t \times N}\right)}{130000Psi} = 1 - \frac{90000 Psi}{130000 Psi}$$

$$\frac{719.17 \times \eta}{A_t \times N} = \left(1 - \frac{90000 Psi}{130000 Psi}\right) * \frac{130000Psi}{7.75}$$

$$\frac{719.17 \times \eta}{A_t \times N} = 5161.29$$

$$N = \frac{0.139 \times \eta}{A_t}$$

Si se asume con coeficiente de seguridad: $\eta = 1.5$

$$N = \frac{0.209}{A_t}$$

Como la longitud perimetral es:

$$L = \pi \times \phi$$

$$L = \pi \times 5.563 \text{ in}$$

$$L = 17.48 \text{ in}$$

Construimos la siguiente tabla tomando en cuenta la longitud perimetral.

Tabla N° 7 Longitud Perimetral

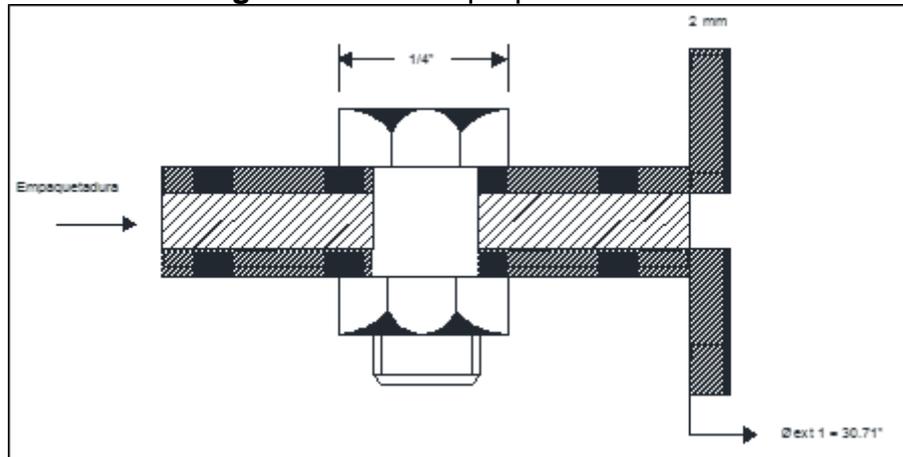
Tamaño de Perno (d)	Área de Esfuerzo de Tensión (A _t)	Número de pernos (N)	Distancia entre pernos (x)	(x/d)
1/4"	0.0318	4	4,59"	18.6
5/16"	0.0524	3	7,42"	23.74
3/8"	0.0775	2	10,72"	28.59
7/16"	0.1063	1	16,08"	36.75
1/2"	0.1419	1	19,30"	38.6

Elaborado por: Cristhian Defaz, Roberth Yaguana / 2013

Por rapidez de apertura, hermeticidad, costos, montaje y desmontaje, seleccionaremos 4 pernos de 1/4" UNC grado 8.

Chequeo de la empaquetadura de la Junta

Figura N° 24 Empaque de la Junta



Fuente: AutoCAD 2014

Elaborado por: Cristhian Defaz, Roberth Yaguana / 2013

Calculamos A_g :

$$A_g = \frac{\pi \phi_{e2}^2}{4} - \frac{\pi \phi_{e1}^2}{4}$$

$$A_g = \frac{\pi (6.563 \text{ in})^2}{4} - \frac{\pi (5.563 \text{ in})^2}{4}$$

$$A_g = 9.52 \text{ in}^2$$

Si consideramos que:

$$F_i \geq F_s \quad (3.37)$$

Donde:

$$F_s = \text{Fuerza de Sellado}$$

Donde:

$$\frac{F_i}{A_t} = 90000 \text{ Psi}$$

$$F_i = 90000 \text{ Psi} \times A_t$$

$$F_i = 90000 \text{Psi} \times 0.0318 \text{in}^2$$

$$F_i = 2862 \text{ lb}$$

Calculamos la máxima presión en el sello

$$P_{max} = \frac{F_i}{A_g}$$

$$P_{max} = \frac{2862 \text{ lb}}{9.52 \text{ in}^2}$$

$$P_{max} = 300.63 \text{ Psi}$$

Por otro lado:

$$F_{mat} = (1 - c) \times P - F_i$$

$$F_{mat} = \frac{A_g \times P \times \eta}{N}$$

$$F_{mat} = \frac{9.52 \text{ in}^2 \times 60 \text{Psi} \times \eta}{4}$$

$$F_{mat} = 6975 \text{ lb}$$

Donde el coeficiente de seguridad es:

$$\eta = \frac{F_{mat}}{A_g}$$

$$\eta = \frac{6975 \text{ lb}}{9.52 \text{ in}^2}$$

$$\eta = 5.45$$

El coeficiente de 5.45 es aceptable para cilindros.

3.4. Diseño térmico

3.4.1. Espesor del aislamiento térmico

Para mitigar la pérdida de calor por convección, y mejorar la eficiencia energética del proceso, utilizaremos un aislamiento térmico que permite conseguir una temperatura de protección en el exterior del tanque extractor, y ayudara a evitar posibles contactos involuntarios que produzcan lesiones. En el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios, se impone que ninguna superficie expuesta a contactos accidentales pueda estar a más de 60 °C (IDAE, 2007)

Para el cálculo del espesor del aislante térmico utilizaremos el software Ecowin Green desarrollado en el centro de Diagnostico térmico de la empresa FiberGlass

Figura N° 25 Ventana de Inicio de Software Ecowin



Fuente: Software Ecowin

El procedimiento inicial para el cálculo del aislamiento es determinar el tipo de superficie que se va aislar, dadas las opciones del software y según nuestro requerimiento se escoge la opción de superficies calientes – tuberías, una vez seleccionado el tipo de superficie el programa muestra una ventana que corresponde con el ingreso de los datos para realizar el cálculo de aislante.

Mediante el siguiente cuadro se muestra los datos a ingresar en la venta que muestra el programa.

Tabla N° 8 Datos requeridos para el cálculo de Aislamiento

Detalle	Valores
(Fiber Glass, 2013) Tipo de material	Lana de Vidrio con forro de aluminio
Temperatura Ambiente	25 °C
Temperatura de Operación	152,97 °C
Emisividad	0.2
Velocidad del Viento	Nula
Diámetro Nominal	780 mm \approx 30,709 in
Orientación	Vertical

Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

La Emisividad según el manual del programa la define como “*la capacidad de una superficie brillante u opaca de emitir o absorber energía radiante.*” (Fiber Glass, 2013)

El software recomienda según el manual que para superficies brillantes de aluminio liso, establece una Emisividad = 0,2.

La velocidad del viento es determinada como nula ya que el equipo de extracción de aceites se encuentra dentro de un laboratorio, donde no existen corrientes de aire.

Una vez realizado el ingreso de los valores el programa Ecowin realiza el cálculo del aislamiento y sugiere un resultado recomendado.

Adicional el programa muestra una tabla con otros resultados, donde el diseñador puede escoger otro valor con otra dimensión del valor recomendado por el programa

Figura N° 26 Ingreso de los valores al programa

Datos de Entrada		
Temp Ambiente	25	°C [0 a 45]
Temp Operación	153	°C [50 a 510]
Emisividad	0.2	?
Velocidad Viento	Nula	?
Diametro Nominal	34	Pulg.
Orientación	Vertical	

Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

El programa Ecowin recomienda uno de los valores calculado

Figura N° 27 Ingreso de los valores al programa

Resultados Recomendados		
Espesor Recomendado :	3,5	Pulgadas
Temperatura Superficial :	27,99	°C
Calculo de Pérdidas		
Qa = Calor Disipado aún con aislamiento	102,74	Watt/Metro.
Qd = Calor Disipado con la superficie desnuda	3.804,52	Watt/Metro.
Eficiencia del aislamiento =	97,30	%

Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

El programa muestra una lista de resultados donde se puede elegir un valor con otra dimensión diferente al recomendado. **Ver anexo 7**

Figura N° 28 Ingreso de los valores al programa

Espesores	Temp. Sup.	Qa	Qd	Ef. Aislam
0"	153	3.804,52	3.804,52	0
0.5"	35,96	333,90	3.804,52	91,22
1"	32,73	237,46	3.804,52	93,76
1.5"	30,94	185,70	3.804,52	95,12
2"	29,80	153,36	3.804,52	95,97
2.5"	29,01	131,22	3.804,52	96,55
3"	28,43	115,11	3.804,52	96,97
3.5"	27,99	102,74	3.804,52	97,30
4"	27,64	93,22	3.804,52	97,55
4.5"	27,36	85,33	3.804,52	97,76
5"	27,13	79,03	3.804,52	97,92
5.5"	26,94	73,60	3.804,52	98,07
6"	26,77	68,90	3.804,52	98,19
6.5"	26,63	65,03	3.804,52	98,29

Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

3.4.2. Cálculo del calor disipado por el cilindro

Para obtener el valor del calor disipado por el cilindro tenemos que multiplicar el calor disipado con aislamiento valor obtenido del programa Ecwin, por la longitud del cilindro.

$$Q_c = Q_a * L \quad (3.38)$$

Donde

Q_c : Calor disipado por el cilindro

Q_a : Calor disipado con aislamiento

L : Longitud del Cilindro

Remplazando:

$$Q_c = 153.36 \frac{W}{m} \cdot 0,87m$$

$$Q_c = 133.42 W$$

$$Q_c = 455.25 \frac{BTU}{h}$$

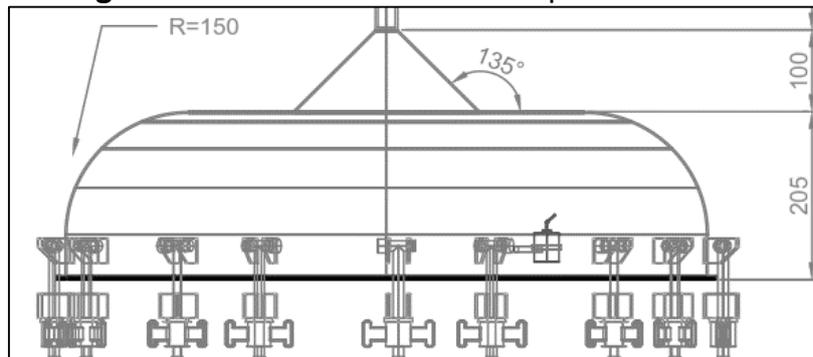
$$Q_c = 114.72 \frac{kcal}{h}$$

El calor disipado al ambiente a lo largo del cilindro es de 133.42 W

3.4.3. Cálculo del calor disipado por la tapa del extractor de aceites

Para el cálculo del calor disipado por la tapa superior del extractor se considera que la tapa no cuenta con el recubrimiento del aislante térmico, para efectos de cálculo utilizamos el programa Ecwin seleccionamos calor disperso sin aislamiento y se considera las dimensiones de la tapa.

Figura N° 29 Dimensión de la tapa del extractor



Fuente: AutoCAD 2014

Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

$$Q_t = Q_d * L \quad (3.39)$$

Donde

Q_d : Calor disipado sin aislamiento

L : Longitud de la tapa

Reemplazando:

$$Q_t = 3804.52 \frac{W}{m} \cdot 000m$$

$$Q_t = 000.00 W$$

$$Q_t = 000.00 \frac{BTU}{h}$$

$$Q_t = 000.00 \frac{kcal}{h}$$

3.4.4. Calor disperso a medio ambiente

Para determinar el valor total del calor dispersado al medio ambiente será la suma del calor dispersado por el cilindro más el calor disipado en la tapa.

$$Q_T = Q_c + Q_t \quad (3.40)$$

$$Q_T = 133.42 \text{ W} + 1160.38 \text{ W}$$

$$Q_T = 1293.80 \text{ W}$$

$$Qt = 4414,63 \frac{\text{BTU}}{\text{h}}$$

$$Qt = 1112.47 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

3.5. Diseño del decantador primario

Debido a la cantidad de condensado que se obtiene en el proceso de extracción, debemos diseñar un decantador automatizado en el cual la purga sea automática y evitar al operador la tarea de realizar el vaciado cada cierto tiempo.

3.5.1. Volumen del decantador

Asumimos las siguientes medidas:

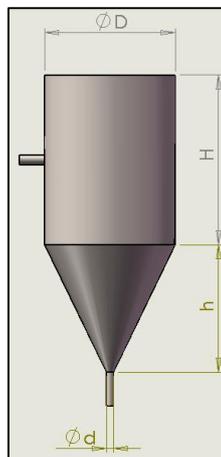
$$D = 150 \text{ mm} = 0.15 \text{ m}$$

$$d = 8 \text{ mm} = 0.008 \text{ m}$$

$$H = 200 \text{ mm} = 0.2 \text{ m}$$

$$h = 150 \text{ mm} = 0.15 \text{ m}$$

Figura N° 30 Volumen del decantador



Fuente: AutoCAD 2014

Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

Calculamos el volumen 1 para el cuerpo cilíndrico:

$$V_1 = A_1 \times H$$

$$V_1 = \frac{\pi \times D^2}{4} \times H$$

$$V_1 = \frac{\pi \times 0.15m^2}{4} \times 0.2m$$

$$V_1 = 0.0035m^3$$

Calculamos el volumen 2 para el cono truncado:

$$V_2 = \frac{1}{3}\pi h(R^2 + r^2 + Rr)$$

$$V_2 = \frac{1}{3}\pi \times 0.15m[(0.075m)^2 + (0.004m)^2 + (0.075m)(0.004m)]$$

$$V_2 = 0.157m \times 0.0059m^2$$

$$V_2 = 0.0009m^3$$

Calculamos el volumen total

$$V_T = V_1 + V_2$$

$$V_T = 0.0035m^3 + 0.0009m^3$$

$$V_T = 0.0044m^3$$

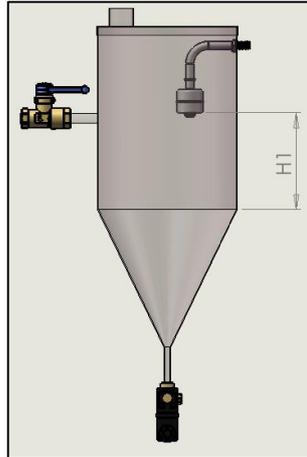
Transformamos de m^3 a lt

$$V_T = 0.0044m^3 \times 1000$$

$$V_T = 4.4 l$$

Como observamos, el volumen total del decantador es de 4.4 litros, pero como va a estar controlado por un sensor de nivel, vamos a tener un volumen útil.

Figura N° 31 Volumen útil del decantador



Fuente: AutoCAD 2014

Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

Donde H_1 es la distancia desde la base del cilindro hasta el nivel en que actúa el sensor.

$$V_{1U} = A_1 \times H_1$$

$$V_{1U} = \frac{\pi \times D^2}{4} \times H_1$$

$$V_{1U} = \frac{\pi \times 0.15m^2}{4} \times 0.135m$$

$$V_{1U} = 0.0024m^3$$

Cálculo de volumen total útil

$$V_{TU} = V_{1U} + V_2$$

$$V_{TU} = 0.0024m^3 + 0.0009m^3$$

$$V_{TU} = 0.0033m^3$$

Transformamos de m^3 a lt

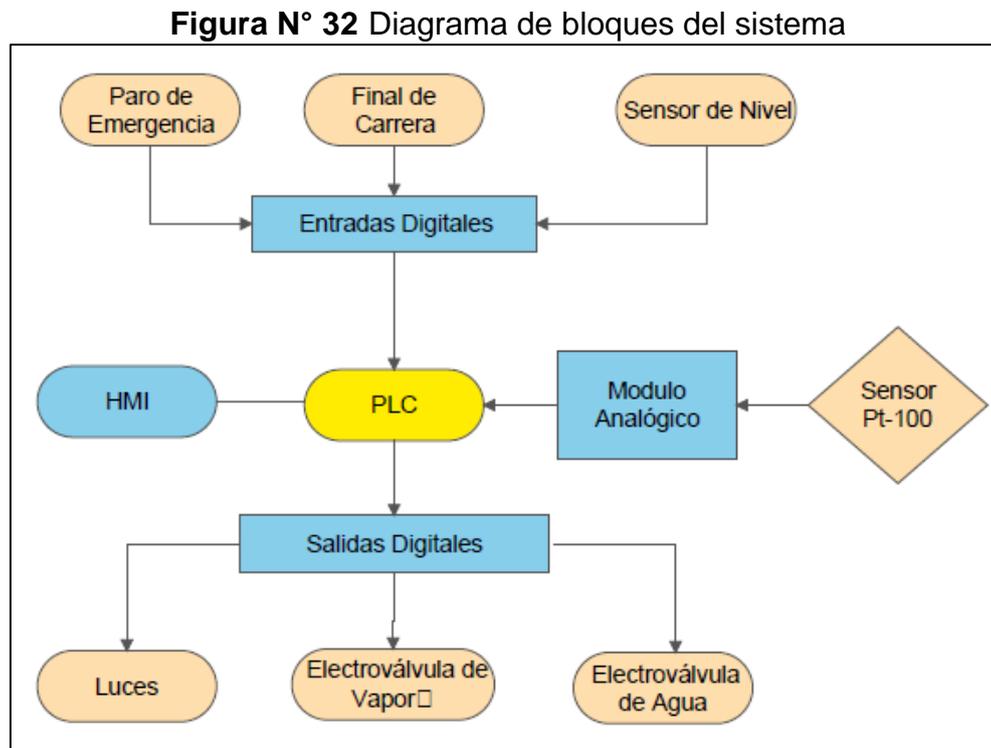
$$V_{TU} = 0.0033m^3 \times 1000$$

$$V_{TU} = 3.3 \text{ l}$$

Teniendo un volumen útil total de 3.3 litros.

3.6. Diseño eléctrico

El diseño eléctrico se lo realizará en función del diagrama de bloques adjunto en el siguiente Figura.



Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

3.6.1. Selección de equipos de campo

Los equipos de campo se seleccionaran de acuerdo a los parámetros de temperatura y presión que se necesitan controlar en el extractor de aceites esenciales.

3.6.1.1. Sensores de temperatura

La temperatura de operación para la que está diseñado el extractor es de 152,97 °C por lo que para la medición de este parámetro se escoge un RTD (PT-100) con rango de medición de -100 °C a 500 °C, conexión a 3 hilos y con un bulbo de acero

inoxidable de 18 cm. Para su montaje en el tanque extractor se selecciona un cabezal tipo DIN B.

Figura N° 33 Pt100 con cabezal de conexión



Fuente: Extractor de aceites esenciales / UTE Santo Domingo
Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

3.6.1.2. Electroválvula

Es necesario el control y regulación en la entrada de vapor debido a que por la excesiva cantidad de vapor puede hacer que la materia vegetal pueda quemarse y afectar la calidad del aceite, por esto se selecciona una electroválvula para vapor a la entrada del extractor, de 220VAC, su temperatura de trabajo de -5 a 180 °C y presión de 7 a 213 PSI.

3.6.1.3. PLC

Para la selección del PLC necesitamos saber las variables a controlar que se indican en la tabla adjunta.

Tabla N° 9 Entradas y salidas digitales del PLC

ENTRADAS DIGITALES				
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	PLC	CONTACTO	VOLTAJE
S1	Seguridad de tapa	%I0.0	N.A	24VDC
S2	Paro de emergencia	%I0.1	N.A	24VDC
S3	Sensor de nivel	%I0.2	N.C	24VDC
SALIDAS DIGITALES				
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	PLC	CONTACTO	VOLTAJE
H1	Estado del proceso	%Q0.0	Led verde	110VAC
H2	Seguridad de tapa	%Q0.1	Led verde	110VAC
Q1	Electroválvula para vapor	%Q0.2	Relé	110VAC
H3	Electroválvula para vapor	%Q0.2	Led verde	110VAC
Q2	Electroválvula del decantador	%Q0.3	Relé	110VAC
H4	Electroválvula del decantador	%Q0.3	Led verde	110VAC
H5	Sensor de nivel	%Q0.4	Led verde	110VAC

Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

Se escoge un PLC KINCO CPU304, modelo 304EX-14AR por ser un autómata que permite la adaptación de módulos de ampliación analógicos para la conexión del sensor de temperatura a instalar en extractor de aceites esenciales. **Ver anexo 8**

Otra de las razones para escoger este PLC es porque se adapta a las necesidades que el proceso requiere, ya que posee 8 entradas digitales y 6 salidas digitales vía relé y nosotros necesitamos para el proceso 3 entradas digitales y 5 salidas digitales, de esta manera no encarecemos el proyecto.

Además este PLC tiene las mismas prestaciones que los de las marcas reconocidas y su precio es más accesible, reduciendo así los costos de producción.

Tabla N° 10 Características del PLC Kinco 304EX-14AR

Voltaje de operación	85 – 265 VAC
Puerto de comunicación	RS-232 o RS-485
Entradas	8 digitales a 24VDC
Salidas	6 digitales vía relé (3A)
Lenguaje de programación	"Ladder" e "Instrucción List"

Fuente: <http://www.kinco.cn/html/en/products/PLC/K3PLC/CPU-Module/201104/28830.html>
Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

Figura N° 34 PLC Kinco 304EX-14AR

Fuente: <http://www.kinco.cn/html/en/products/PLC/K3PLC/CPU-Module/201104/28830.html>
Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

3.6.1.4. Módulo analógico

Para la selección del módulo analógico se necesitan tener las variables que se detallan en la siguiente tabla:

Tabla N° 11 Entrada analógica del PLC

ENTRADAS ANALÓGICAS				
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	PLC	SEÑAL DE ENTRADA	RANGO
PT100	Sensor de temperatura	%AIW0	100Ω a 0°C	-100 a 500°C

Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

El módulo de ampliación que será empleado junto con el PLC Kinco es un PM331 modelo K331-04RD, tiene 4 entradas analógicas para RTD's y termocuplas la cual se usará para la conexión de la PT100. **Ver anexo 9**

Se escoge éste módulo debido a que no tenemos otro dispositivo analógico que interviene en el proceso ya que este dispositivo actúa como transductor para RTD's y termocuplas haciéndonos ahorrar la compra de un transductor y un módulo analógico de voltaje o corriente.

Tabla N° 12 Características del módulo analógico Kinco K331-04RD

Voltaje de operación	24VDC
Entradas analógicas	4
Señal de entrada	Pt100 (150-800 °C)

Fuente: <http://www.kinco.cn/html/en/products/PLC/K3PLC/Expansion-I/OModule/201104/28841.html>

Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

Figura N° 35 Módulo analógico Kinco K331-04RD



Fuente: <http://www.kinco.cn/html/en/products/PLC/K3PLC/Expansion-I/O-Module/201104/28841.html>

Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

3.6.1.5. HMI

El criterio para seleccionar el HMI es que debe ser compatible con la marca y el modelo del PLC, que el tamaño de la pantalla y la resolución sea el óptimo para el proceso a supervisar. Se debe considerar en qué lugar va a ser instalada para seleccionar la robustez del equipo, que pueda comunicarse con los dispositivos externos y que cuente con los drivers de comunicación necesarios. Además que se pueda implementar todo lo que requiera el proyecto.

Es por esto que se elige un HMI de la marca Kinco debido a que brinda todas las facilidades para realizar la automatización requerida, el modelo es la MT4200T que es una pantalla touch de 4.3", para visualizar y operar el proceso del extractor de aceites esenciales en tiempo real, cuenta con un IP 65 ya que va a ser instalado en un tablero y el equipo estará bajo techo. Este HMI tiene las siguientes características:

Tabla N° 13 Características del HMI Kinco MT4200T

Voltaje de operación	12-28VDC
Pantalla	4,3" TFT
Procesador	32-bit 400MHz RISC
Puertos COM	COM0:RS232/RS485-2/RS485-4,COM2:RS232

Fuente: <http://www.kinco.cn/html/en/products/HMI/MT4000series/201104/281555.html>

Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

Figura N° 36 HMI Kinco MT4200T



Fuente: <http://www.kinco.cn/html/en/products/HMI/HMI%20MT4000%20series/>

Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

3.6.1.6. Fuente de voltaje 24VDC

La función de la fuente de voltaje es la de transformar el voltaje que suministra la red principal a un voltaje de 24VDC para energizar los dispositivos de control y las entradas digitales del PLC que funcionan a 24VDC. Se selecciona una fuente de poder ARRAY SP-24AL que transforma el voltaje de 85-265 VAC a 24 VDC con una corriente máxima de 3A regulable tanto el voltaje como la corriente en DC.

3.6.1.7. Interruptor magneto térmico

Es necesario un elemento de maniobra que permita la des energización del sistema y además para la protección de los elementos eléctricos y electrónicos que se tiene en el control. Para su dimensionamiento vamos a utilizar los cálculos mostrados en la siguiente tabla

Tabla N° 14 Análisis de cargas para dimensionar la protección

Descripción	Potencia (W)	Corriente (A)
PLC.	6	0,05
Módulo analógico	6	0,25
HMI	4,8	0,20
Relés	12	0,10
Fuente de poder	70	0,58
Electroválvula	10	0,09
Electroválvula decantador	10	0,09
TOTAL	120	1,36

Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

Según la tabla la corriente es de 1,36A, a esto le incrementamos un porcentaje de seguridad del 25% resultando 1,7A. Por no existir en el mercado un *breaker* de este valor, escogemos uno de 2A 1 polo.

3.6.1.8. Relé de control

Para activar las electroválvulas desde las salidas del PLC y con el fin de preservar los contactos del mismo, se utilizará un relé de 8 pines marca CAMSCO modelo MK2P-I cuyas características se denotan en la tabla:

Tabla N° 15 Características de relé CAMSCO MK2P-I

Modelo	Corriente nominal	Características
MK2P-I 110VAC	10A, 250VAC	Relevador industrial octal, patas circulares tipo bulbo, 2P, 2T, 2NA + 2NC, tipo de montaje: enchufable, base soldable 90-12, atornillable 90-28, con botón de prueba manual de contacto

Fuente: <http://smelectricos.com/pagsig/Camsco/Relevadores/MK2P-1%20%20VAC.htm>

Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

Figura N° 37 Relé CAMSCO MK2P-I



Fuente: <http://www.kinco.cn/html/en/products/HMI/MT4000series/201202/241792.html>

Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

3.6.1.9. Seguridad en la tapa

Es necesario agregar seguridades al tanque extractor, debido a que si la tapa no se encuentra colocada o está ubicada incorrectamente podría haber riesgos de quemarse con el vapor directo.

Para esto utilizaremos un final de carrera tipo pulsante entre el tanque extractor y la tapa, de manera que sólo cuando se encuentre bien sellada la tapa, se pueda iniciar el ingreso de vapor al tanque extractor.

Figura N° 38 Final de carrera para seguridad de tapa



Fuente: <http://www.luconda.com/artikeldetails/27/27/06/bilder/9416393B-1-Siemens-3SE5232-0HC05.jpg>

Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

3.6.1.10. Sensor de nivel

En el decantador primario se colocara un detector de nivel líquido que ayudara para a realizar la descarga de agua floral, este dispositivo emitirá un pulso que enviara al PLC y este accionara la apertura de una electroválvula de descarga por un tiempo determinado. **Ver anexo 10**

Figura N° 39 Sensor de nivel inoxidable



Fuente: http://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-405818330-sensor-de-nivel-liquidos-de-acero-inoxidable-angulo-recto-_JM

Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

3.6.1.11. Electroválvula de agua

Para la descarga del agua floral es necesario colocar una electroválvula de agua que estará comandada por el sensor de nivel de líquido ubicado en el decantador primario. **Ver anexo 11**

Figura N° 40 Electroválvula de agua



Fuente: Instrumentación de control Catalogo EBC hq
Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

3.6.1.12. Selección del vaso separador

Para la selección del vaso separador, tenemos que por 10Kg de hojas de romero vamos a extraer 190ml de aceite de romero.

Por lo tanto seleccionamos un vaso separador para .aceites más livianos que el agua de 1000ml de la marca alemana ISOLAB. Fabricado con vidrio boro silicato el cual es resistente al calor y a la mayoría de químicos.

Figura N° 41 Vaso separador de 1000ml con válvula en PTFE

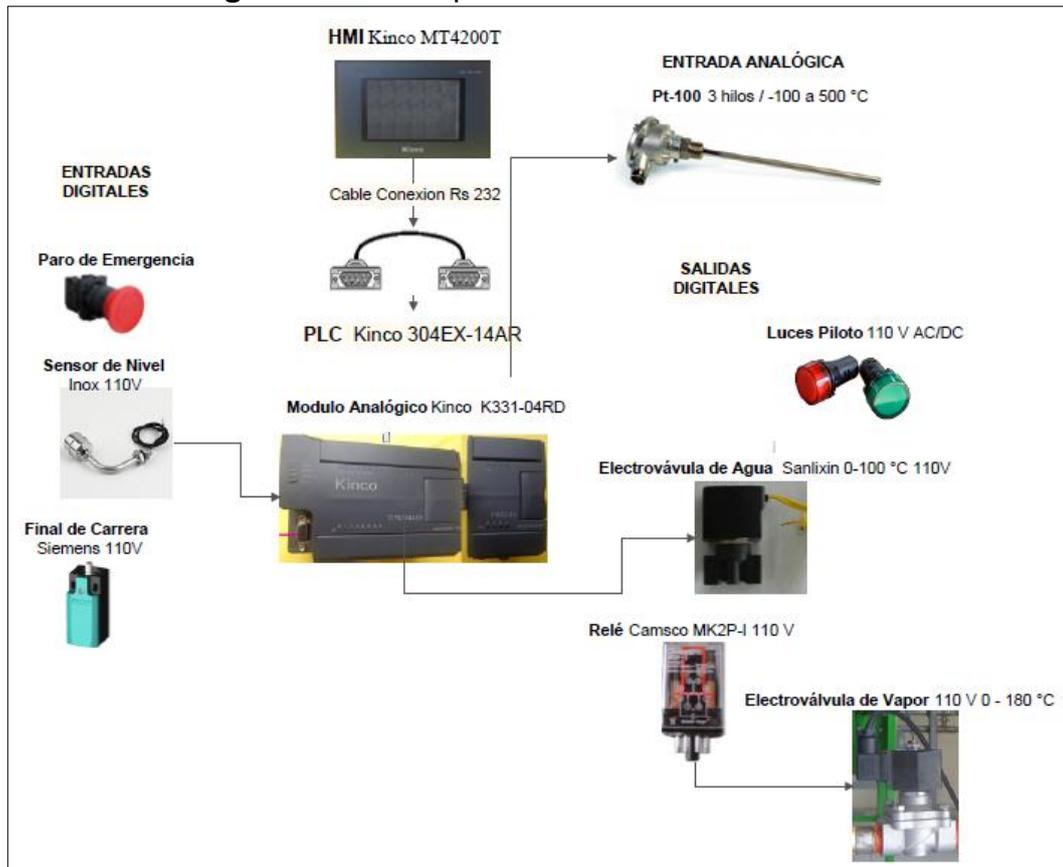


Fuente: <http://www.isolabgmbh.com/productsearch.asp>
Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

3.7. Diseño del sistema automático

3.7.1. Arquitectura de la automatización

Figura N° 42 Arquitectura de la automatización



Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

3.7.2. Listado de direccionamiento de variables

En el siguiente cuadro podremos observar las variables que están inmersas en la programación tanto del PLC como del HMI, veremos los símbolos, descripción, etc.

Tabla N° 16 Direccionamiento de variables

ENTRADAS DIGITALES				
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	DIRECCIÓN PLC	DIRECCIÓN HMI	R/W
S1	Seguridad de tapa	%I0.0	N.D	W
S2	Paro de emergencia	%I0.1	N.D	W
S3	Sensor de nivel	%I0.2	N.D	W
SALIDAS DIGITALES				
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	DIRECCIÓN PLC	DIRECCIÓN HMI	R/W
H1	Estado del proceso	%Q0.0	Q0.0	R
H2	Seguridad de tapa	%Q0.1	N.D	R
Q1	Electroválvula para vapor	%Q0.2	Q0.2	R
H3	Electroválvula para vapor	%Q0.2	N.D	R
Q2	Electroválvula del decantador	%Q0.3	Q0.3	R
H4	Electroválvula del decantador	%Q0.3	N.D	R
H5	Sensor de nivel	%Q0.4	Q0.4	R
ENTRADAS ANALÓGICAS				
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	DIRECCIÓN PLC	DIRECCIÓN HMI	R/W
Pt100	Sensor de temperatura	%AIW0	N.D	R
MEMORIAS INTERNAS				
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	DIRECCIÓN PLC	DIRECCIÓN HMI	R/W
C1	1era condición de seguridad	%M0.1	N.D	R
C2	2da condición de seguridad	%M0.2	N.D	R
C3	Cierra Q1 por condición de seguridad	%M0.3	N.D	R
C4	Cierra E.V para vapor por temperatura manual y automático	%M0.4	N.D	R
C5	Inicio y pausa proceso manual	%M0.5	M0.5	W
C6	Reset segundos	%M0.6	N.D	R
C7	Reset minutos	%M0.7	N.D	R

C8	Reset horas	%M1.0	N.D	R
C9	Inicio y pausa proceso automático	%M1.1	M1.1	W
C10	Paro por horas automatizado	%M1.2	N.D	R
C11	Paro por minutos automatizado	%M1.3	N.D	R
C12	Inicio y pausa E.V decantador manual	%M1.4	M1.4	W
C13	Encendido E.V decantador automático	%M1.6	N.D	R
C14	Apagado E.V decantador automático	%M1.7	N.D	R
MEMORIAS INTERNAS DEL SISTEMA				
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	DIRECCIÓN PLC	DIRECCIÓN HMI	R/W
SM1	Inicio de programa	%SM0.0	N.D	W
SM2	Pulso cada 1s	%SM0.3	N.D	W
VARIABLES				
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	DIRECCIÓN PLC	DIRECCIÓN HMI	R/W
V1	Temperatura de Pt100	%VW0	VW0	R
V2	Temperatura deseada manual	%VW2	VW2	W
V3	Tiempo en segundos	%VW4	VW4	R
V4	Tiempo en minutos	%VW6	VW6	R
V5	Tiempo en horas	%VW8	VW8	R
V6	Tiempo en ms	%VW10	N.D	R
V7	Tiempo de apertura EVD	%VW12	VW12	R

Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2014

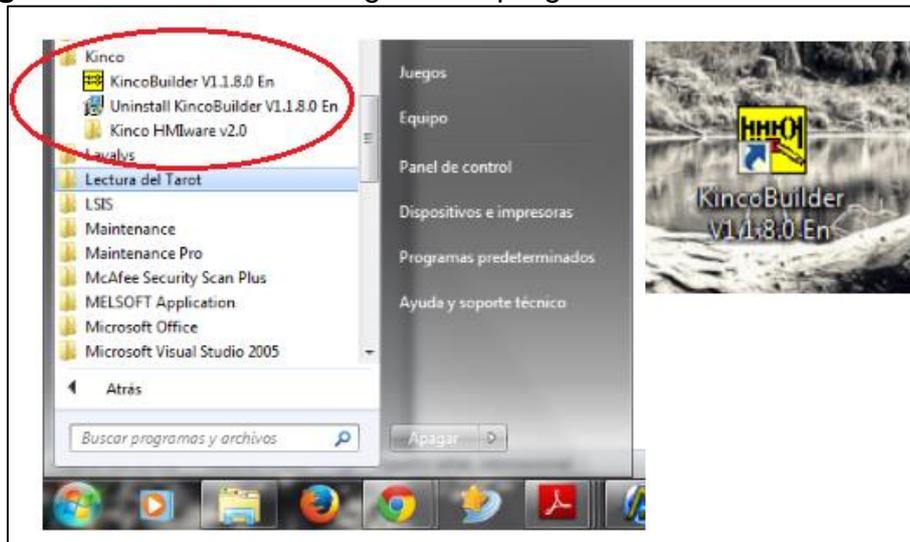
3.7.3. Programación de PLC Kinco K-304EX-14AR

Para realizar la programación en el PLC es necesario contar con el programa KincoBuilder_V1.1.8.0 que se puede descargar de forma gratuita de la página oficial de Kinco.

Una vez instalado el programa veremos ciertos aspectos básicos antes de proceder a programar para familiarizarnos con el entorno de Kinco.

- Ingresamos al ícono de Kinco Builder V1.1.8.0, podemos hacerlo desde el menú de inicio o desde el acceso directo creado en el escritorio

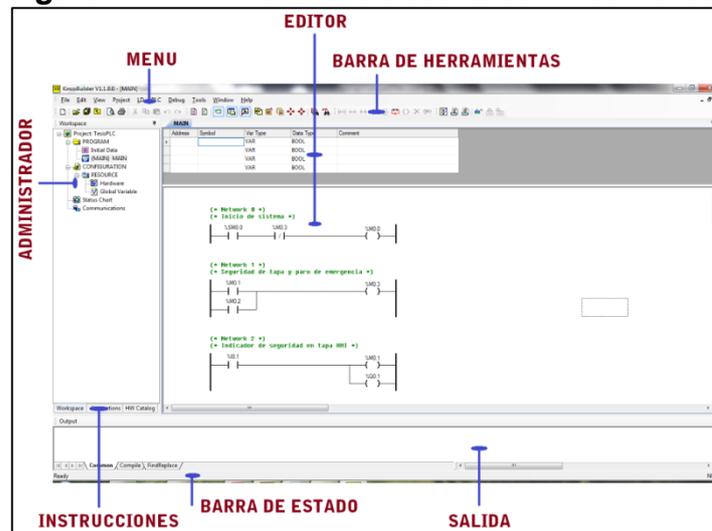
Figura N° 43 Formas de ingresar al programa Kinco Builder V1.1.8.0



Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

- Al ingresar al programa veremos que consta de lo siguiente:

Figura N° 44 Interfaz de usuario de Kinco Builder



Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

Menú.- Contiene todos los comandos de operación de KincoBuilder.

Barra de herramientas.-Proporciona un acceso fácil del mouse para los comandos de operación utilizados con más frecuencia.

Barra de estado.- Proporciona información de estado y solicita las operaciones.

Administrador.- La ventana de administrador proporciona una vista de árbol de todos los objetos del proyecto, incluido el programa, Hardware, Variable Global, etc., y esto le puede ayudar en la comprensión de la estructura del proyecto. El administrador del proyecto es una herramienta conveniente para la organización de programas y gestión de proyectos. Un menú contextual aparecerá cuando haga clic derecho en cualquier nodo del árbol.

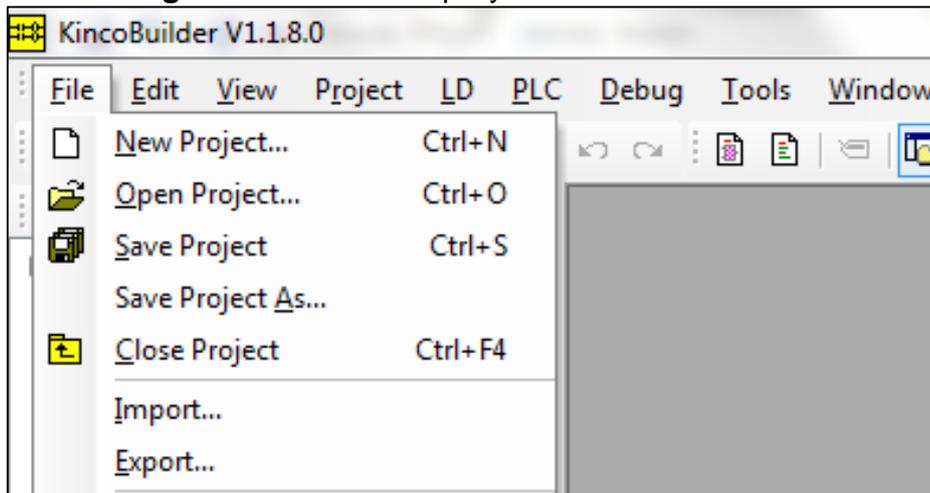
Editor.- Incluye la tabla de variables y el Editor de programas (IL o LD). Usted puede programar en el editor de programas y declarar las variables locales y los parámetros de entrada / salida de los POU de la tabla de variables.

Instrucciones.- Conjunto de instrucciones en LD o IL. Aquí se ofrece una vista de árbol de todas las instrucciones disponibles.

Salida.- La ventana de salida muestra varios tipos de información. Seleccione la pestaña en la base de la ventana para ver la información correspondiente: la ventana "Compilar" muestra la última información de la compilación y la ventana "Común" muestra información relativa a las últimas operaciones.

- Para crear un nuevo proyecto seleccionamos en el menú "File" y escogemos de la pestaña seleccionada "New project". A continuación nos pide guardar el proyecto, escribimos el nombre, en nuestro caso el proyecto es "prueba" y guardamos.

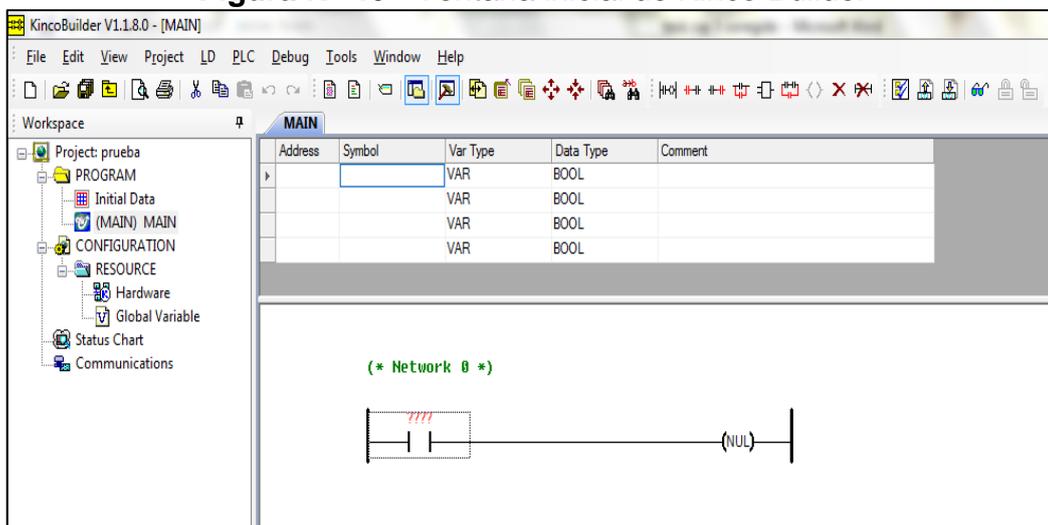
Figura N° 45 Nuevo proyecto en Kinco Builder



Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

- Podemos visualizar el proyecto en blanco, por default nos aparece en el editor del programa con lenguaje ladder (LD)

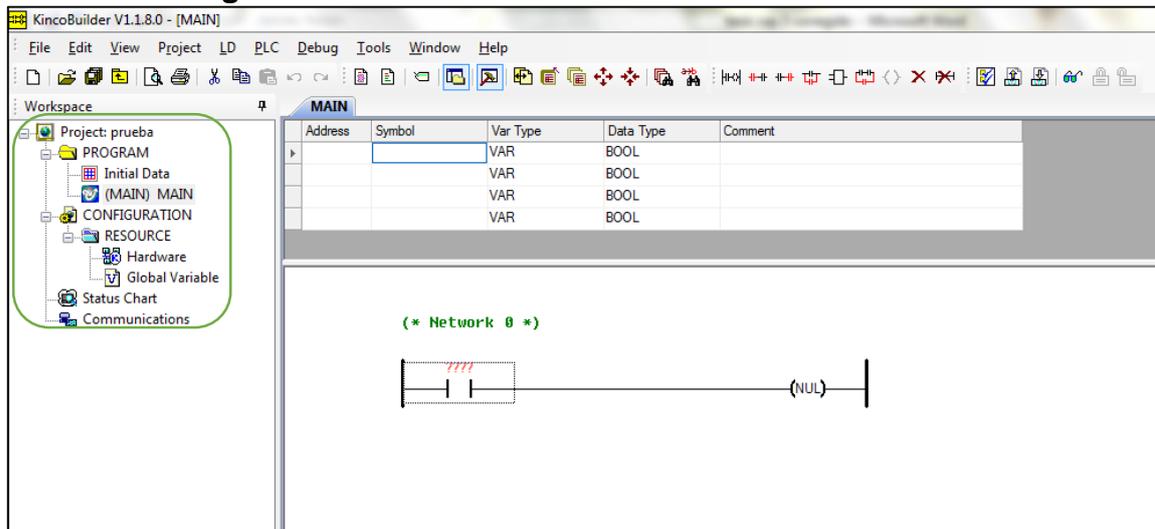
Figura N° 46 Ventana inicial de Kinco Builder



Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

- En la ventana de administrador tenemos varias carpetas para escoger del árbol que se despliega en el proyecto nuevo que hayamos grabado.

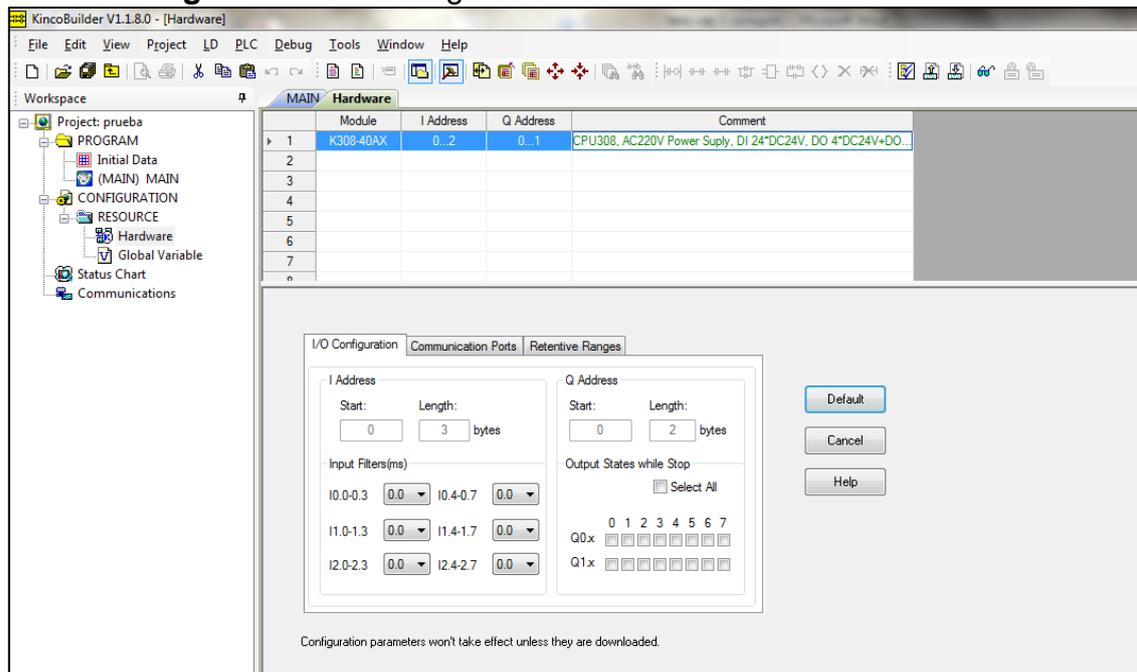
Figura N° 47 Ventana administrador de Kinco Builder



Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

- Damos doble-clic en “hardware” para configurar el nuevo proyecto, podemos escoger el tipo de PLC, así como insertar módulos de expansión y PLC’s. Eliminamos el PLC que se muestra por defecto, primero lo seleccionamos y de ahí pulsamos la tecla “delete” o a su vez dando clic derecho escogemos eliminar.

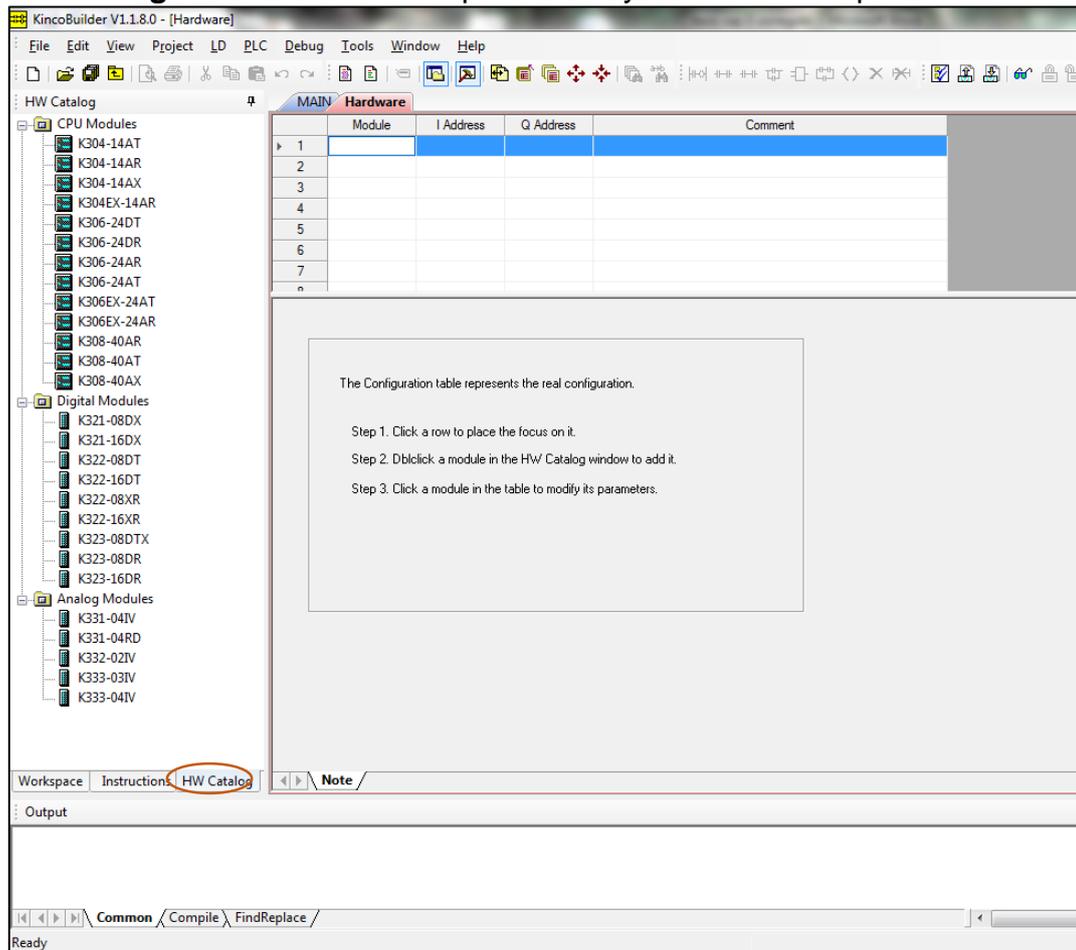
Figura N° 48 Configuración de hardware de Kinco Builder



Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

- En instrucciones, debajo de la ventana de administrador, seleccionamos la instrucción “HW Catalog” donde podemos seleccionar el tipo de PLC y los módulos de expansión en caso de necesitarlos. Dando doble clic sobre el tipo de PLC o módulo de expansión.

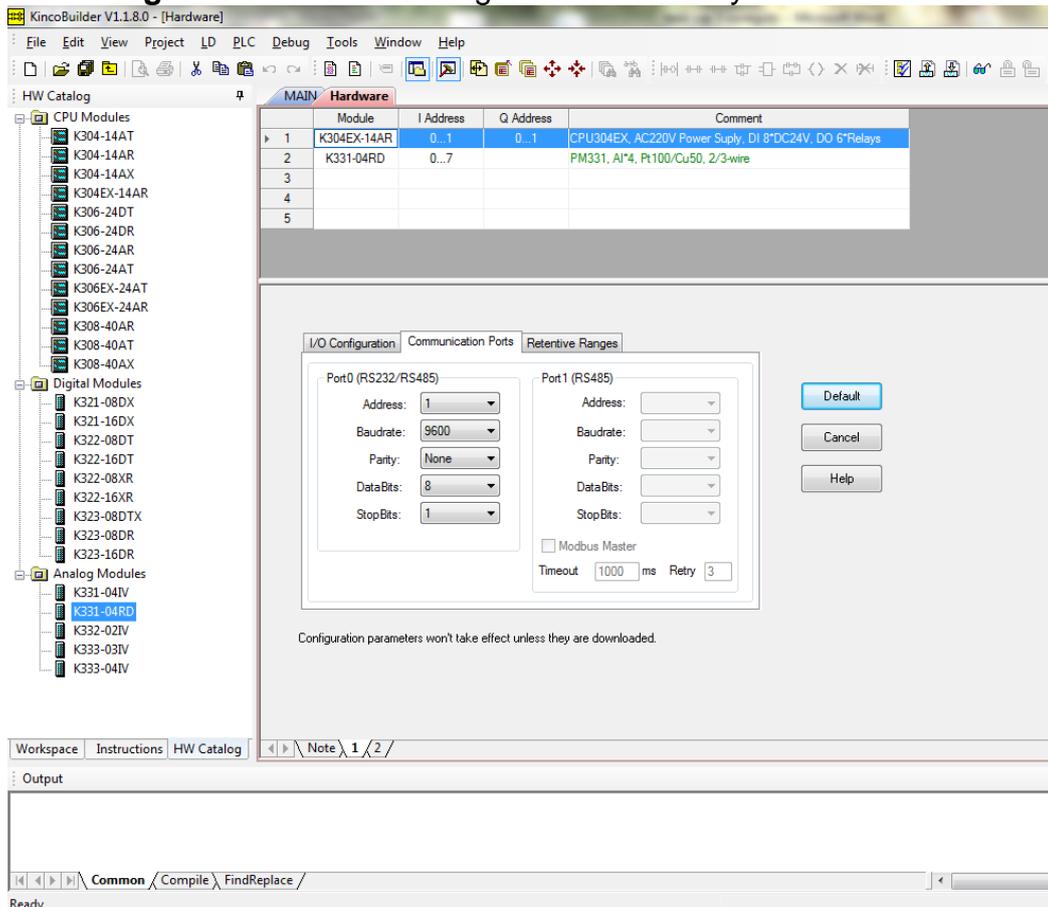
Figura N° 49 Insertar tipo de PLC y módulos de expansión



Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

- En nuestro caso vamos a seleccionar el PLC K304EX-14AR y el módulo de expansión analógica K331-04RD. Podemos configurar el puerto de comunicación serial RS232 o RS485 desde la misma ventana de hardware seleccionando la pestaña puerto de comunicación.

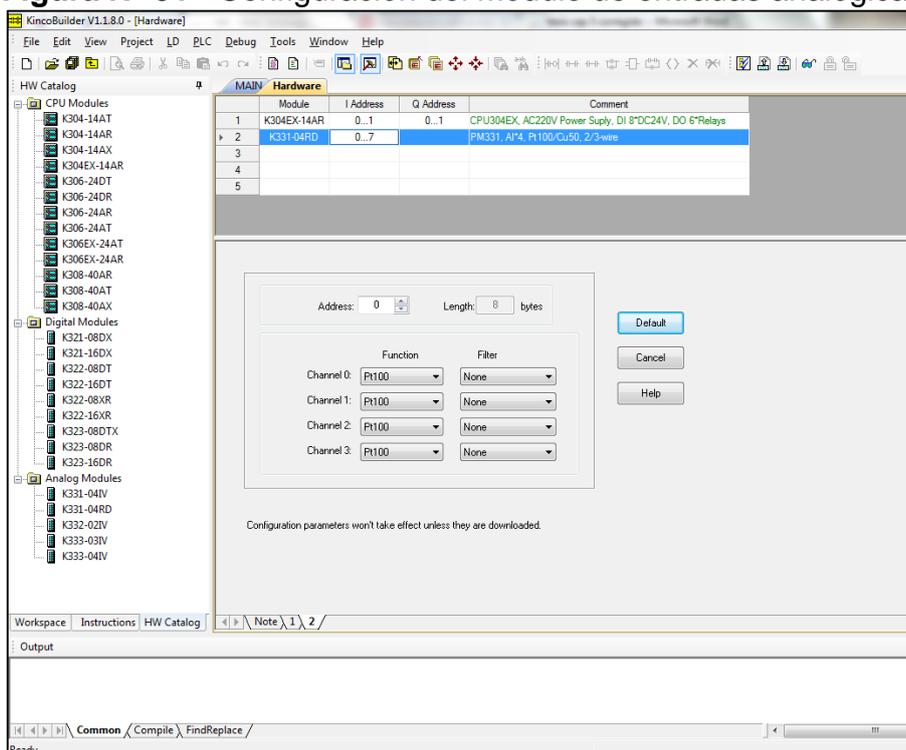
Figura N° 50 Configuración del PLC y comunicación



Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

- En la configuración del módulo de expansión analógica tenemos que configurar la o las entradas (4 en total), las entradas son de dos tipos de resistencias Pt100 o Cu50, también se puede configurar el tipo de filtro los cuales son:
 - **Ninguno.**-El filtro de software está desactivado. Se usa cuando el sistema de control necesita una respuesta rápida de la señal analógica.
 - **Media aritmética.**-El valor filtrado es la media aritmética de un número de muestras de la entrada.
 - **Promedio de mediana.**- El valor filtrado es el valor medio deslizante de un número de muestras de la entrada.

Figura N° 51 Configuración del módulo de entradas analógicas

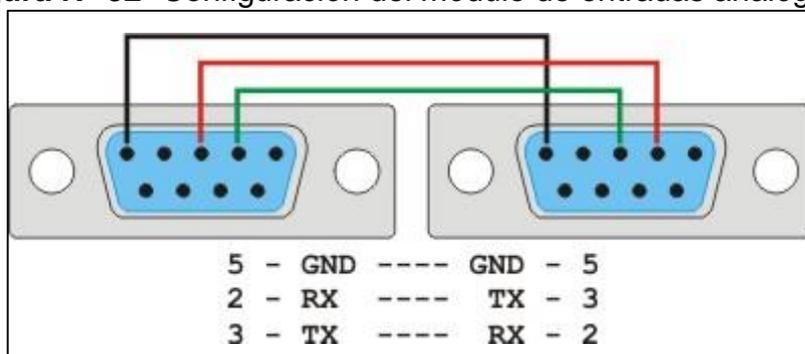


Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

3.7.4. Cable de comunicación PC – PLC

Para la comunicación entre el computador y el PLC se utilizará la interfaz RS-232 mediante un cable de comunicación 23AWG UTP categoría 6. La definición de los pines en los DB-9 se realizará como indica el Además este cable servirá para la comunicación entre el PLC y el HMI.

Figura N° 52 Configuración del módulo de entradas analógicas



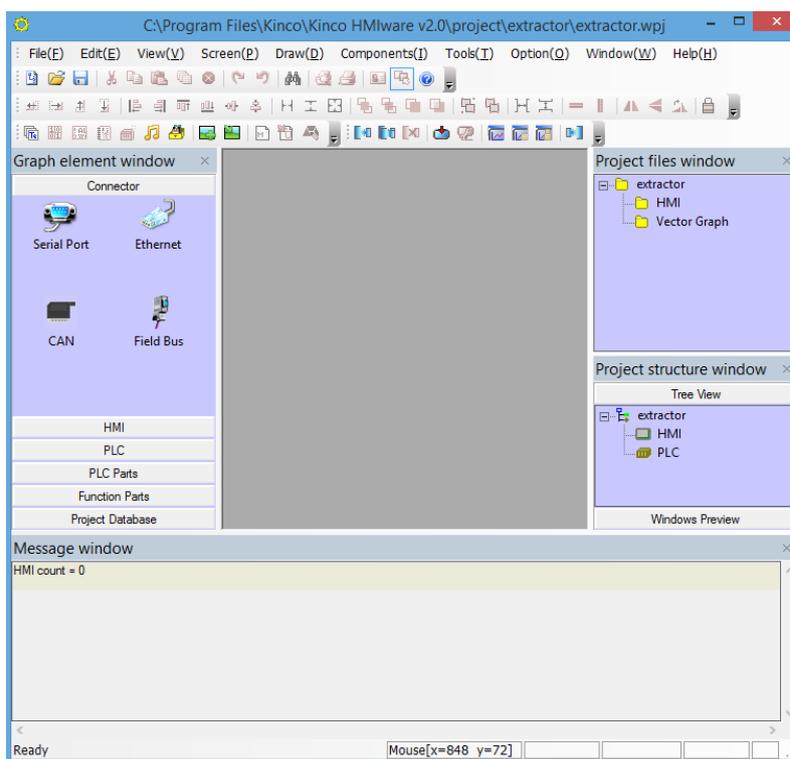
Fuente: <http://www.tuelectronica.es/images/tutoriales/telecomunicaciones/rs232/rs232.jpg>

Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

3.7.5. Programación de HMI Kinco MT4200T

Necesitaremos instalar el software EV5000 que se obtiene al comprar el HMI Kinco. Procederemos a abrir el CD de instalación y observaremos un archivo ejecutable. Una vez instalado el programa veremos ciertos aspectos básicos antes de proceder a programar para familiarizarnos con el entorno del HMI Kinco.

Figura N° 53 Ventana de inicio del software EV5000

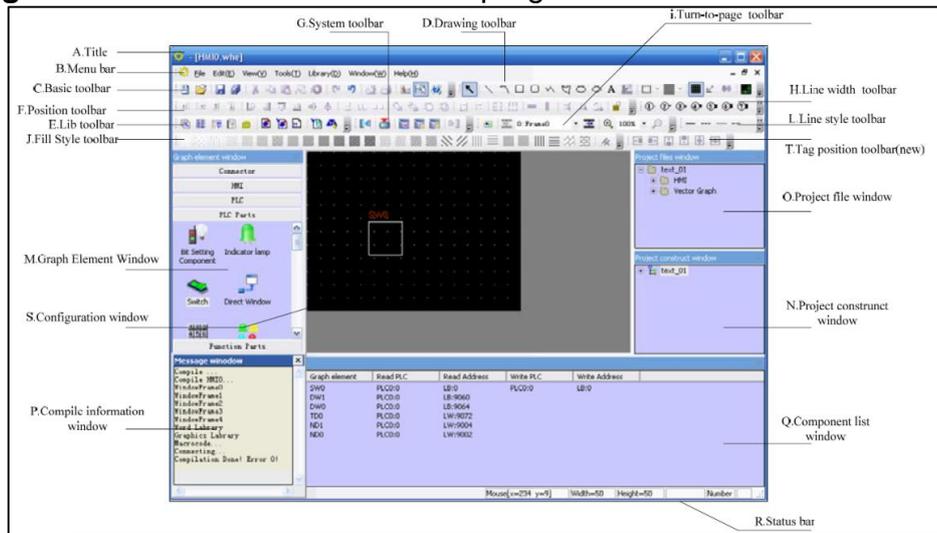


Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

3.7.6. Interfaz de HMI Kinco MT4200T

Para familiarizarnos con el interfaz, primero debemos conocer lo siguiente:

Figura N° 54 Ventana de área de programación del software EV5000



Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

3.7.7. Ventanas de programación de la pantalla HMI

Una vez interactuado con el software del HMI Kinco se realiza el diseño de las ventanas que se visualizarán en la pantalla. El HMI consta de las siguientes ventanas que intervienen en el proceso de extracción.

- Inicio
- Nombre de los Estudiantes y el Tutor
- Menú
- Selección de Temperatura
- Proceso
- Alarma
- Grafica
- Información

Ventana de Inicio

En la ventana de inicio se muestra los datos relacionados con información de la universidad, de la carrera, logotipo de la universidad, y el título del tema de la tesis

Figura N° 55 Ventana de Inicio del HMI



Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

Ventana de Identificación de los Estudiantes

En la siguiente ventana se identifica los nombres de los estudiantes que realizaron la tesis, además se incluye el nombre del Director de la tesis.

Figura N° 56 Ventana de Identificación



Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

Ventana de Menú

En esta ventana es la que permite la selección de los parámetros de trabajo y permite ingresar a la ventana de proceso, ventanas de alarma, y de información.

Figura N° 57 Ventana de Menú



Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

Ventana proceso

En esta ventana se selecciona el tipo de aceite esencial a extraer, puede ser eucalipto, naranja, romero, las cuales ya están predeterminados los valores de temperatura y tiempo de extracción óptimo.

Figura N° 58 Ventana de proceso



Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

Ventana proceso eucalipto

Como observamos tenemos preestablecido los parámetros de temperatura a 80 °C y el tiempo de 2h30 para la extracción del aceite.

Para inicial la extracción se debe tener en cuenta las condiciones de seguridad que son:

- Sensor de posición de la tapa del extractor activo
- Paro de emergencia desactivado
- Electroválvula de ingreso de vapor cerrada
- Electroválvula de salida del decantador primario cerrada

Función de los botones:

- INICIO.- Da apertura a la electroválvula una vez que se hayan cumplido las condiciones de seguridad
- PAUSA.- Una vez que inició el proceso, podemos pausar, esto detiene el reloj del tiempo de proceso y cierra la electroválvula de ingreso de vapor.
- HOME.- Presionando home nos lleva a la pantalla de selección del aceite esencial.
- DECANTADOR PRIMARIO.- Nos lleva a la supervisión y control del decantador
- ESTADO PROCESO.- Nos indica si el proceso inició, o está parado.
- TIEMPO DE PROCESO.- Aquí veremos el tiempo transcurrido.
- GRÁFICO DE ELECTROVÁLVULA.- Nos indica si la electroválvula está abierta (color verde) o cerrada (color rojo)

Figura N° 59 Ventana proceso eucalipto



Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

Ventana de decantador primario

Esta ventana nos lleva a la supervisión y control del decantador, en la cual visualizamos el estado de:

- Sensor de nivel.- nivel alto o nivel bajo
- Electroválvula.- abierta o cerrada
- Control manual.- sólo si está pausado o detenido el proceso podemos controlar manualmente la electroválvula, ya que se lo añadió para fines de limpieza y purga total cuando el proceso haya terminado.
- EVD.- En la pantalla verde visualizamos el tiempo que está abierta la electroválvula.

Figura N° 60 Ventana de decantador primario

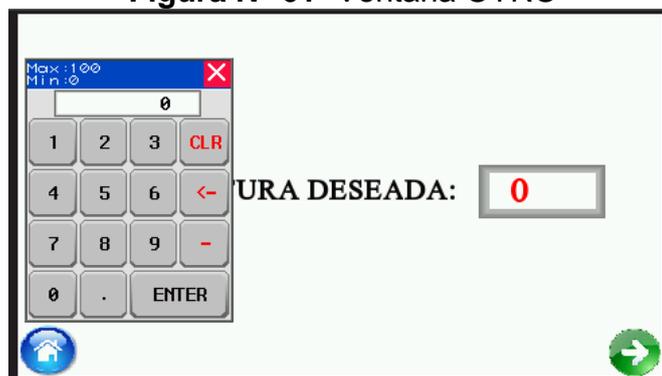


Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

Ventana OTRO

Si escogemos la opción OTRO, nos llevará a un proceso en el cuál nosotros debemos escoger la temperatura máxima deseada

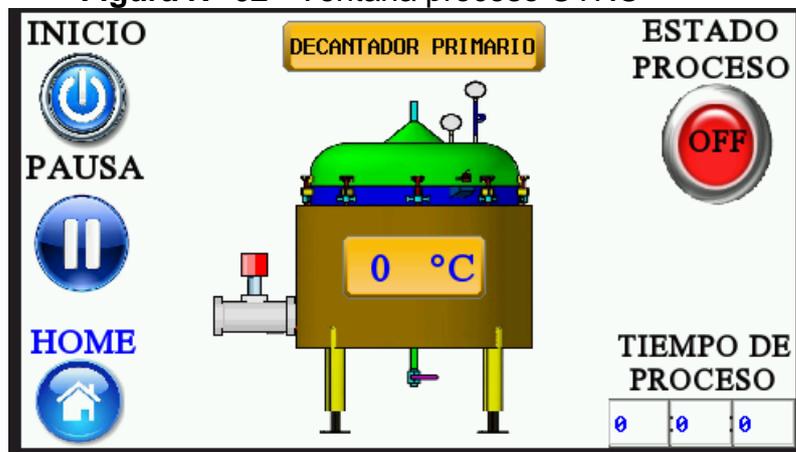
Figura N° 61 Ventana OTRO



Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

Escogemos la temperatura deseada y seleccionamos siguiente.

Figura N° 62 Ventana proceso OTRO



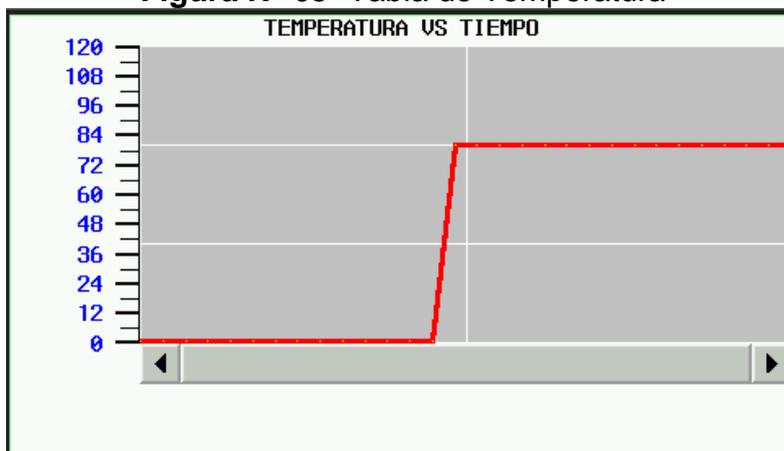
Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

Si presionamos INICIO, empezará el proceso una vez que se cumplan con las condiciones de seguridad antes establecidas, pero el tiempo de funcionamiento lo deberá definir el estudiante, cuando ya no extraiga más aceite.

Ventana de Tabla Temperatura – Tiempo

En esta ventana se presenta una tabla que muestra una relación de los parámetros de Temperatura con relación al Tiempo

Figura N° 63 Tabla de Temperatura



Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

CAPITULO IV

CONSTRUCCIÓN DEL EXTRACTOR DE ACEITES ESENCIALES

Para la construcción del extractor de aceites se utilizará técnicas de trabajo apropiadas, herramientas necesarias y el empleo de una mano de obra calificada sin dejar de lado las normas de seguridad industrial.

- **Extractor de aceites esenciales.-** Construcción de cada una de las partes y elementos que constituyen el extractor de aceites
- **Tablero de Control.-** Construcción y ensamblaje de todo el equipo de control y sistema eléctrico del extractor de aceites
- **Costos del extractor de aceites esenciales.-** Detalle de los costos de construcción y la lista de materiales eléctricos y mecánicos utilizados en la construcción del extractor de aceites

4.1. Proceso de construcción del extractor de aceites esenciales

4.1.1. Construcción del cilindro

Para la construcción del cilindro se utilizó una plancha de acero inoxidable 304 de un espesor de 2 mm, se cortó la plancha según las medidas calculadas en el diseño es decir de 780 mm x 780 mm, utilizando una roladora se le dio forma cilíndrica a la plancha de acero inoxidable.

Mediante el uso de una soldadora eléctrica TIG se realiza un cordón en la plancha rolada para que el cilindro quede completamente terminado.

Figura N° 64 Plancha de acero inoxidable y tanque



Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

4.1.2. Corte de las tapas del extractor de aceites

Para la construcción de las tapas del extractor se utilizó la plancha de acero inoxidable 304 de espesor de 2mm y se realizó el corte según las dimensiones del diseño.

Figura N° 65 Corte de tapas superior e inferior



Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

4.1.3. Construcción de la tapa inferior del extractor

Una vez realizado el corte de la tapa se procede a realizar el acoplamiento de la tapa inferior del extractor, y se realiza el proceso de suelda de la base con el tanque del extractor.

La tapa inferior tiene una conicidad debido a que en el fondo del tanque extractor se deposita el agua aromática producto de la extracción del aceite esencial. Además en el centro de la tapa se soldara un tubo para la instalación de una válvula para purga del proceso de extracción.

Figura N° 66 Soldadura de la tapa inferior



Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

4.1.4. Construcción de la tapa superior del extractor

Para la construcción de la tapa superior una vez cortada la plancha, se realiza una operación de bombeado y pestañeado de acuerdo a las dimensiones establecidas en los planos.

En la siguiente figura se puede observar una estrella, la cual nos ayuda a evitar la deformación de la plancha en forma de circunferencia debido al calentamiento producido por la soldadura.

Para dirigir el vapor que arrastra el aceite esencial hacia el condensador es necesario realizar un embudo para la salida del vapor más aceite esencial.

Figura N° 67 Soldadura de la tapa superior



Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

Figura N° 68 Estrella regulable



Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

Figura N° 69 Tapa bombeada y pestañeada

Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

Una vez construido el tanque de extracción y soldada la tapa inferior al tanque se procede a construir el mecanismo de soporte de la tapa superior, este mecanismo permite que la tapa rote alrededor del tanque extractor permitiendo el ingreso del material vegetal.

Figura N° 70 Mecanismo de giro de la tapa del Tanque de extracción

Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

4.1.5. Construcción de distribuidor de vapor

Para realizar la construcción del distribuidor de vapor se usara un tubo de acero inoxidable de $\frac{3}{4}$ " de diámetro cédula 40, tal como se muestra en los planos de construcción, a este distribuidor se le realizaran perforaciones con una broca de 3 mm a una separación de 19mm.

Este distribuidor de vapor está ubicado dentro de un soporte de ángulo de 1"x 3".

Figura N° 71 Distribuidor de vapor y base

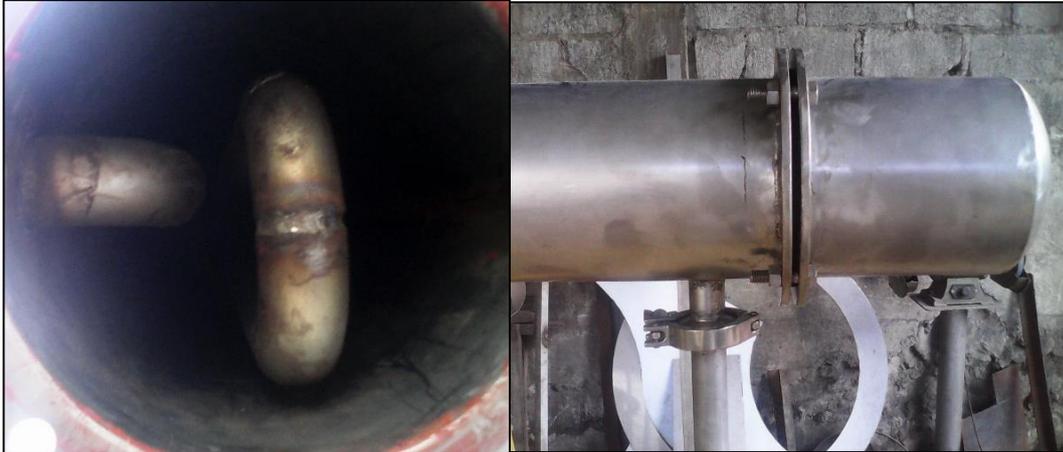


Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

4.1.6. Construcción del intercambiador de calor

Para la construcción del intercambiador de calor se usa un tubo de acero inoxidable de $\frac{3}{4}$ " de diámetro y de las planchas de acero inoxidable se construirá el cuerpo que recubrirá los tubos que están en el interior del intercambiador, y las tapas que sellaran el intercambiador según se muestra en los planos de construcción.

Figura N° 72 Intercambiador de Calor y recubrimiento



Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

Figura N° 73 Intercambiador ubicado y armado en el soporte



Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

4.1.7. Construcción de soporte de intercambiador de calor

Para el intercambiador de calor se le construirá una base de tubo cuadrado, según las dimensiones establecidas en los planos de construcción, esta base o estructura del intercambiador también servirán para instalar la caja de control y el HMI que controlara el extractor de aceites de manera automática.

Figura N° 74 Base del Intercambiador de calor



Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

4.2. Ensamblaje de partes componen el extractor de aceites esenciales

4.2.1. Ensamblaje del aislante térmico

Como aislante térmico usamos lana de vidrio por su alta resistencia térmica, según el cálculo realizado en el diseño térmico usamos la lana de vidrio con un espesor de 2 pulgadas, la sujetamos con alambres galvanizados para asegurarla al extractor y así reducir la temperatura en el exterior del tanque para evitar quemaduras.

Una vez ensamblado el aislante térmico se procede a cubrirlo con una plancha de aluminio dejando descubierto las partes donde se instalaran los dispositivos de medición y seguridad.

Figura N° 75 Recubrimiento del Aislante Térmico



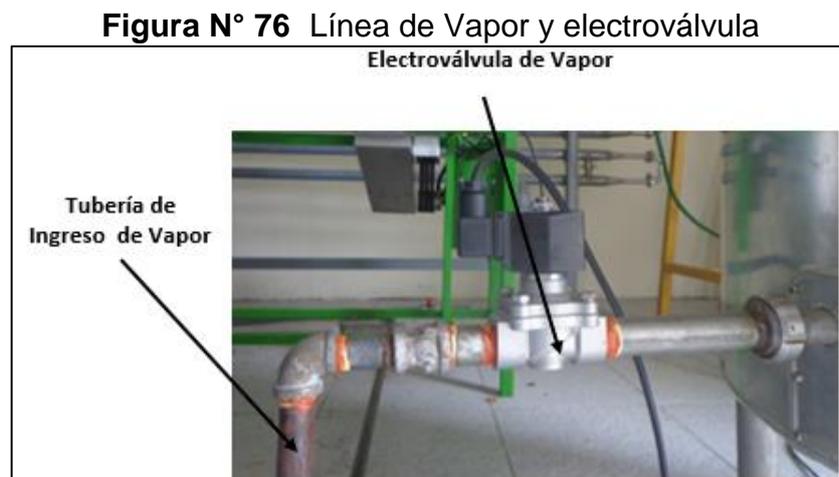
Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

4.2.2. Instalación de la línea de vapor

Para el ingreso de vapor al equipo de extracción de aceites esenciales se realiza una derivación de la tubería de distribución de vapor que proviene del caldero.

Esta derivación va transportar vapor desde tubería de distribución para obtener vapor seco la conexión debe realizarse por la parte superior de la tubería principal, si se toma la conexión de la parte lateral o peor aún de la parte inferior, se obtendrá como resultado un vapor muy húmedo que llega a los equipos.

Se coloca una electroválvula solenoide que controlara el ingreso de vapor al equipo.



Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

4.2.3. Ensamblaje de los instrumentos de medida y actuadores

Para el ensamblaje de los elementos de medida y actuadores se necesitara de cinta de teflón para las roscas y de sellador para proveer posibles fugas de vapor al momento de realizar el proceso de extracción de aceites esenciales.

Figura N° 77 Materiales para impermeabilizar



Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

Para la colocación de los instrumentos de medida como la PT-100, el termómetro, el manómetro y de control se usa llaves de tubo, llaves universales, destornilladores para realizar una correcta instalación.

Figura N° 78 Instalación de los instrumentos de medida



Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

Figura N° 79 Colocación del Termómetro en la tapa



Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

Figura N° 80 Instalación del sensor de temperatura Pt-100



Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

4.3. Ensamblaje eléctrico de control Y HMI

4.3.1. Cableado e instalación de equipos

Se coloca una caja eléctrica metálica de 400 x 400 x 200 mm que va a contener las cargas eléctricas y los conductores.

Para empotrar la caja eléctrica se usa un taladro y se realizan perforaciones de $\frac{1}{4}$ de pulgada, se coloca la caja eléctrica en el sitio adecuado en la estructura que sostiene, el intercambiador de calor del extractor de aceites y se la asegura con los pernos de sujeción.

Figura N° 81 Caja eléctrica metálica



Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

Utilizando un sacabocados realizamos tres perforaciones en la tapa del tablero que servirán para ubicar luces pilotos y una perforación adicional que servirá para ubicar un paro de emergencia debido al riesgo que se sometería la persona en caso que ocurra una falla.

Se realiza un corte de sección rectangular en la tapa del tablero de 100x100 mm para colocar el HMI Kinco.

En la base posterior de la caja eléctrica metálica se realizan 3 perforaciones más en la que se colocan los prensaestopos los cuales ayudarán a que los cables no sufran riesgos de daños en los puntos de quiebre.

Figura N° 82 Perforaciones y ubicación de prensaestopas



Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

Se coloca el HMI en el corte rectangular que se realizó en la tapa de la caja metálica y se asegura con los pernos de sujeción; se instalan las luces pilotos y el paro de emergencia.

Se instalan canaletas plásticas ranuradas que van a contener los cables de los sensores y dispositivos eléctricos. Se realiza montaje de los elementos eléctricos como PLC Kinco, el modulo analógico, la fuente de voltaje, el relé y de más cagas eléctricas adicional se instala lo dispositivos de protección eléctrica. **Ver anexo 12**

Figura N° 83 Instalación del HMI y luces de señalización y canaletes



Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

Se realizan las conexiones del cableado procedente de la caja eléctrica de control con los equipos y dispositivos de control como la RTD o Pt-100 que ayudará con la medición de la temperatura del equipo de extracción, se conecta la electroválvula de vapor que controlara el flujo de vapor al ingreso del equipo de extracción.

Figura N° 84 Conexión del Sensor de Temperatura



Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

Figura N° 85 Conexión de conductores en el tablero de control



Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

4.4. Análisis económico

Para determinar el costo de construcción del equipo de extracción de aceites esenciales se desglosara de la siguiente manera:

- Costo de materiales y equipo (C_{me})
- Costo de mano de obra (C_{mo})
- Costos de diseño e ingeniería (C_{di})
- Costos Varios (C_v)

4.4.1. Costo de materiales y equipo

A continuación se detalla el costo de los materiales utilizados en la construcción del equipo de extracción de aceites esenciales

4.4.1.1. Costo de materiales para construcción mecánica

En la siguiente tabla podemos observar los costos de materiales para la construcción mecánica del equipo.

Tabla N° 17 Materiales y equipos de construcción mecánica

Materiales y equipos para construcción mecánica					
Ítem	Descripción	Cant.	Unidad	Valor Unitario	Valor Total
1	Plancha acero inoxidable 304 de 2440 x 1220 x 2 mm	2	U	298,28	596,56
2	Plancha de aluminio liso 2440 x 1220 x 0,7 mm	1	U	35,25	35,25
3	Plancha de acero inoxidable 304 1220 x 1000 x 1 mm	1	U	118,38	118,38
4	Plancha de lana de vidrio cubierta 2450 x 1100 mm	4	U	5,80	23,20
5	Ángulo inoxidable de 1"	1	U	8,78	8,78
6	Tubo inoxidable de 3/4"	5	U	19,78	98,90
7	Tubo para vapor de 1/2"	2	U	17,38	34,76
8	Tubo cuadrado galvanizado de 1" x 3mm	2	U	12,63	25,26
9	Codo de 1/2" para vapor	5	U	3,20	16,00
10	Universal de 1/2" para vapor	1	U	3,75	3,75
11	T para vapor 1/2" para vapor	1	U	3,20	3,20
12	Cushing de 1/2" a 3/4" para vapor	1	U	4,15	4,15
13	Neplo de 1/2" de vapor	2	U	2,25	4,50
14	Neplo de 3/4" de vapor	2	U	3,10	6,20
15	Unión de 1/2" de vapor	2	U	2,25	4,50
16	Unión inoxidable de 1/4"	1	U	2,35	2,35
17	Bushing de acero inoxidable 1/2" a 1/4"	1	U	4,10	4,10
18	Neplo inoxidable de 1/2"	1	U	3,30	3,30
19	Neplo inoxidable de 3/4"	2	U	5,20	10,40
20	Codo 90° inoxidable de 3/4"	2	U	4,30	8,60
21	Universal de 3/4" Inoxidable	2	U	5,25	10,50
22	Pernos 5/8" x 4"	10	U	0,30	3,00
23	Pernos 1/4" x 1"	4	U	0,15	0,60
24	Pernos 5/16" x 1"	8	U	0,22	1,76
25	Teflón 3/4	3	U	1,50	4,50

26	Sellador Permatex	2	U	2,10	4,20
27	Sifón condensador de vapor (cola de chanco) de 1/4"	1	U	14,30	14,30
28	Electroválvula de 3/4" inoxidable 120 V para Vapor	1	U	169,80	169,80
29	Electroválvula de 1/2" inoxidable 120 V de agua	1	u	55,80	55,80
30	Manómetro	1	U	42,00	42,00
31	Termómetro	1	U	42,00	42,00
32	Válvula de seguridad	1	U	32,00	32,00
33	Válvula de Globo	2	U	18,00	36,00
34	Empaque de Teflón	3	M	21,35	64,05
35	Suelda inoxidable de 1/8"	5	kg	23,80	119,00
36	Suelda inoxidable de 3/32"	5	kg	25,32	126,60
37	Disco de Corte	2	U	1,80	3,60
38	Disco de Pulir	2	U	2,10	4,20
39	Disco de Lijar	2	U	4,80	9,60
40	Remaches de aluminio 1/8 x 1/2	40	U	0,03	1,20
Total					1756,85

Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

4.4.1.2. Costo de materiales para construcción eléctrica

En la siguiente tabla se detalla los costos de materiales para la construcción eléctrica del equipo de extracción de aceites esenciales.

Tabla N° 18 Materiales y equipos eléctricos

Materiales y equipos eléctricos					
Ítem	Descripción	Cant	Unid	Valor Unitario	Valor Total
1	Caja metálica eléctrica de 400 x 400 x 200 mm	1	U	32,30	32,30
2	PLC Kinco	1	U	245,00	245,00
3	HMI Kinco	1	U	520,00	520,00
4	Modulo Analógico Kinco	1	U	175,00	175,00

5	Sensor de Temperatura PT-100 3 hilos	1	U	81,00	81,00
6	Sensor de Nivel inoxidable 110V	1	U	25,00	25,00
7	Sensor de Contacto - Final de carrera	1	U	10,00	10,00
8	Luces de señalización 110 V	5	U	1,70	8,50
9	Pulsante a 110 V	1	U	2,25	2,25
10	Breaker 10 A	1	U	5,20	5,20
11	Relé 8 pines 24 V	2	U	5,82	11,64
12	Base para relé	2	U	1,25	2,50
13	Fuente de 24 voltios	1	U	51,94	51,94
14	Canaletes de PVC	1	U	4,50	4,50
15	Riel DIN	1	U	2,30	2,30
16	Selector de 2 posiciones	1	U	3,25	3,25
17	Conversor USB serial	1	U	19,00	19,00
18	Cable para RTD a 3 hilos	3	M	2,40	7,20
19	Borneras para riel Din	18	U	1,05	18,90
20	Conector DB-9 Macho	3	U	0,80	2,40
21	Conector DB-9 Hembra	3	U	0,80	2,40
22	Cable sucre N° 3 x 12	3	M	8,00	24,00
23	Cable flexible N° 16 AWG color negro	10	M	0,32	3,20
24	Cable flexible N° 16 AWG color rojo	10	M	0,32	3,20
25	Cable flexible N° 16 AWG tierra	10	M	0,32	3,20
26	Cable Multípar 4 pares	5	M	0,15	0,75
27	Enchufe polarizado 3 polos 110V	1	U	3,50	3,50
28	Prensa estopa 1/2"	6	U	0,60	3,60
29	Cinta Aislante	3	U	1,25	3,75
30	Amarras Plásticas	60	U	0,02	1,20
31	Estaño	1	M	0,65	0,65
32	Cautín 60 Watts	1	U	5,35	5,35
33	Pomada para Soldar	1	U	2,25	2,25
34	Vaso Separador (decantador)	1	U	45,00	45,00
Total					1329,9 3

Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

4.4.1.3. Costo total de materiales y equipos

Se suman los costos totales de los materiales y equipos para obtener el valor total.

Tabla N° 19 Costo total de materiales y equipos

Costo total de materiales y equipos	
Detalle	Subtotal
Materiales y equipos construcción mecánica	1756,85
materiales y equipos construcción eléctrica	1329,93
Total (Cme)	3086.78

Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

4.4.2. Costo de mano de obra

A continuación se detalla el costo de la mano de obra que intervino en la construcción del equipo en función de las horas de trabajo.

- Mano de obra construcción mecánica
- Mano de obra construcción y montaje eléctrico

Tabla N° 20 Costo de mano de obra mecánico

Construcción Mecánica				
Ítem	Descripción	Tiempo / horas	Costo Hora	Valor Total
1	Medición y corte	3	15,00	45,00
2	Doblado y Rolado	1	30,00	30,00
3	Prensado	2	125,00	250,00
4	Soldadura Eléctrica	10	35,00	350,00
5	Soldadura TIG	10	50,00	500,00
6	Pulido	10	8,00	80,00
7	Roscado (Tarraja)	3	10,00	30,00
8	Perforación	4	8,00	32,00
9	Remachado	2	8,00	16,00
10	Forado	2	8,00	16,00
11	Montaje de Actuadores y Accesorios	4	20,00	80,00
Total				1429,00

Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

Tabla N° 21 Costo de mano de obra eléctrico

Construcción y montaje eléctrico				
Ítem	Descripción	Tiempo / horas	Costo Hora	Valor Total
1	Montaje de Tablero Eléctrico	2	10,00	20,00
2	Cableado y Conexionado	6	20,00	120,00
3	Montaje de Automatización	5	60,00	300,00
Total				440,00

Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

4.4.2.1. Costo total de materiales y equipos

Se suman los costos totales de mano de obra para obtener el valor total.

Tabla N° 22 Costo total de mano de obra

Costo total de mano de obra	
Detalle	Subtotal
Mano de Obra construcción mecánica	1429,00
Mano de Obra construcción y Montaje eléctrico	440,00
Total (Cmo)	1849,00

Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

4.4.3. Costo de ingeniería

Los costos de diseño e ingeniería del equipo de extracción de aceites esenciales se estiman:

Costo de Diseño e Ingeniería (Cdi) = 1500,00

4.4.4. Costos varios

En los costos varios se estiman los valores incurridos en movilización del personal y transporte de la máquina y algunos imprevistos.

Costo Varios (Cv) = 100,00

4.4.5. Costo total

El costo total del equipo de extracción de aceites esenciales, se lo determina mediante la suma de todos los costos detallados:

$$C \text{ Total} = C_{me} + C_{mo} + C_{di} + C_v$$

$$C \text{ Total} = \$3086.78 + \$1849,00 + \$1500,00 + \$100,00$$

$$C \text{ Total} = \$6535.78$$

El costo Total de la construcción del equipo es de 6535.78 dólares

CAPÍTULO V

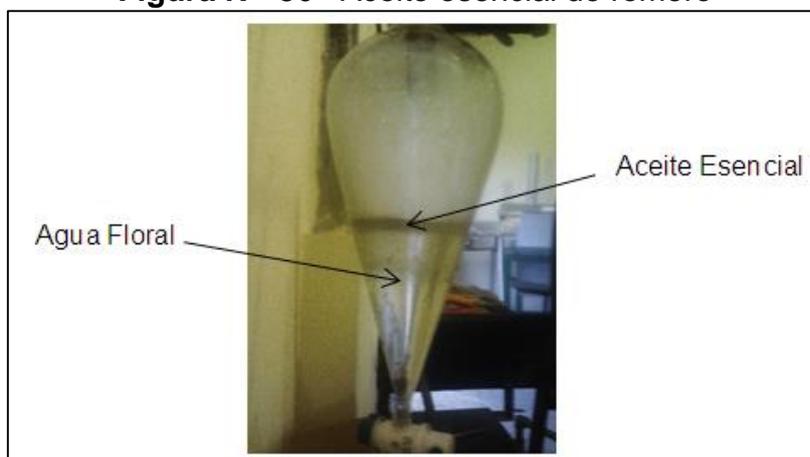
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

5.1. Principio de funcionamiento

El equipo de extracción de aceites esenciales es un equipo que requiere el ingreso de vapor controlado para realizar el proceso de extracción de aceites. Como resultado del ingreso de vapor al equipo de extracción, el vapor rompe el tejido vegetal y arrastra las partículas de aceite esencial.

Mediante el uso de un intercambiador de calor se enfría el vapor de agua con el aceite esencial y se lo recoge en un vaso separador donde el aceite esencial por tener menor densidad se ubica en la parte superficial del decantador o vaso separador.

Figura N° 86 Aceite esencial de romero



Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

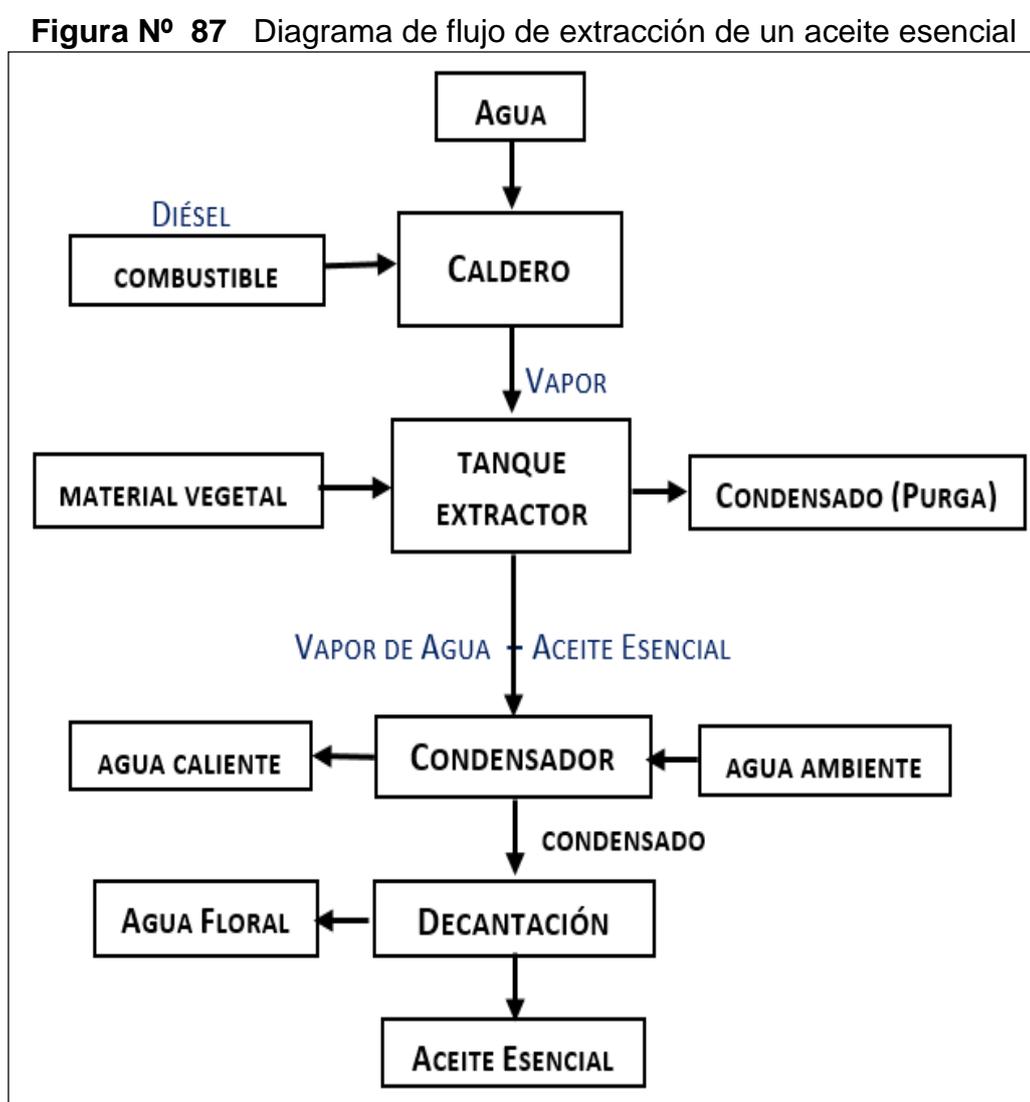
Una vez separado el aceite esencial en una probeta graduada se realiza el análisis químico en el laboratorio de la UTE para determinar lo siguiente

- pH
- Densidad

- Acidez
- Viscosidad
- Índice de peróxido

5.2. Diagrama de flujo del proceso

Diagrama de flujo del proceso de extracción de un aceite esencial



Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

5.3. Dispositivos y elementos del equipo de extracción

El equipo de extracción cuenta con dispositivos de control, medición y seguridad que ayudan con el correcto funcionamiento del equipo a continuación se detalla las funciones que cumple cada dispositivo en el equipo de extracción.

5.3.1. Dispositivos de Control

- **Tablero de Control Caldero.-** Para poder realizar el trabajo de extracción de aceites esenciales es necesario del generador de vapor, el caldero La UTE cuenta con un caldero y para iniciar el proceso se controla las válvulas de combustible, agua y purgas para iniciar el proceso de encendido del caldero.

El caldero tarda alrededor de media hora en alcanzar la temperatura y presión de trabajo.

Figura Nº 88 Tablero de control del caldero



Fuente: Diego Ortega y Henry Valarezo Tesis UTE Diseño y construcción de un caldero
Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

- **Tablero de Control eléctrico.-** El tablero de control es el centro de control, supervisión y visualización del proceso de extracción, a través de cual el operador controla el funcionamiento de todo el equipo de extracción.

Mediante la siguiente figura se muestra en el interior la distribución de los elementos en el tablero eléctrico.

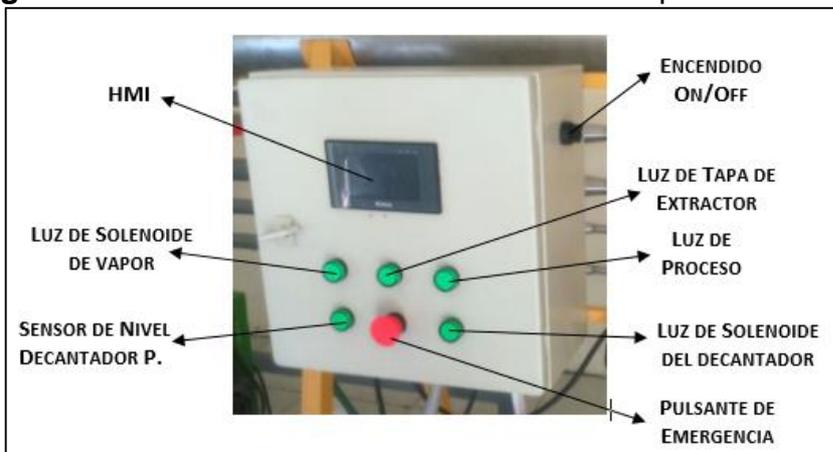
Figura Nº 89 Distribución interna del tablero eléctrico



Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

En la parte frontal se encuentra el HMI que es la pantalla que controla el proceso, las luces pilotos y el pulsante de paro de emergencia.

Figura Nº 90 Distribución del tablero eléctrico parte frontal



Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

El HMI es el dispositivo que enlaza la interfaz hombre – máquina y permite al operador interactuar con el equipo de extracción, mediante el HMI el operador

controlar los tiempos del proceso de extracción, definir el parámetro de temperatura de extracción. El tablero tiene luces de indicación del proceso y alarma por si el equipo sufre de un sobre-calentamiento detenga el proceso y se corrija la falla que activo la alarma.

5.3.2. Equipos de medición

5.3.2.1. Manómetro

En el equipo de extracción se instala un manómetro que servirá para medir y visualizar la presión a la que se somete el equipo de extracción. El manómetro tiene un rango de medida de 0 a 60 PSI.

Este instrumento visualiza la presión y si existe una sobrepresión en el proceso de extracción ayudara con la maniobra más adecuada para detener la sobrepresión.

Figura N° 91 Manómetro del equipo de extracción



Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

5.3.2.2. Termómetro

Es un instrumento de medición que servirá para medir la temperatura en el equipo de extracción, en el momento que se realiza el proceso de extracción de un aceite esencial. El termómetro cuenta con un rango de medida 10 °C a 150 °C y con una escala en grados Fahrenheit de 50 °F a 300 °F.

En la siguiente figura se muestra el termómetro instalado en el equipo de extracción.

Figura N° 92 Termómetro del equipo de extracción



Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

5.3.3. Sensores y Purga

El equipo de extracción cuenta con la siguiente seguridad para el proceso de extracción

5.3.3.1. Final de Carrera

Es un dispositivo eléctrico o sensor de contacto, su función durante el proceso es enviar un pulso positivo al PLC Indicando que la tapa del equipo de extracción se encuentra asegurada con los pernos de sujeción y se puede iniciar el proceso, caso contrario si la tapa no se encuentra ubicada y asegurada no se podrá iniciar el proceso e indicara una alarma con la una luz piloto en el tablero de control.

Figura N° 93 Final de carrera de la tapa de extractor de aceites



Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

5.3.3.2. Sensor de Temperatura (PT-100)

Un Pt100 es un sensor de temperatura. Consiste en un alambre de platino que a 0 °C tiene 100 Ω y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica. El incremento de la resistencia no es lineal pero si creciente y característico del platino de tal forma que mediante tablas es posible encontrar la temperatura exacta.

La PT-100 está conectada al módulo analógico del PLC y se puede visualizar en el HMI la temperatura que censa en el proceso de extracción de aceite esencial.

Figura N° 94 Sensor de temperatura RTD



Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

5.3.3.3. Sensor de Nivel

El sensor de nivel utilizado en el equipo de extracción es un sensor inoxidable que va emitir un pulso para controlar y activar la electroválvula de descarga del separador primario.

Figura N° 95 Sensor de nivel

Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

5.3.3.4. Purga.

El equipo de extracción cuenta con una válvula de purga en la parte inferior del equipo, la finalidad de esta válvula de purga es eliminar el vapor condensado en la línea de vapor y el condensado que se produce en el proceso de extracción. En la figura 5.9 se muestra la válvula de purga del equipo.

Figura N° 96 Válvula de purga del equipo de extracción

Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

5.4. Instrucciones de encendido y operación

5.4.1. Procedimiento de encendido

En este capítulo el equipo de extracción de aceites esenciales, se encuentra en el laboratorio de agroindustrias, entregado al encargado del laboratorio una vez realizadas las pruebas de extracción.

El operador de la maquina debe estar familiarizado con la operación del equipo de extracción de aceites esenciales, debe identificar plenamente las válvulas de ingreso de vapor, las purgas, los sensores de temperatura y contacto e instrumentos de medida y control del equipo de extracción.

Las instrucciones para encendido del equipo de extracción son las siguientes:

- Verificar el Breaker de encendido se encuentre en la posición ON si no se encuentra ponerlo en posición de encendido
- Comprobar el encendido de la fuente de voltaje que alimenta tanto el PLC y la pantalla HMI. Adicional verificar el correcto funcionamiento del PLC y la pantalla del HMI antes de iniciar el proceso
- Comprobar que el material vegetal se encuentre ya en el equipo de extracción y la tapa del equipo se encuentre asegurada con los pernos para iniciar el proceso de extracción, y el sensor de contacto envíe el pulso para dar inicio al proceso
- Comprobar el correcto funcionamiento del caldero y revisar constantemente durante el proceso de extracción que el caldero contenga agua al nivel de operación normal.
- Verificar los instrumentos de medida que funcionen correctamente y que la electroválvula se encuentre cerrada antes de iniciar el proceso.
- En el HMI definir el parámetro de temperatura para la extracción e iniciar el proceso.

5.4.2. Operación del Equipo de extracción

Durante la operación del equipo de extracción se puede identificar cuatro etapas las que se detalla a continuación.

5.4.2.1. Etapa de Calentamiento

Se suministra vapor de agua desde la caldera hacia el equipo de extracción, hasta cuando comienzan a evaporarse los aceites, el tejido vegetal se rompe y libera el aceite esencial y son entonces arrastrados hacia el condensador; es allí donde el vapor de agua transfiere calor latente al material vegetal.

En el tablero de control se selecciona en el HMI la pantalla de Proceso se determina el parámetro de temperatura y se da inicio a proceso y la electroválvula permite el ingreso de vapor al equipo de extracción.

Figura N° 97 Funcionamiento de la electroválvula ingreso de vapor



Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

5.4.2.2. Etapa de extracción

Inicia en el momento en el que comienza la producción de condensado de agua-aceite; aquí se determina el tiempo necesario para la extracción. La transferencia de masa en esta etapa se refiere a la cantidad de aceite que es arrastrado por el vapor.

5.4.2.3. Etapa de Enfriamiento

Se condensan los vapores de agua-aceite que provienen del destilado, después se enfría para separar las fases y obtener el aceite por decantación.

5.4.2.4. Etapa de Separación (Decantación)

Mediante el uso de un embudo de decantación se procede con la separación del aceite esencial del vapor de agua condensado, es decir que la separación es posible porque se presentan dos líquidos inmiscibles de distinta densidad, el aceite esencial se traslada a la parte superficial del embudo por tener menor densidad que el agua.

Al final de todo el proceso se realiza el análisis de los aceites extraídos en los laboratorios de química de la UTE, y posterior determinar la cantidad y la calidad del aceite.

Posterior se realiza la limpieza del equipo para una próxima utilización.

5.5. Esquema para desarrollo de prácticas

Se presentan algunos ejemplos con sus formatos de prácticas que se pueden desarrollar con el equipo de extracción de aceites esenciales y se pueden usar como modelo para desarrollar la práctica.

- Extracción de Aceite esencial de Romero (Planta). ver **anexo 13**
- Extracción de Aceite esencial del Naranja – Mandarina – Limón (Cascara).
- Uso de Vapor de agua de Extractor de aceites esenciales.

5.6. Mantenimiento del equipo de extracción

El equipo de extracción es una maquina diseñada en acero inoxidable que trabaja con temperatura y presión, por lo cual requiere la realización de mantenimiento tanto preventivo como correctivo de ser necesario.

El mantenimiento garantiza el buen funcionamiento del equipo al operador del equipo, además de evitar pérdidas económicas por la paralización de máquina y disminuir los costos de reparación.

- Mantenimiento Preventivo
- Mantenimiento Correctivo

5.6.1. Mantenimiento Diario de Rutina

Este tipo de mantenimiento se realiza a diario siempre que se programe el uso del equipo de extracción, ya que el primer objetivo del mantenimiento es evitar o mitigar las consecuencias de los fallos del equipo, logrando prevenir las incidencias antes de que estas ocurran.

- Comprobar el buen funcionamiento de los instrumentos de medición
- Verificar que no existan fugas de vapor o agua en el proceso de extracción
- Inspeccionar que el equipo se encuentre limpio y sin sustancias ajenas al proceso de extracción y así modifique las características de aceite extraído.
- Comprobar el estado de las válvulas de suministro de agua, vapor y válvula de purga
- Comprobar el estado de los cables conductores y del suministro de energía sea el adecuado.
- Realizar la limpieza del equipo tanto interior como exterior una vez finalizado el uso del equipo.

5.6.2. Mantenimiento Mensual

Para realizar un mantenimiento mensual se tomara las siguientes consideraciones

- Comprobar el estado de teflón que sella herméticamente el extractor de aceites esenciales
- Verificar los cauchos que sirven de sello de las tapas del intercambiador de calor
- Verificar el estado de los pernos de las tapas de intercambiador de calor
- Verificar las bobina del solenoide que no existan ruidos extraños que son sinónimo de sobrecalentamiento.
- Revisar la instalación de la línea de vapor y corregir fugas.

CAPÍTULO VI

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y RESULTADOS

6.1. Simulación del proceso

Durante esta etapa se realiza la prueba de funcionamiento se inicia la operación de caldero para el ingreso de vapor al equipo de extracción se enciende el tablero de control y se verifica el correcto encendido del PLC como del HMI, que no exista problemas de comunicación.

Se inicia el proceso es vacío para verificar los dispositivos de medición así como los dispositivos de seguridad del equipo.

Además de comprobar correcto funcionamiento de la electroválvula de vapor que se activa mediante el inicio de proceso en el HMI.

6.2. Funcionamiento del PLC y HMI

En la prueba de funcionamiento del PLC se verifica que la programación ladder del PLC cumpla con los requisitos de operación del proceso de extracción.

Se verifica que el PLC este en modo run, se comprueba que el final de carrera emita el pulso para que se desactive la alarma y se inicie el proceso, se verifica en el HMI todos los parámetros antes expuestos.

También se puede observar en las luces indicadoras del tablero.

Mediante el uso del HMI se verifica la comunicación con el PLC, activando la electroválvula y se comprueba que la electroválvula cambie de estado de cerrada a abierta, durante un tiempo de 10 minutos en vacío el sensor de temperatura envía

un pulso indicando que la temperatura del vapor es mayor a la temperatura de proceso y desactiva la electroválvula hasta que exista una variación de temperatura y se inicie el proceso automáticamente.

Pasado el lapso de tiempo se digita la opción de fin de proceso y se verifica que la electroválvula cambie de estado OFF. Adicional se comparan los valores de medición analógica con los medidos por los sensores y se comprueba las fórmulas de corrección de las variables analógica trabaja correctamente.

6.3. Análisis de resultados

Los aceites obtenidos del proceso de extracción fueron los siguientes:

- Aceite esencial de romero
- Aceite esencial de naranja (Cascara)

Extracción de aceite esencial de romero

Mediante la siguiente tabla se presentan los resultados de la extracción del aceite de romero.

Datos:

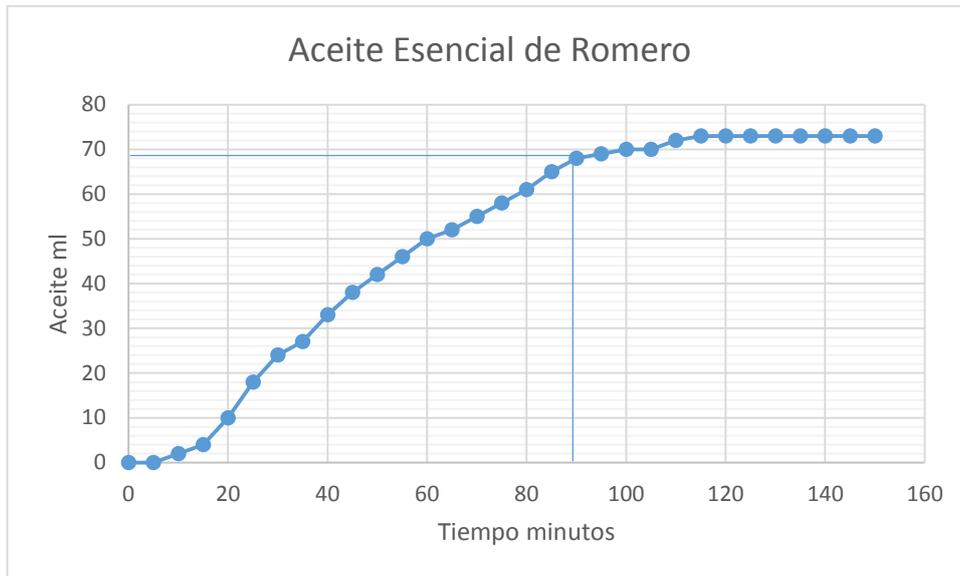
Material Vegetal: 10 Kg de Romero

Tabla N° 23 Tabla de extracción de aceite esencial de romero

Tiempo	Aceite	Volumen de Emulsión	Temperatura del Extractor	Temperatura del condensado
Min	ml	ml	°C	°C
0	0	0	21	0
5	0	50	23	0
10	2	250	33	23
15	4	500	40	23
20	10	750	51	25
25	18	1000	65	24
30	24	1250	75	24
35	27	1500	85	25
40	33	1750	90	25
45	38	2000	90	27
50	42	2250	90	27
55	46	2500	90	30
60	50	2750	90	34
65	52	3000	90	35
70	55	3250	90	36
75	58	3500	90	36
80	61	3750	90	38
85	65	4000	90	40
90	68	4500	90	43
95	69	5000	90	43
100	70	5500	90	43
105	70	6000	90	42
110	72	6500	90	42
115	73	7000	90	42
120	73	7500	90	42
125	73	8000	90	42
130	73	8500	90	42
135	73	9000	90	42
140	73	9500	90	43
145	73	10000	90	43
150	73	10500	90	43

Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

Como se muestra en la tabla los resultados de la extracción de aceite esencial de romero, fue de un tiempo de extracción de 150 minutos y la cantidad de aceite de romero fue de 73 ml.

Figura N° 98 Grafica de los resultados de la extracción del aceite de romero

Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

Mediante la gráfica de resultados determinamos que el mejor rendimiento como estudiantes de electromecánica, que obtuvimos del proceso de extracción de aceite esencial de romero, fue en un tiempo de 90 minutos se obtuvo 68 ml de aceite esencial de romero, pasado los 90 minutos de extracción no es económicamente factible seguir con el proceso de extracción por que solo se obtuvo 5 ml en unos 60 minutos más de extracción.

En consecuencia se entiende que el proceso óptimo de extracción de aceite esencial de romero se llevara en un tiempo estimado de 90 minutos.

Extracción de aceite esencial de naranja

Mediante la siguiente tabla se presentan los resultados de la extracción del aceite de naranja.

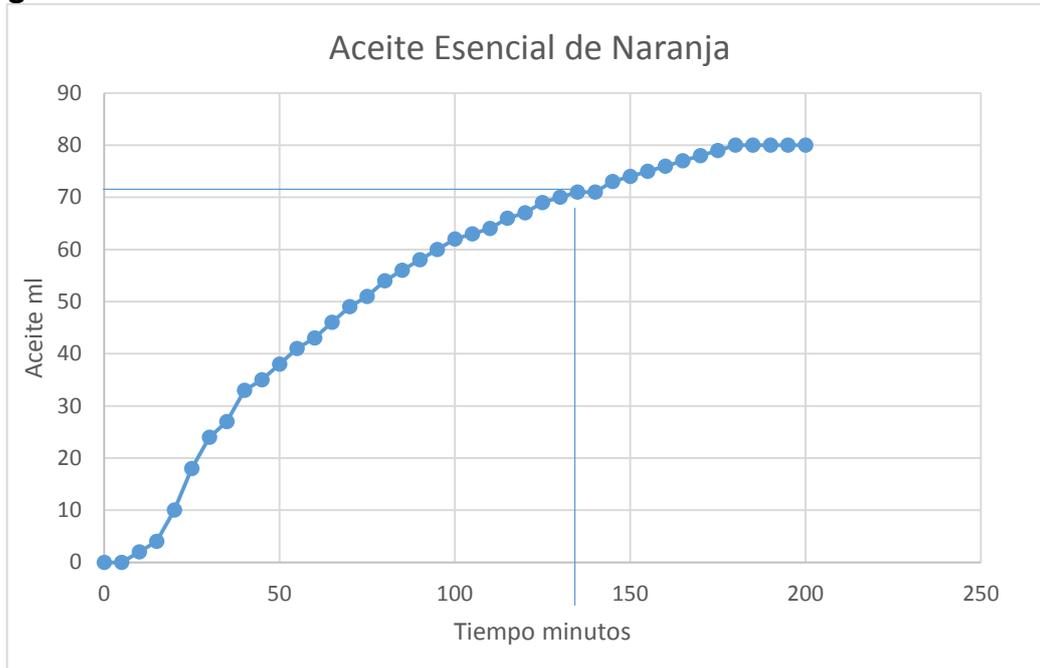
Datos:

Material Vegetal: 25 Kg de Naranja

Tabla N° 24 Tabla de extracción de aceite esencial de naranja

Tiempo	Aceite	Volumen de Emulsión	Temperatura del Extractor	Temperatura del condensado
min	ml	ml	°C	°C
0	0	0	21	0
5	0	50	23	0
10	2	250	33	23
15	4	500	40	23
20	10	750	51	25
25	18	1000	65	24
30	24	1250	75	24
35	27	1500	85	25
40	33	1750	90	25
45	35	2000	90	27
50	38	2250	90	27
55	41	2500	90	30
60	43	2750	90	34
65	46	3000	90	35
70	49	3250	90	36
75	51	3500	90	36
80	54	3750	90	38
85	56	4000	90	40
90	58	4500	90	43
95	60	5000	90	43
100	62	5500	90	43
105	63	6000	90	42
110	64	6500	90	42
115	66	7000	90	42
120	67	7500	90	42
125	69	8000	90	42
130	70	8500	90	42
135	71	9000	90	42
140	71	9500	90	43
145	73	10000	90	43
150	74	10500	90	43
155	75	11000	90	43
160	76	11500	90	43
165	77	12000	90	44
170	78	12500	90	44
175	79	13000	90	44
180	80	13500	90	44
185	80	14000	90	45
190	80	14500	90	45
195	80	15000	90	45
200	80	15500	90	44

Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

Figura N° 99 Grafica de los resultados de la extracción del aceite de naranja

Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2013

Como se muestran en la tabla los resultados de la extracción de aceite esencial de naranja, el tiempo de extracción fue de 200 minutos y la cantidad de aceite de naranja fue de 80 ml.

Mediante a grafica de resultados determinamos que el mejor rendimiento como estudiantes de electromecánica, que obtuvimos del proceso de extracción de aceite esencial de naranja, fue en un tiempo de 130 minutos se obtuvo 72 ml de aceite esencial de naranja usando 25 Kg de material vegetal, pasado los 130 minutos de extracción no es económicamente factible seguir con el proceso de extracción por que solo se obtuvo 8 ml en 70 minutos más de extracción.

En consecuencia se entiende que el proceso óptimo de extracción de aceite esencial de naranja se llevara en un tiempo estimado de 130 minutos.

Resultados de análisis químicos

A continuación se muestran los resultados de los análisis químicos realizados en el laboratorio de química de la UTE.

Figura N° 100 Resultado de análisis químico del aceite esencial de romero

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL		SEDE SANTO DOMINGO				
REPORTE DE ANALISIS BROMATOLOGICO						
						
SOLICITANTE: SRS. CRISTHIAN DEFAZ Y ROBERTH YAGUANA						
TIPO DE MUESTRA: ACEITE ESENCIAL DE ROMERO						
DIRECCIÓN: KM 4 1/2 VIA CHONE (UTE)						
MUESTRA: 2313						
FECHA DE INGRESO: 09/10/2014						
FECHA DE ENTREGA: 15/10/2014						
RESULTADOS :						
No. DE MUESTRA	IDENTIFIC.	pH	DENSIDAD g/ml	ACIDEZ %	VISCOSIDAD centipoise	INDICE DE PEROXIDO meq/ Kg
2313	ACEITE ESENCIAL DE ROMERO	3,5	0,86	0,1	5,6	18,0
 ING. ELSA BURBANO C. LABORATORIO DE QUIMICA						

Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2014

Figura N° 101 Resultado de análisis químico del aceite esencial de naranja

		UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL SEDE SANTO DOMINGO		REPORTE DE ANALISIS BROMATOLOGICO			
SOLICITANTE: SRS. CRISTHIAN DEFAZ Y ROBERTH YAGUANA TIPO DE MUESTRA: ACEITE ESENCIAL DE NARANJA DIRECCIÓN: KM 4 1/2 VIA CHONE (UTE) MUESTRA: 2319 FECHA DE INGRESO: 21/10/2014 FECHA DE ENTREGA: 31/10/2014							
RESULTADOS :							
No. DE MUESTRA	IDENTIFIC.	pH	DENSIDAD g/ml	ACIDEZ %	VISCOSIDAD centipoise	INDICE DE PEROXIDO meq/ Kg	
2319	ACEITE ESENCIAL DE NARANJA	6,9	0,87	0,2	4,6	17,1	
 ING. ELSA BURBANO C. LABORATORIO DE QUIMICA							
 LABORATORIO DE QUIMICA CAMPUS ARTURO RUIZ MORA							

Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2014

6.4. Análisis de costos por operación

De acuerdo al diseño realizado para la extracción de aceites esenciales, se puede hallar un valor aproximado en cuanto se refiere a costos por operación y mantenimiento, cabe indicar, que un verdadero análisis solo se podrá obtener mediante datos estadísticos tomados en un rango de tiempo considerable de funcionamiento del sistema.

Se considera para el análisis del costo, un tiempo de 3 horas de trabajo de la máquina de extracción este valor será el costo de operación. Los datos por operación y mantenimiento se describen a continuación

Tabla N° 25 Costo de extracción de aceite de romero

Detalle	Unidades	Costo Unitario	Consumo	Costo Total
Materia Prima	kg	1.00	10	10.00
Consumo de Agua	m ³	0.31	0.705	0.22
Consumo de Energía Eléctrica	KW/h	0.095	0.572	0.05
Combustible	Gal	1.03	5	5.15
Operario	USD	2.81	3	8.43
Materiales para Limpieza	USD	0.23	1	0.23
Total				24.08

Elaborado por: Cristhian Defaz – Roberth Yaguana / 2014

Entonces, se obtiene que producir 70 ml de aceite esencial de romero tiene un costo aproximado de 24.08 dólares

El costo de 15 ml de aceite de romero es de 6.19 dólares según la empresa INKANAL (INKANAL)

El costo de producir 15 ml de aceite de romero en el equipo de extracción es de 5.16 dólares, por lo que se obtiene un costo menor en la producción de aceite esencial de romero.

6.5. Rendimiento del equipo

El rendimiento del equipo de extracción se lo obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$\%Re = \frac{Ca}{Mp} \times 100$$

Donde,

%Re = Porcentaje de rendimiento del aceite esencial (%)

Ca = Cantidad de aceite esencial extraído (ml)

Mp = Cantidad de Planta destilada (g)

Reemplazado;

$$\%Re = \frac{70}{4339.09} \times 100$$

$$\%Re = 1.51 \%$$

El equipo de extracción de aceites esenciales tiene un rendimiento del 1.51%.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

- El aceite esencial es una mezcla de componentes volátiles, donde la extracción por arrastre de vapor es uno de los principales métodos de extracción de los mismos a un costo menor y con un mejor rendimiento.
- Existen diferentes métodos de extracción dependiendo de la planta, y no de todas las partes de la planta se puede extraer aceite esencial, son factores que afectaran directamente la calidad el aceite esencial y su rendimiento.
- Con la construcción de este equipo de extracción de aceites esenciales se pueden realizar prácticas a nivel semi-industrial y reforzar los conocimientos teóricos adquiridos en clases.
- Se pueden identificar los diferentes procedimientos que intervienen en el proceso de extracción de un aceite esencial y determinar los que infieren directamente en la calidad del aceite.
- Los elementos que constituye el equipo de extracción de aceites esenciales, el tanque extractor, el intercambiador de calor y el decantador primario se construyeron a partir de acero inoxidable 304, asegurando que el aceite esencial no se comprometa con agentes corrosivos y afecte la calidad del aceite.
- El intercambiador de calor permite que los estudiantes de la carrera de ingeniería electromecánica, puedan reforzar sus conocimientos en las materias como mecánica de fluidos, transferencia de calor y termodinámica.
- El equipo está controlado por un HMI y PLC que garantizan una adecuada operación del equipo además de brindar la seguridad al momento de operar.

- Se determinó que el 85% del aceite esencial se extrae en los primeros 90 minutos pasado ese tiempo la extracción de aceite se reduce considerablemente como se puede verificar en pág.143 de análisis de resultados.
- El equipo está diseñado para extraer aceite esencial a partir de 6 kilogramos de material vegetal, con una menor cantidad se obtendría muy poco aceite esencial, y el costo de la extracción aumentaría considerablemente.
- El equipo está construido según los cálculos de diseño con una capacidad de 10 kg de material vegetal y una presión de 60 PSI.
- El equipo de extracción está compuesto con dispositivos de medición analógico como son el termómetro y el manómetro, para visualizar las magnitudes en el HMI se utilizó un sensor de temperatura.
- El equipo de extracción de aceites esenciales es una máquina que funciona como complemento del caldero en el laboratorio de agroindustria.

7.2. Recomendaciones

- Revisar el estado de los dispositivos y elementos de control; verificar el estado de la línea de vapor que no existan fugas.
- Realizar la limpieza del equipo con cepillos de nylon, detergente neutro o jabón líquido y enjuagar con abundante agua, de esta manera se conserva el equipo de extracción y se asegura su durabilidad.
- Realizar la limpieza y tratamiento del material vegetal a extraer ya que al momento del proceso el vapor arrastra aceite esencial, vapor de agua e impurezas lo cual afectara la calidad del aceite.
- Se recomienda la construcción de una torre de enfriamiento de agua para evitar el desperdicio de agua y optimizar el proceso de extracción, además de asociar a esta torre de enfriamiento de agua la distintas máquinas que se encuentran en el laboratorio de agroindustrias
- Para la limpieza del vaso separador y decantador se usará alcohol para desinfectar y limpiar los elementos de residuos de aceite.
- Al finalizar el proceso de extracción se recomienda el uso de guantes de protección contra riesgos térmicos tanto para retirar el producto procesado como para la manipulación de la tapa del extractor
- Comprobar el estado del empaque de teflón al finalizar cada proceso de extracción
- Revisar constantemente el estado del nivel de agua del caldero y la presión del caldero durante el proceso de extracción de un aceite esencial, ya que se puede generar una sobrepresión y averiar componentes como la válvula de seguridad y dispositivos de medición.

BIBLIOGRAFÍA

1. Castillo, J. C., & García García, M. P. (2012). *Automatismos industriales*. Madrid: Editex.
2. García Iturrioz, M. (2008). *Guía de Aromaterapia. La salud a través de los aceites esenciales* (2ª edición ed.). Cataluña, España: El Mundo del Bienestar. Obtenido de www.elmundodelbienestar.es
3. SENA . (2012). *Introducción a la Industria de los Aceites Esenciales de Plantas Medicinales y Aromáticas* . Bogotá: Incubar.
4. Anonimo. (29 de Abril de 2009). *Aromaterapia* . Obtenido de <http://aromaterapia.jimdo.com/aceites-esenciales/>
5. Cameroni, G. M. (06 de Junio de 2012). *Historia de las Hierbas Aromáticas, Especies y Aceites Esenciales*. Recuperado el 18 de Julio de 2013, de Alimentos Argentinos:.
<http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/sectores/aromaticas/publicaciones>
6. Cañete, M. (03 de Marzo de 2010). *OpenCourseWare de la Universidad Politécnica de Madrid*.
7. Chevallier, A. (1997). *Enciclopedia de las Plantas Medicinales* . Madrid: Acento.
8. Córdor Velásquez , N. J. (2005). *Diseño y construcción de un sistema detector de presión y recarga de neumáticos*. Recuperado el 04 de Septiembre de 2013, de Escuela Politecnica del Ejercito Facultad de Ingeniería Automotriz:
<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4073/1/T-ESPEL-0188.pdf>
9. Electric, S. (2012). *Interfaz Hombre - Maquina Capítulo 8*. Obtenido de <http://www.schneiderelectric.es/documents/local/productos-servicios/automatizacion-control/guia-soluciones-aut/guia-soluciones-aut-capitulo8.pdf>
10. Fiber Glass. (5 de Diciembre de 2013). *Manual de Ayuda del Software Ecwin Green*. Cali, Cali, Colombia.
11. FIET . (2010). *Facultad de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones* . Obtenido de Universidad del Cauca :
<http://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIET/DEIC/Materias/SW%20para%20aplicaciones%20Industriales%20I/Teoria/3%20Interfaz%20Hombre-maquina.pdf>

12. Flower, L. (2007). *Instalaciones Eléctricas Diseño y Programación con un Automata Programable*. Bogotá: Alfaomega Colombia SA.
13. Fonnegra, R., Jiménez, S. (2007). *Plantas medicinales aprobadas en Colombia*. Colombia: Universidad de Antioquia. p76-78
14. Galindo, J. (1999). *Asociación de Educación Ambiental y Ecología Social*. Obtenido de <http://www.aulaga.info/archivos/documentos/Cipres.pdf>
15. Gómez Flores, L. B. (2010). *Automatismos Eléctricos Industriales*. La Paz.
16. Gonzales Villa, A. A. (Abril de 2004). *Obtención de aceites esenciales y Extractos Etanólicos de Plantas del Amazonas*. Recuperado el 20 de Agosto de 2013, de Universidad Nacional de Colombia : <http://www.bdigital.unal.edu.co/1173/1/angelaandreagonzalezvilla.2004.pdf>
17. Harold, H. (1995). *Química Orgánica*. Mexico DF: McGRAW-HILL. Recuperado el 05 de Agosto de 2013
18. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (Febrero 2007). *Guía Técnica para el Diseño y Cálculo del aislamiento Térmico de Conducciones, Aparatos y Equipos*. Madrid: IDAE. Obtenido de www.idae.es
19. Kozel, C. (1994). Guía de Medicina Natural. En *Salud y Curación* (pág. 216). Bogotá: La verdad Presente. Recuperado el 02 de Septiembre de 2013
20. LR&LS. (02 de Enero de 2011). *Aceites Esenciales y Perfumes*. Recuperado el 05 de Agosto de 2013, de <http://aceitesesencialesyperfumes.jimdo.com>
21. Mis Remedios. (2012). *MisRemedios .Com*. Recuperado el 02 de Septiembre de 2013, de Remedios Caseros y Tratamientos Naturales : <http://misremedios.com/sustancias/oregano-origanum-vulgare/>
22. National Instruments. (2012). *Medir Temperatura con un RTD o Termistor*. Recuperado el 06 de Septiembre de 2013, de National Instruments: <http://www.ni.com/white-paper/3643/es/>
23. Obregón Dominguez, E. (2012). *Instituto Mexicano de Aromaterapia IMA*. Obtenido de: <http://www.enbuenasmanos.com/articulos/muestra.asp?art=107>
24. Ortuño Sánchez, M. F. (31 de Agosto de 2006). *Manual Práctico de Aceites Esenciales, Aromas y Perfumes* (Primera edición ed.). España: Aiyana. Recuperado el 05 de Agosto de 2013, de <http://www.biomoon.net/aiyana>
25. Ramírez Castillo, M. P. (10 de Mayo de 2008). *Extracción por arrastre de vapor y análisis de propiedades antioxidantes del aceite esencial de romero*.

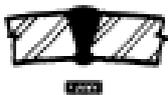
Recuperado el 15 de Septiembre de 2013, de Universidad de las Américas Puebla Escuela de Ingeniería y Ciencias:

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lpro/ramirez_c_mp/capitulo6.pdf

26. Rodríguez Álvarez, M., Alcaraz Meléndez, L., & Real Cosío, S. M. (2012). *Procedimientos Para La Extracción De Aceites Esenciales En Plantas Aromáticas* (Primera edición ed.). México: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, Baja California Sur. Obtenido de <http://www.cibnor.mx>
27. Sánchez Castellanos. (09 de Octubre de 2009). *Segundo Congreso Internacional De Plantas Medicinales Y Aromáticas*. Recuperado el 30 de Agosto del 2013, http://sisav.valledelcauca.gov.co/CADENAS_PDF/AROMATICAS/c05.pdf
28. Schneider Electric . (s.f.). *Interfaz Hombre - Maquina Capitulo 8*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2013, de <http://www.schneiderelectric.es/> : <http://www.schneiderelectric.es/documents/local/productos/servicios/automatizacion-control/guia-soluciones-aut/guia-soluciones-aut-capitulo8.pdf>
29. SHIGLEY, J (2008). *Diseño en Ingeniería Mecánica*. 8th ed. México: McGraw Hill. p108
30. Yanus Cengel , A. (2007). *Transferencia de Calor y Masa* . Mexico : McGraw-Hill.

Anexos

Anexo 2 Manual de recipientes a presión y cálculo de Eugene F. Megyesy –
pág. 142

TIPOS DE JUNTAS SOLDADAS				
TIPOS NORMA UW-12		EFICIENCIA DE LA JUNTA, E		
		Cuando la junta es:		
		a. Radiogra- fiada total- mente	b. Examinada por zonas	c. No Examinada
1	 <p>Junta a tope hecha por doble cordón de soldadura o por otro medio con el que se obtenga la misma cantidad de metal de soldadura depositada sobre las superficies interior y exterior de la pieza. Si se emplea placa de respaldo, debe quitarse ésta después de terminar la soldadura.</p>	1.00	0.85	0.70
2	 <p>Junta a tope de un solo cordón con tira de respaldo que queda en su lugar después de soldar. En juntas circunferenciales únicamente</p>	0.90	0.80	0.65
3	 <p>Junta a tope de un solo cordón sin tira de respaldo</p>	—	—	0.60
4	 <p>Junta a traslape de doble filete completo</p>	—	—	0.55
5	 <p>Junta a traslape de un solo filete completo con soldaduras de tapón</p>	—	—	0.50
6	 <p>Junta a traslape de un solo filete completo sin soldaduras de tapón</p>	—	—	0.45

Anexo 3 Libro Hook ups tabla 38 Pág. 81

Table 38: Schedule 40 Pipe Dimensions											
Size Inches	Diameters		Nominal Thickness Inches	Transverse Areas			Length of Pipe per Sq. Foot of		Cubic Feet per Foot of Pipe	Weight per Foot Pounds	Number Threads per Inch of Screw
	External Inches	Internal Inches		External Sq. Ins.	Internal Sq. Ins.	Metal Sq. Ins.	External Surface Feet	Internal Surface Feet			
1/8	.405	.269	.068	.129	.057	.072	9.431	14.199	.00039	.244	27
1/4	.540	.364	.088	.229	.104	.125	7.073	10.493	.00072	.424	18
3/8	.675	.493	.091	.358	.191	.167	5.658	7.747	.00133	.567	18
1/2	.840	.622	.109	.554	.304	.250	4.547	6.141	.00211	.850	14
3/4	1.050	.824	.113	.866	.533	.333	3.637	4.635	.00370	1.130	14
1	1.315	1.049	.133	1.358	.864	.494	2.904	3.641	.00600	1.678	11½
1¼	1.660	1.380	.140	2.164	1.495	.669	2.301	2.767	.01039	2.272	11½
1½	1.900	1.610	.145	2.835	2.036	.799	2.010	2.372	.01414	2.717	11½
2	2.375	2.067	.154	4.430	3.355	1.075	1.608	1.847	.02330	3.652	11½
2½	2.875	2.469	.203	6.492	4.788	1.704	1.328	1.547	.03325	5.793	8
3	3.500	3.068	.216	9.621	7.393	2.228	1.091	1.245	.05134	7.575	8
3½	4.000	3.548	.226	12.56	9.886	2.680	.954	1.076	.06866	9.109	8
4	4.500	4.026	.237	15.90	12.73	3.174	.848	.948	.08840	10.790	8
5	5.563	5.047	.258	24.30	20.00	4.300	.686	.756	.1389	14.61	8
6	6.625	6.065	.280	34.47	28.89	5.581	.576	.629	.2006	18.97	8
8	8.625	7.981	.322	58.42	50.02	8.399	.442	.478	.3552	28.55	8
10	10.750	10.020	.365	90.76	78.85	11.90	.355	.381	.5476	40.48	8
12	12.750	11.938	.406	127.64	111.9	15.74	.299	.318	.7763	53.6	
14	14.000	13.125	.437	153.94	135.3	18.64	.272	.280	.9354	63.0	
16	16.000	15.000	.500	201.05	176.7	24.35	.238	.254	1.223	78.0	
18	18.000	16.874	.563	254.85	224.0	30.85	.212	.226	1.555	105.0	
20	20.000	18.814	.593	314.15	278.0	36.15	.191	.203	1.926	123.0	
24	24.000	22.626	.687	452.40	402.1	50.30	.159	.169	2.793	171.0	

Anexo 4 Transferencia de calor y masa – Yunus A. Cengel, pág. 854

TABLA A-9
Propiedades del agua saturada

Temp., T/°C	Presión de saturación, P _{sat} , kPa	Densidad, ρ kg/m ³		Entalpia de vaporización, h _{fg} , kJ/kg	Calor específico, c _p , J/kg · K		Conductividad térmica, k W/m · K		Viscosidad dinámica, μ kg/m · s		Número de Prandtl, Pr		Coeficiente de expansión volumétrica, β 1/K
		Líquido	Vapor		Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	
0.01	0.6113	999.8	0.0048	2 501	4 217	1 854	0.561	0.0171	1.792 × 10 ⁻³	0.922 × 10 ⁻⁵	13.5	1.00	-0.068 × 10 ⁻³
5	0.8721	999.9	0.0068	2 490	4 205	1 857	0.571	0.0173	1.519 × 10 ⁻³	0.934 × 10 ⁻⁵	11.2	1.00	0.015 × 10 ⁻³
10	1.2276	999.7	0.0094	2 478	4 194	1 862	0.580	0.0176	1.307 × 10 ⁻³	0.946 × 10 ⁻⁵	9.45	1.00	0.733 × 10 ⁻³
15	1.7051	999.1	0.0128	2 466	4 186	1 863	0.589	0.0179	1.138 × 10 ⁻³	0.959 × 10 ⁻⁵	8.09	1.00	0.138 × 10 ⁻³
20	2.339	998.0	0.0173	2 454	4 182	1 867	0.598	0.0182	1.002 × 10 ⁻³	0.973 × 10 ⁻⁵	7.01	1.00	0.195 × 10 ⁻³
25	3.169	997.0	0.0231	2 442	4 180	1 870	0.607	0.0186	0.891 × 10 ⁻³	0.987 × 10 ⁻⁵	6.14	1.00	0.247 × 10 ⁻³
30	4.246	996.0	0.0304	2 431	4 178	1 875	0.615	0.0189	0.798 × 10 ⁻³	1.001 × 10 ⁻⁵	5.42	1.00	0.294 × 10 ⁻³
35	5.628	994.0	0.0397	2 419	4 178	1 880	0.623	0.0192	0.720 × 10 ⁻³	1.016 × 10 ⁻⁵	4.83	1.00	0.337 × 10 ⁻³
40	7.384	992.1	0.0512	2 407	4 179	1 885	0.631	0.0196	0.653 × 10 ⁻³	1.031 × 10 ⁻⁵	4.32	1.00	0.377 × 10 ⁻³
45	9.593	990.1	0.0655	2 395	4 180	1 892	0.637	0.0200	0.596 × 10 ⁻³	1.046 × 10 ⁻⁵	3.91	1.00	0.415 × 10 ⁻³
50	12.35	988.1	0.0831	2 383	4 181	1 900	0.644	0.0204	0.547 × 10 ⁻³	1.062 × 10 ⁻⁵	3.59	1.00	0.451 × 10 ⁻³
55	15.76	985.2	0.1045	2 371	4 183	1 908	0.649	0.0208	0.504 × 10 ⁻³	1.077 × 10 ⁻⁵	3.25	1.00	0.484 × 10 ⁻³
60	19.94	983.3	0.1304	2 359	4 185	1 916	0.654	0.0212	0.467 × 10 ⁻³	1.093 × 10 ⁻⁵	2.99	1.00	0.517 × 10 ⁻³
65	25.03	980.4	0.1614	2 346	4 187	1 926	0.659	0.0216	0.433 × 10 ⁻³	1.110 × 10 ⁻⁵	2.75	1.00	0.548 × 10 ⁻³
70	31.19	977.5	0.1983	2 334	4 190	1 936	0.663	0.0221	0.404 × 10 ⁻³	1.126 × 10 ⁻⁵	2.55	1.00	0.578 × 10 ⁻³
75	38.58	974.7	0.2421	2 321	4 193	1 948	0.667	0.0225	0.378 × 10 ⁻³	1.142 × 10 ⁻⁵	2.38	1.00	0.607 × 10 ⁻³
80	47.39	971.8	0.2935	2 309	4 197	1 962	0.670	0.0230	0.355 × 10 ⁻³	1.159 × 10 ⁻⁵	2.22	1.00	0.633 × 10 ⁻³
85	57.83	968.1	0.3536	2 296	4 201	1 977	0.673	0.0235	0.333 × 10 ⁻³	1.176 × 10 ⁻⁵	2.08	1.00	0.670 × 10 ⁻³
90	70.14	965.3	0.4235	2 283	4 206	1 993	0.675	0.0240	0.315 × 10 ⁻³	1.193 × 10 ⁻⁵	1.96	1.00	0.702 × 10 ⁻³
95	84.55	961.5	0.5045	2 270	4 212	2 010	0.677	0.0246	0.297 × 10 ⁻³	1.210 × 10 ⁻⁵	1.85	1.00	0.716 × 10 ⁻³
100	101.33	957.9	0.5978	2 257	4 217	2 029	0.679	0.0251	0.282 × 10 ⁻³	1.227 × 10 ⁻⁵	1.75	1.00	0.750 × 10 ⁻³
110	143.27	950.6	0.8263	2 230	4 229	2 071	0.682	0.0262	0.255 × 10 ⁻³	1.261 × 10 ⁻⁵	1.58	1.00	0.798 × 10 ⁻³
120	198.53	943.4	1.121	2 203	4 244	2 120	0.683	0.0275	0.232 × 10 ⁻³	1.296 × 10 ⁻⁵	1.44	1.00	0.858 × 10 ⁻³
130	270.1	934.6	1.496	2 174	4 263	2 177	0.684	0.0288	0.213 × 10 ⁻³	1.330 × 10 ⁻⁵	1.33	1.01	0.913 × 10 ⁻³
140	361.3	921.7	1.965	2 145	4 286	2 244	0.683	0.0301	0.197 × 10 ⁻³	1.365 × 10 ⁻⁵	1.24	1.02	0.970 × 10 ⁻³
150	475.8	916.6	2.546	2 114	4 311	2 314	0.682	0.0316	0.183 × 10 ⁻³	1.399 × 10 ⁻⁵	1.16	1.02	1.025 × 10 ⁻³
160	617.8	907.4	3.256	2 083	4 340	2 420	0.680	0.0331	0.170 × 10 ⁻³	1.434 × 10 ⁻⁵	1.09	1.05	1.145 × 10 ⁻³
170	791.7	897.7	4.119	2 050	4 370	2 490	0.677	0.0347	0.160 × 10 ⁻³	1.468 × 10 ⁻⁵	1.03	1.05	1.178 × 10 ⁻³
180	1 002.1	887.3	5.153	2 015	4 410	2 590	0.673	0.0364	0.150 × 10 ⁻³	1.502 × 10 ⁻⁵	0.983	1.07	1.210 × 10 ⁻³
190	1 254.4	876.4	6.388	1 979	4 460	2 710	0.669	0.0382	0.142 × 10 ⁻³	1.537 × 10 ⁻⁵	0.947	1.09	1.280 × 10 ⁻³
200	1 553.8	864.3	7.852	1 941	4 500	2 840	0.663	0.0401	0.134 × 10 ⁻³	1.571 × 10 ⁻⁵	0.910	1.11	1.350 × 10 ⁻³
220	2 318	840.3	11.60	1 859	4 610	3 110	0.650	0.0442	0.122 × 10 ⁻³	1.641 × 10 ⁻⁵	0.865	1.15	1.520 × 10 ⁻³
240	3 344	813.7	16.73	1 767	4 760	3 520	0.632	0.0487	0.111 × 10 ⁻³	1.712 × 10 ⁻⁵	0.836	1.24	1.720 × 10 ⁻³
260	4 688	783.7	23.69	1 663	4 970	4 070	0.609	0.0540	0.102 × 10 ⁻³	1.788 × 10 ⁻⁵	0.832	1.35	2.000 × 10 ⁻³
280	6 412	750.8	33.15	1 544	5 280	4 835	0.581	0.0605	0.094 × 10 ⁻³	1.870 × 10 ⁻⁵	0.854	1.49	2.380 × 10 ⁻³
300	8 581	713.8	46.15	1 405	5 750	5 980	0.548	0.0695	0.086 × 10 ⁻³	1.965 × 10 ⁻⁵	0.902	1.69	2.950 × 10 ⁻³
320	11 274	667.1	64.57	1 239	6 540	7 900	0.509	0.0836	0.078 × 10 ⁻³	2.084 × 10 ⁻⁵	1.00	1.97	—
340	14 586	610.5	92.62	1 028	8 240	11 870	0.469	0.110	0.070 × 10 ⁻³	2.255 × 10 ⁻⁵	1.23	2.43	—
360	18 651	528.3	144.0	720	14 690	25 800	0.427	0.178	0.060 × 10 ⁻³	2.571 × 10 ⁻⁵	2.06	3.73	—
374.14	22 090	317.0	317.0	0	∞	∞	∞	∞	0.043 × 10 ⁻³	4.313 × 10 ⁻⁵	—	—	—

Nota 1: La viscosidad cinemática ν y la difusividad térmica α se pueden calcular a partir de sus definiciones, $\nu = \mu/\rho$ y $\alpha = k/\rho c_p = \nu/Pr$. Las temperaturas de 0.01°C, 100°C y 374.14°C son las temperaturas de los puntos triple, de ebullición y crítico del agua, respectivamente. Las propiedades cuya lista sea de arriba (excepto la densidad del vapor) se pueden usar a cualquier presión con error despreciable, excepto a temperaturas cercanas al valor del punto crítico.

Nota 2: La unidad kJ/kg · °C, para el calor específico, es equivalente a kJ/kg · K y la unidad W/m · °C, para la conductividad térmica es equivalente a W/m · K.

Fuente: Los datos de la viscosidad y la conductividad térmica se tomaron de J. V. Sengers y J. T. R. Watson, *Journal of Physical and Chemical Reference Data* 15 (1986), págs. 291-1322. Los otros datos se obtuvieron de diversas fuentes o se calcularon.

Anexo 5 Transferencia de calor y masa – Yunus A. Cengel, pág. 854

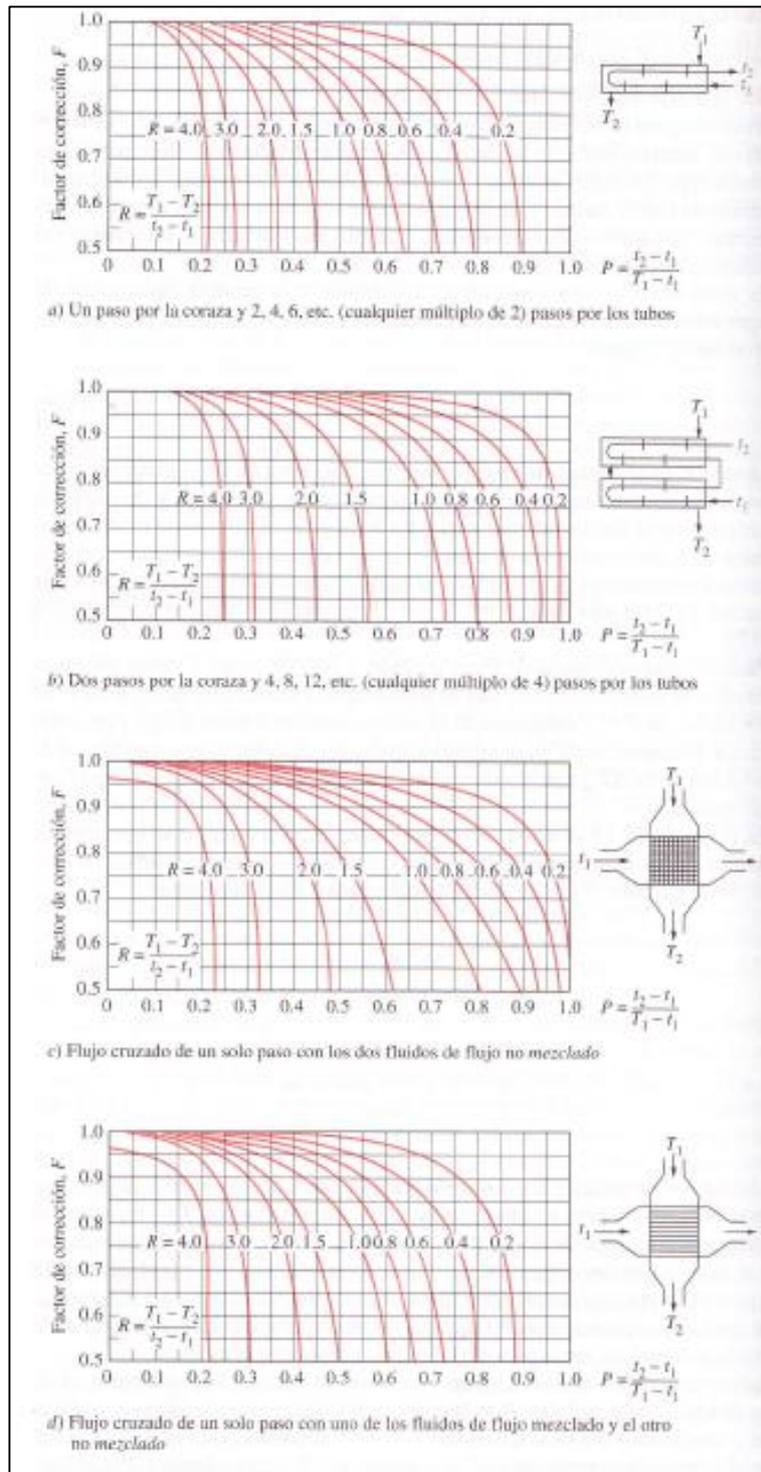
TABLA A-9
Propiedades del agua saturada

Temp., T °C	Presión de saturación, P _{sat} kPa	Densidad, ρ kg/m ³		Entalpía de vaporización, h _{fg} kJ/kg	Calor específico, c _p kJ/kg · K		Conductividad térmica, k W/m · K		Viscosidad dinámica, μ kg/m · s		Número de Prandtl, Pr		Coeficiente de expansión volumétrica, β 1/K
		Líquido	Vapor		Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	
0.01	0.6113	999.8	0.0048	2 501	4 217	1 854	0.561	0.0171	1.792 × 10 ⁻³	0.922 × 10 ⁻⁵	13.5	1.00	-0.068 × 10 ⁻³
5	0.8721	999.9	0.0068	2 490	4 205	1 857	0.571	0.0173	1.519 × 10 ⁻³	0.934 × 10 ⁻⁵	11.2	1.00	0.015 × 10 ⁻³
10	1.2276	999.7	0.0094	2 478	4 194	1 862	0.580	0.0176	1.307 × 10 ⁻³	0.946 × 10 ⁻⁵	9.45	1.00	0.733 × 10 ⁻³
15	1.7051	999.1	0.0128	2 466	4 186	1 863	0.589	0.0179	1.138 × 10 ⁻³	0.959 × 10 ⁻⁵	8.09	1.00	0.138 × 10 ⁻³
20	2.339	998.0	0.0173	2 454	4 182	1 867	0.598	0.0182	1.002 × 10 ⁻³	0.973 × 10 ⁻⁵	7.01	1.00	0.195 × 10 ⁻³
25	3.169	997.0	0.0231	2 442	4 180	1 870	0.607	0.0186	0.891 × 10 ⁻³	0.987 × 10 ⁻⁵	6.14	1.00	0.247 × 10 ⁻³
30	4.246	996.0	0.0304	2 431	4 178	1 875	0.615	0.0189	0.798 × 10 ⁻³	1.001 × 10 ⁻⁵	5.42	1.00	0.294 × 10 ⁻³
35	5.628	994.0	0.0397	2 419	4 178	1 880	0.623	0.0192	0.720 × 10 ⁻³	1.016 × 10 ⁻⁵	4.83	1.00	0.337 × 10 ⁻³
40	7.384	992.1	0.0512	2 407	4 179	1 885	0.631	0.0196	0.653 × 10 ⁻³	1.031 × 10 ⁻⁵	4.32	1.00	0.377 × 10 ⁻³
45	9.593	990.1	0.0655	2 395	4 180	1 892	0.637	0.0200	0.596 × 10 ⁻³	1.046 × 10 ⁻⁵	3.91	1.00	0.415 × 10 ⁻³
50	12.35	988.1	0.0831	2 383	4 181	1 900	0.644	0.0204	0.547 × 10 ⁻³	1.062 × 10 ⁻⁵	3.55	1.00	0.451 × 10 ⁻³
55	15.76	985.2	0.1045	2 371	4 183	1 908	0.649	0.0208	0.504 × 10 ⁻³	1.077 × 10 ⁻⁵	3.25	1.00	0.484 × 10 ⁻³
60	19.94	983.3	0.1304	2 359	4 185	1 916	0.654	0.0212	0.467 × 10 ⁻³	1.093 × 10 ⁻⁵	2.99	1.00	0.517 × 10 ⁻³
65	25.03	980.4	0.1614	2 346	4 187	1 926	0.659	0.0216	0.433 × 10 ⁻³	1.110 × 10 ⁻⁵	2.75	1.00	0.548 × 10 ⁻³
70	31.19	977.5	0.1983	2 334	4 190	1 936	0.663	0.0221	0.404 × 10 ⁻³	1.126 × 10 ⁻⁵	2.55	1.00	0.578 × 10 ⁻³
75	38.58	974.7	0.2421	2 321	4 193	1 948	0.667	0.0225	0.378 × 10 ⁻³	1.142 × 10 ⁻⁵	2.38	1.00	0.607 × 10 ⁻³
80	47.39	971.8	0.2935	2 309	4 197	1 962	0.670	0.0230	0.355 × 10 ⁻³	1.159 × 10 ⁻⁵	2.22	1.00	0.633 × 10 ⁻³
85	57.83	968.1	0.3536	2 296	4 201	1 977	0.673	0.0235	0.333 × 10 ⁻³	1.176 × 10 ⁻⁵	2.08	1.00	0.670 × 10 ⁻³
90	70.14	965.3	0.4235	2 283	4 206	1 993	0.675	0.0240	0.315 × 10 ⁻³	1.193 × 10 ⁻⁵	1.96	1.00	0.702 × 10 ⁻³
95	84.55	961.5	0.5045	2 270	4 212	2 010	0.677	0.0246	0.297 × 10 ⁻³	1.210 × 10 ⁻⁵	1.85	1.00	0.716 × 10 ⁻³
100	101.33	957.9	0.5978	2 257	4 217	2 029	0.679	0.0251	0.282 × 10 ⁻³	1.227 × 10 ⁻⁵	1.75	1.00	0.750 × 10 ⁻³
110	143.27	950.6	0.8263	2 230	4 229	2 071	0.682	0.0262	0.255 × 10 ⁻³	1.261 × 10 ⁻⁵	1.58	1.00	0.798 × 10 ⁻³
120	198.53	943.4	1.121	2 203	4 244	2 120	0.683	0.0275	0.232 × 10 ⁻³	1.296 × 10 ⁻⁵	1.44	1.00	0.858 × 10 ⁻³
130	270.1	934.6	1.496	2 174	4 263	2 177	0.684	0.0288	0.213 × 10 ⁻³	1.330 × 10 ⁻⁵	1.33	1.01	0.913 × 10 ⁻³
140	361.3	921.7	1.965	2 145	4 286	2 244	0.683	0.0301	0.197 × 10 ⁻³	1.365 × 10 ⁻⁵	1.24	1.02	0.970 × 10 ⁻³
150	475.8	916.6	2.546	2 114	4 311	2 314	0.682	0.0316	0.183 × 10 ⁻³	1.399 × 10 ⁻⁵	1.16	1.02	1.025 × 10 ⁻³
160	617.8	907.4	3.256	2 083	4 340	2 420	0.680	0.0331	0.170 × 10 ⁻³	1.434 × 10 ⁻⁵	1.09	1.05	1.145 × 10 ⁻³
170	791.7	897.7	4.119	2 050	4 370	2 490	0.677	0.0347	0.160 × 10 ⁻³	1.468 × 10 ⁻⁵	1.03	1.05	1.178 × 10 ⁻³
180	1 002.1	887.3	5.153	2 015	4 410	2 590	0.673	0.0364	0.150 × 10 ⁻³	1.502 × 10 ⁻⁵	0.983	1.07	1.210 × 10 ⁻³
190	1 254.4	876.4	6.388	1 979	4 460	2 710	0.669	0.0382	0.142 × 10 ⁻³	1.537 × 10 ⁻⁵	0.947	1.09	1.280 × 10 ⁻³
200	1 553.8	864.3	7.852	1 941	4 500	2 840	0.663	0.0401	0.134 × 10 ⁻³	1.571 × 10 ⁻⁵	0.910	1.11	1.350 × 10 ⁻³
220	2 318	840.3	11.60	1 859	4 610	3 110	0.650	0.0442	0.122 × 10 ⁻³	1.641 × 10 ⁻⁵	0.865	1.15	1.520 × 10 ⁻³
240	3 344	813.7	16.73	1 767	4 760	3 520	0.632	0.0487	0.111 × 10 ⁻³	1.712 × 10 ⁻⁵	0.836	1.24	1.720 × 10 ⁻³
260	4 688	783.7	23.69	1 663	4 970	4 070	0.609	0.0540	0.102 × 10 ⁻³	1.788 × 10 ⁻⁵	0.832	1.35	2.000 × 10 ⁻³
280	6 412	750.8	33.15	1 544	5 280	4 835	0.581	0.0505	0.094 × 10 ⁻³	1.870 × 10 ⁻⁵	0.854	1.49	2.380 × 10 ⁻³
300	8 581	713.8	46.15	1 405	5 750	5 980	0.548	0.0695	0.086 × 10 ⁻³	1.965 × 10 ⁻⁵	0.902	1.69	2.950 × 10 ⁻³
320	11 274	667.1	64.57	1 239	6 540	7 900	0.509	0.0836	0.078 × 10 ⁻³	2.084 × 10 ⁻⁵	1.00	1.97	—
340	14 586	610.5	92.62	1 028	8 240	11 870	0.469	0.110	0.070 × 10 ⁻³	2.255 × 10 ⁻⁵	1.23	2.43	—
360	18 651	528.3	144.0	720	14 690	25 800	0.427	0.178	0.060 × 10 ⁻³	2.571 × 10 ⁻⁵	2.06	3.73	—
374.14	22 090	317.0	317.0	0	∞	∞	∞	∞	0.043 × 10 ⁻³	4.313 × 10 ⁻⁵	—	—	—

Nota 1: La viscosidad cinemática ν y la difusividad térmica α se pueden calcular a partir de sus definiciones, $\nu = \mu/\rho$ y $\alpha = k/\rho c_p = \nu/Pr$. Las temperaturas de 0.01°C, 100°C y 374.14°C son las temperaturas de los puntos triple, de ebullición y crítico del agua, respectivamente. Las propiedades cuya lista se da arriba (excepto la densidad del vapor) se pueden usar a cualquier presión con error despreciable, excepto a temperaturas cercanas al valor del punto crítico.

Nota 2: La unidad kJ/kg · °C, para el calor específico, es equivalente a kJ/kg · K y la unidad W/m · °C, para la conductividad térmica es equivalente a W/m · K.

Fuente: Los datos de la viscosidad y la conductividad térmica se tomaron de J. V. Sengers y J. T. R. Watson, *Journal of Physical and Chemical Reference Data* 15 (1996), págs. 291-1322. Los otros datos se obtuvieron de diversas fuentes o se calcularon.



Anexo 7 Resultados del programa Ecwin

FIBERGLASS COLOMBIA S.A.

Hoja de Resultados

Cliente : roberth
Proyecto : extractor

Tuberías Servicio en Caliente

Datos de Entrada
Temperatura Ambiente 25 °C
Temperatura Operación 153 °C
Emisividad 0.2
Velocidad del Viento Nula
Orientación Vertical

Resultados Recomendados

Espesor Recomendado 3,5 Pulgadas
Temperatura Superficial 27,99 °C

Calculo de Pérdidas

Qa = Calor Disipado aún con aislamiento 102,74 Watt/Metro.Hr
Qd = Calor Disipado con la superficie desnuda 3.804,52 Watt/Metro.Hr
Eficiencia del Aislamiento 97,30 %

Tabla de Sensibilidades

Espesores	Temp. Sup.	Qa	Qd	Ef. Aislam
0"	153	3.804,52	3.804,52	0
0.5"	35,96	333,90	3.804,52	91,22
1"	32,73	237,46	3.804,52	93,76
1.5"	30,94	185,70	3.804,52	95,12
2"	29,80	153,36	3.804,52	95,97
2.5"	29,01	131,22	3.804,52	96,55
3"	28,43	115,11	3.804,52	96,97
3.5"	27,99	102,74	3.804,52	97,30
4"	27,64	93,22	3.804,52	97,55
4.5"	27,36	85,33	3.804,52	97,76
5"	27,13	79,03	3.804,52	97,92
5.5"	26,94	73,60	3.804,52	98,07
6"	26,77	68,90	3.804,52	98,19
6.5"	26,63	65,03	3.804,52	98,29

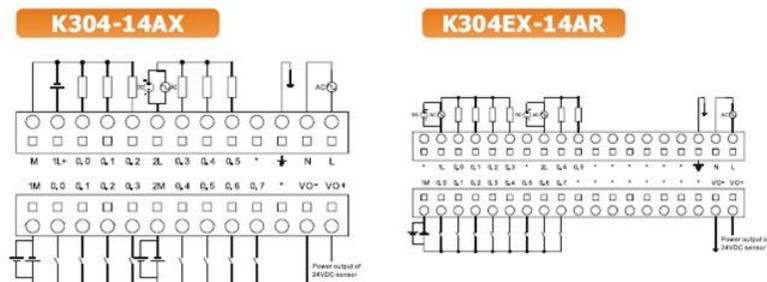
CENTRO DE DIAGNOSTICO TERMICO- FIBERGLASS COLOMBIA S.A
LINEA GRATUITA 01800091979
sábado, 31 de mayo de 2014

Anexo 8 Parámetros técnicos de plc kinco k304ex-14ar

Modelo	CPU304EX
	K304EX-14AR
Especificación Técnica	
UPC	16-bit industrial
Velocidad de ejecución	Bool Típico tiempo de instrucción: <0,5 mS
	Tiempo de operación Palabra: <48μS
	Tiempo de operación aritmética de enteros: <65μS
	Tiempo de operación aritmética de puntos flotantes: <150μS
Puntos DI	8XDC24V
HACER Puntos	6Xrelay
Memoria de programa de usuario	FRAM, 8 KB / unos 1.200 pasos
Copia de seguridad de programa	El almacenamiento permanente, sin la necesidad de la batería
Área de memoria	Área de almacenamiento de variables (zona V): 4 KB
	Área de almacenamiento del sistema (área SM): 300 bytes
	Área de almacenamiento interno (área M): 32 bytes
Retención de Datos característicos	Configure la programación de software: Área V zona, C (contador)
Modo de Retención y Período	Adoptar súper-condensadores y apoyar un período de retención de no menos de 144 horas en caso de fallo de energía a temperaturas normales.
Copia de seguridad de datos Característica	Realizar operaciones de copia de seguridad VB3648 ~ VB3902 de acuerdo con las instrucciones de uso, 255 bytes en total
Modo de copia de seguridad y la hora	FRAM, 255 bytes en total (operación de escritura de 10 mil millones de veces), copia de seguridad permanente
Floating Points	Apoyado; toda la zona V se puede utilizar para puntos flotantes
Lenguaje de programación soportados	Escalera Dibujo (LD), Lista de instrucciones (IL)
Juego de operaciones	Instrucciones básicas: 55; instrucciones de expansión: 252
Protección de contraseña	Sí
Max. I / O	Los datos digitales: 78 en total (64 DI y 64 DO respectivamente); Datos analógico: 16 en total (16 AI y AO 16, respectivamente)
Contador	128
Modo de operación del contador	Suma, resta
Rango Contador	-32768 ~ 32767
Contando Función Valor de retención	Sí
Timer	128
	1 ms base de tiempo: 4
	10 ms base de tiempo: 16
	100 ms base de tiempo: 108
Contador de alta velocidad	6 contadores de alta velocidad
	donde, contadores monofásicos: 6, con una frecuencia máxima de 30 KHz

	donde, contadores de doble fase: 4, con una frecuencia máxima de 20 KHz
Potenciómetro analógico	2, resolución de 10 bits, los valores correspondientes a los registros internos
Función Interrupción	Interrupción Timing: 2, resolución de 1 ms;
	Timer interrupción: T2 / T3, resolución de 1 ms;
	Interrupción Edge: 4, flanco ascendente o descendente opcional;
Reloj en tiempo real	Interrupción de alta velocidad, interrupción de la comunicación
	Sí, con un error no superior a 2 minutos / mes bajo una temperatura de 25 ° C
	El usuario puede utilizar el software para configurar / leer: año, mes, día, hora, minuto, segundo, la semana. Las baterías de reserva se utilizan para suministrar energía para el reloj en tiempo real en caso de fallo de alimentación. Bajo condiciones normales de temperatura, el período de retención acumulativo del reloj en tiempo real en caso de fallo de energía es de hasta 50.000 horas.
Número de módulos de expansión conectables	4; independientemente de los tipos
Puerto COM	1, RS232 o RS485;
	Compatibles modos de trabajo: Programación, Modbus-RTU (esclavo), protocolo gratuito
El equipo conectado con el puerto COM	RS232 / RS485: PC (para la programación), tercer panel HMI, otro fabricante de equipos de comunicación en serie (por ejemplo, instrumentos, lector de código de barras, etc.)
Entrada de la fuente de alimentación	AC85 ~ 265V
Sensor de Carga Alimentación	DC24V, máx. 500 mA
Dimensiones (L * W * H)	125X114X70

Diagrama de cableado



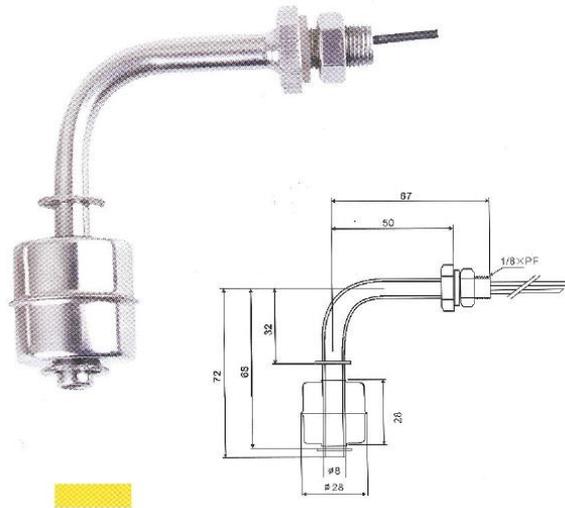
Anexo 9 Especificaciones técnicas del módulo de ampliación pm331 modelo k331-04rd

Modelo		K331-04RD
Número de canales		4
Formulario de señal		pt100: 150 ~ 800C Cu50 ~ 50 ~ 150C
Precisión de la medida		0.1% FS
Calificación de fuente de alimentación		DC24V, \geq 75 mA
Indicación de estado		El LED rojo de cada canal indica si la señal de entrada excede el rango de medición.
Ocupado Espacio de direcciones	AI Área de Imagen	8 bytes
	AO Área de Imagen	-
Dimensiones y peso	Dimensiones (L W x H x)	114 x 50 x 70 mm
	Peso Neto	132g

EBCHQ

52920

MINI –Float Switch



HT 304-2

1. Tensión nominal 220VAC / 24 VDC
2. Corriente Nominal 0.8 A
3. Impedancia de aislamiento 10M Ω
4. Temperaturas de aplicación -10°C - 130°C
5. Presión de aplicación 20/ 50 Pa

Anexo 11 Especificaciones técnicas de la válvula solenoide

EBCHQ

VÁLVULA SOLENOIDE USO GENERAL Y GAS 2 VÍAS
NORMALMENTE CERRADA GAMA BAJA 110 VAC

91142



Válvulas solenoides uso

general y gas 2 vías
Normalmente cerrada
Gama baja 110 VAC
91142 EBCHQ Catalogo

Español www.viaindustrial.com

91142

Presión de Trabajo: 0-7Kg/cm² / 0-99.5 PSI

Voltaje: 110VAC

Estado Inicial: NC

Conexión: 1/2" NPT

Paso de Flujo: 16mm

Temperatura de Operación : -5 a +80°C

Medio de Trabajo: Aire, Agua, Aceite, Gas

Anexo 12 Componentes del cableado

SOLUCIONES EN ACCESORIOS ELÉCTRICOS INDUSTRIALES



Prensaestopas o pasacables



P. 59
Conector Glandula
IP 55 e IP 68

Canaleta ranurada
Lina 25™



P. 61
Lina 25™

Terminales de punta Starfix™



P. 63
Tabla de selección



P. 64
Starfix™

Collarines Colson™ y Colring™



P. 66
Collarines Colring™



P. 68
Collarines Colson™

Anexo 13 Práctica de extracción de aceite de romero

		UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL. SEDE SANTO DOMINGO FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA			
CARRERA		NIVEL	CÓDIGO	ASIGNATURA	
Ingeniería Electromecánica					
PRÁCTICA No.	LABORATORIO	NOMBRE DE LA PRÁCTICA		FECHA	TIEMPO
1	<i>Laboratorio de agroindustrias</i>	<i>Extracción de aceite esencial de romero por el método de arrastre de vapor</i>			3 horas
1.	PROPÓSITO				
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Obtener aceite esencial a partir de hojas de romero, empleando el método de destilación por arrastre de vapor</i> 				
2.	OBJETIVOS				
	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar los principios fundamentales del método de destilación por arrastre de vapor. • Separar el aceite esencial del destilado, implementando una separación por gravedad o decantación. • Caracterizar el aceite obtenido, determinando su densidad e índice de refracción • Realizar el control del proceso mediante el HMI. 				
3.	FUNDAMENTO TEÓRICO				
<p>Introducción</p> <p>Los aceites esenciales son sustancias muy apetecidas y de gran valor comercial debido a su difícil obtención y a las diferentes propiedades con las que cuenta cada tipo de planta. Además de su agradable olor, el romero posee varias cualidades medicinales, por lo que es empleado como desinflamante, expectorante, analgésico, aromatizante y desinfectante. La técnica de extracción por arrastre con vapor permite aprovechar totalmente las propiedades de la planta, ya que ésta no entra en contacto con el agua durante el proceso, el método por arrastre de vapor permite separar aceites esenciales de tejidos vegetales que luego será condensado y gracias a la inmiscibilidad del aceite y el agua, se podrá obtener fácilmente el aceite esencial.</p> <p>Aceite Esencial</p> <p>Los aceites esenciales son compuestos formados por varias sustancias orgánicas volátiles, que pueden ser alcoholes, acetonas, cetonas, éteres, aldehídos, y que se producen y almacenan en los canales secretores de las plantas. Normalmente son líquidos a temperatura ambiente, y por su volatilidad, son extraíbles por destilación en corriente de vapor de agua, aunque existen otros métodos. En general son los responsables del olor de las plantas.</p>					

Características

Los aceites esenciales, en general, constituyen del 0.1 al 1% del peso seco de la planta. Son líquidos con escasa solubilidad en agua, solubles en alcoholes y en disolventes orgánicos. Cuando están frescos, a temperatura ambiente, son incoloros, pero al oxidarse se resinifican y toman un color amarillento oscuro (lo que se previene depositándolos en recipientes de vidrio de color topacio, totalmente llenos y cerrados herméticamente). La mayoría de los aceites son menos densos que el agua (salvo excepciones como los aceites esenciales de canela, sazafrán y clavo) y con un alto índice de refracción.

Plantas Aromáticas

Son aquellas que pueden generar por algún proceso fisicoquímico un producto aromático, entendiéndose por éstos a los que tienen un olor o un sabor determinado, sin evaluar su calidad comercial o estética.

Romero

El romero es un arbusto leñoso de hojas perennes muy ramificado y ocasionalmente achaparrado y que puede llegar a medir 2 metros de altura. Las hojas, pequeñas y muy abundantes, presentan forma lineal. Son opuestas, sésiles, enteras, con los bordes hacia abajo y de un color verde oscuro, Las flores son de unos 5 mm de largo

Propiedades

El romero presenta las siguientes propiedades:

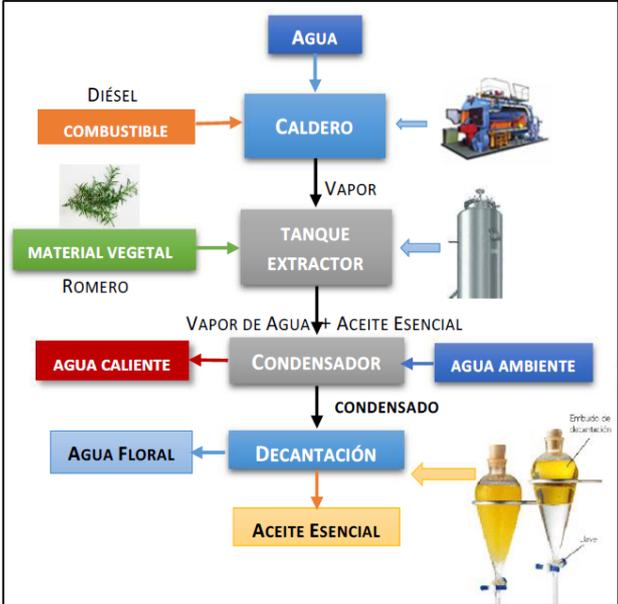
- *Medicinales:* tiene efectos estimulantes y tónicos; favorece la recuperación de las enfermedades respiratorias y ayuda superar las afecciones del hígado.
- *Culinarias:* es un estupendo condimento que resalta el sabor de las comidas, especialmente con carnes estofadas o a la parrilla, siempre que se utilice con prudencia puesto que su sabor es bastante fuerte. Unas cuantas hojitas espolvoreadas sobre ensalada le dan un toque de sabor mediterráneo

Tabla de Propiedades Físico- Químicas del aceite de romero

Propiedades Físico - Químicas del Romero	
Componentes Químicos	d-alcanfor, cineol, alcanfor, α -pineno, canfeno, β - cariofileno, ácido Acético.
Índice de Ester	16.84
Índice de refracción	1.4701
Índice de acidez	0.77
Densidad Relativa 20°C	0.9170 gr/ce.
Solubilidad	Inmisible en agua
Aspecto	líquido límpido, amarillento
Olor	Característico – alcanforado
Sabor	amargo

4. RECURSOS	
EQUIPO DE LABORATORIO	MATERIAL Y EQUIPO DE APOYO
<ol style="list-style-type: none"> 1. Caldero 2. Equipo de Extracción 3. Intercambiador de calor 4. Decantador (Vaso Separador) 5. Tablero de Control HMI 6. Balanza Digital 7. Cutter Industrial 8. Material Vegetal (Romero) 	<ul style="list-style-type: none"> • Guía de laboratorio. • Pizarrón • Marcadores Tiza líquida. • Cronometro • Computador • Llave Inglesa • Llave de Tubo • Manguera de Agua • Combustible 5 galones (diésel)

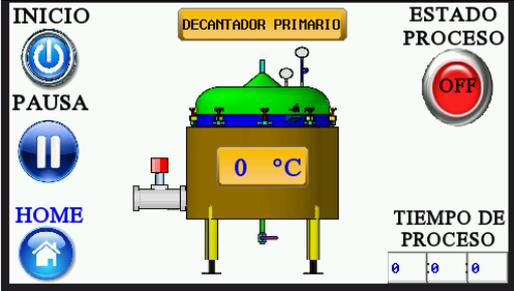
5. ESQUEMA DEL PROCESO



6. PROCEDIMIENTO

6.1	Reducción de Tamaño del material vegetal	<p>Generalmente las hojas del romero son pequeñas lo único que se les hace es trocear las ramas por la mitad y ubicarlas dentro de un contenedor o funda.</p> 
-----	--	--

6.2	Peso del Materia Vegetal	<p>Una vez troceado las ramas de romero y ubicadas en una funda se realiza el control de peso que debe ser desde los 10 Kg para realizar el proceso.</p> 
6.3	Revisión del equipo de extracción	<p>Revisar estado de los elementos constitutivos de equipo de extracción, la Flauta de distribución de vapor no se encuentre obstruida, que el empaque de teflón se encuentre en buen estado y la tapa que sirve como colador se encuentre limpia ya que esta separa el material vegetal</p> 
6.4	Introducción del Material Vegetal en el equipo de extracción	<p>Se introduce el material vegetal dentro del equipo de extracción</p> 
6.5	Ajuste de la Tapa del equipo de extracción	<p>Se sella el equipo con la tapa y se lo asegura con los pernos de sujeción para evitar fugas de vapor y se acopla la tubería del condensador.</p> 
6.6	Preparación de tomas de agua	<p>Mediante el uso de una manguera para ingreso de agua se conecta al intercambiador de calor que servirá como refrigerante y adicional se acopla el vaso separador (decantador) a la salida del condensado para la obtención del aceite .</p>

6.7	Encendido del Caldero inicio del proceso	Antes de prender el caldero se revisa el combustible, el agua para el caldero, las purgas, una vez revisado todo se inicia el proceso mediante el tablero de control y se acciona la válvula de ingreso de vapor.
6.8	Inicio de Proceso de Extracción	<p>El proceso se inicia ingresando los parámetros de temperatura para la extracción del aceite, se revisa el equipo de extracción que no existan fugas y se inicia el proceso, se activa la electroválvula</p> 
6.9	Purga de Proceso	Al momento de iniciar el proceso se realiza la primera purga para eliminar el condensado que hay en la línea de vapor y durante el proceso se la realiza cada 30 minutos.
6.10	Condensación- Decantación	Una vez iniciado el proceso de condensación empieza a caer al decantador agua y aceite, el aceite se deposita en la parte superior por la diferencia de densidad y el agua se deposita en la parte inferior.
6.11	Fin de proceso extracción	<p>Se para el proceso en el HMI una vez que ya no se extraiga aceite después de un tiempo determinado.</p> 
6.12	Fin de proceso de caldero	Se detiene el proceso del calero en el tablero de control y se cierra la válvula de vapor, la válvula de combustible, y la válvula de ingreso de agua.
6.13	Limpieza del Equipo	<p>Se cierra el ingreso de agua al condensador, y se extrae el material proceso del equipo de extracción, y se procede con la limpieza del equipo</p> 
6.13	Separación	Una vez terminado el proceso se separa el aceite y mide la cantidad de aceite extraído mediante una probeta graduada.

6.14	Análisis	El aceite extraído se lo envía al laboratorio de química de la UTE para que realicen los análisis químicos del aceite extraído.
7.	CUESTIONARIO	
	<ul style="list-style-type: none"> • Que observaciones se deben realizar para realizar un proceso industrial a través del PLC y HMI. • Que tiempo es el más óptimo para la extracción de un aceite esencial • Que cantidad mínima Kg de material vegetal se puede extraer aceite esencial • Como Ud. Verifica que su proceso está en óptimas condiciones de funcionamiento. • Qué ventajas puede acotar en el uso de un sistema controlado con un HMI. • Que implementos de seguridad y limpieza son necesarios para el Equipo. 	
8.	CONCLUSIONES	
9.	RECOMENDACIONES	
10.	BIBLIOGRAFÍA	
	<ul style="list-style-type: none"> • http://www.enbuenasmanos.com/articulos/muestra.asp?art=107 • http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lpro/ramirez_c_mp/capitulo6.pdf • http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/sectores/aromaticas/publicaciones 	

Anexo 14 Manual de usuario equipo de extracción de aceites esenciales

Introducción

El propósito del manual del usuario es proporcionar información específica acerca del proceso de extracción de aceites esenciales. Además, proporciona la información necesaria para utilizar de manera segura y eficaz el equipo de extracción de aceites esenciales. Contiene las instrucciones para el montaje, la instalación y operación del equipo

Seguridad.

Los operadores están conscientes del peligro a que se exponen al manejar indebidamente o maltratar las herramientas y equipos.

Precauciones de seguridad.

Equipos y Dispositivos Eléctricos.

- Tener una correcta instalación eléctrica (110V)
- No tocar las partes y dispositivos eléctricos con la piel desnuda, los guantes o la ropa mojada.
- Asegúrese que la posición de trabajo sea la más segura.
- Asegurarse del buen estado de los equipos eléctricos y conductores por sobrecalentamientos
- Puede matar

Dispositivos Térmicos.

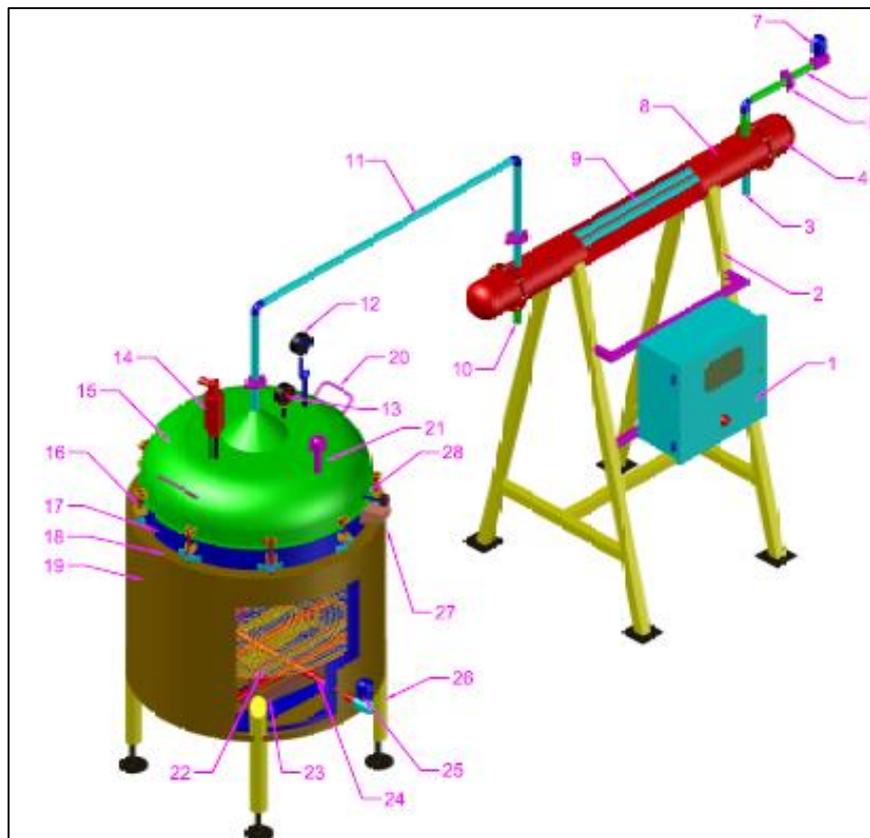
Usos de vapor de agua

- Existe riesgo de quemaduras
- Revisión constante de los dispositivos de medición tanto de presión como temperatura
- Revisión de los niveles de agua y combustible y válvulas de ingreso de vapor.
- Observar el estado de la línea de vapor, evitar fugas de vapor.
- Asegurarse que el equipo de extracción se cierre herméticamente y se asegure con los pernos de sujeción de la tapa.
- Visualizar el estado de los empaques del equipo de extracción
- Revisión constantes de manómetros existe riesgos de sobrepresiones
- Manipulación del equipo con guantes térmicos.

Componentes del Equipo de Extracción de Aceites Esenciales

N°	Cantidad	Descripción
1	1	Tablero eléctrico
2	1	Base del intercambiador
3	1	Salida de condensado
4	2	tapas de intercambiador
5	4	uniones tipo claps
6	1	tubería de agua
7	1	válvula de agua
8	1	cuerpo del intercambiador de calor
9	1	serpentín del intercambiador de calor
10	1	salida de agua
11	1	tubería de condensado
12	1	manómetro analógico
13	1	termómetro análogo
14	1	válvula de seguridad
15	1	tapa de extractor de aceite
16	9	seguros para cierre hermético de la tapa
17	1	cuerpo del extractor de aceites
18	1	aislamiento térmico

19	1	recubrimiento de aislante térmico
20	2	soportes para la apertura y cierre de la tapa
21	1	Pt-100
22	1	rejilla
23	1	soporte de la flauta de vapor
24	1	flauta distribuidor de vapor
25	1	solenoides para vapor
26	4	base regulable te extractor de aceites
27	1	Sensor de contacto de la tapa
28	2	Empaques



REGLAS DE OPERACIÓN

- Precaución
- Conectar la energía 110V (fuente de poder).
- Revisar conexiones a tierra.
- Comprobar que se encuentren en posición OFF las electroválvulas Y válvulas que intervienen en la línea de vapor.

- Preparar toma de agua de refrigeración.
- Verificar que Selector del HMI se encuentre en posición OFF.
- Revisar que antes de iniciar con el proceso el equipo se encuentre limpio y sin sustancias ajenas al proceso de extracción

Operaciones.

1. Conectar el tablero de control a la fuente de poder 110V
2. Poner el selector de encendido en posición ON
3. Verificar que el HMI y el PLC se encuentren encendidos.
4. Se inicia el HMI con las pantallas de información de los estudiantes y del proyecto, se ingresa a la pantalla de menú y se selecciona el proceso.
5. Se selecciona el proceso nos lleva a una ventana donde hay programas de extracción de un aceite esencial de forma automática y también permite realizar de manera manual la extracción del aceite esencial dependiendo del material vegetal a extraer y se inicial él proceso.



6. En el proceso manual se selecciona se selecciona la temperatura de trabaja para realizar el proceso de extracción.
7. Comprobar el sistema de refrigeración: el operador verifica la toma de agua y sus respectivas conexiones antes de comenzar la extracción de aceites esenciales. Revisar que los pernos que aseguran la tapa se encuentre bien cerrados y asegurados brindando un cierre hermético al tanque de extracción.

8. Durante el proceso de extracción de aceites esenciales.
9. se debe realizar purgas al proceso cada 30 minutos.

Mantenimiento del equipo de extracción

“Antes de realizar cualquier actividad de mantenimiento debemos verificar que el equipo no esté conectado a la red de energía y que el caldero se encuentre apagado y la válvula de ingreso de vapor se encuentre en posición en OFF y la línea de vapor se encuentre sin presión y sin vapor”.

El equipo de extracción es una maquina diseñada en acero inoxidable que trabaja con temperatura y presión, por lo cual requiere la realización de mantenimiento tanto preventivo como correctivo de ser necesario.

El mantenimiento garantiza el buen funcionamiento del equipo al operador del equipo, además de evitar pérdidas económicas por la paralización de máquina y disminuir los costos de reparación.

- Mantenimiento Preventivo
- Mantenimiento Correctivo

Mantenimiento Diario de Rutina

Este tipo de mantenimiento se realiza a diario siempre que se programe el uso del equipo de extracción, ya que el primer objetivo del mantenimiento es evitar o mitigar las consecuencias de los fallos del equipo, logrando prevenir las incidencias antes de que estas ocurran.

- Comprobar el buen funcionamiento de los instrumentos de medición
- Verificar que no existan fugas de vapor o agua en el proceso de extracción
- Inspeccionar que el equipo se encuentre limpio y sin sustancias ajenas al proceso de extracción y así modifique las características de aceite extraído.

- Comprobar el estado de las válvulas de suministro de agua, vapor y válvula de purga
- Comprobar el estado de los cables conductores y del suministro de energía sea el adecuado.
- Realizar la limpieza del equipo tanto interior como exterior una vez finalizado el uso del equipo.

Mantenimiento Mensual

Para realizar un mantenimiento mensual se tomara las siguientes consideraciones

- Comprobar el estado de teflón que sella herméticamente el extractor de aceites esenciales
- Verificar los cauchos que sirven de sello de las tapas del intercambiador de calor
- Verificar el estado de los pernos de las tapas de intercambiador de calor
- Verificar las bobina del solenoide que no existan ruidos extraños que son sinónimo de sobrecalentamiento.
- Revisar la instalación de la línea de vapor y corregir fugas.

Anexo 15 Programación Ladder del PLC

MAIN Printed:

2015-03-03 00:00:14

Project Name: Extractor de aceite PLC

POU Name: MAIN

Created: 2015-03-02 23:58:26

Modified: 2015-01-18 13:26:50

MAIN Printed:

2015-03-03 00:00:14

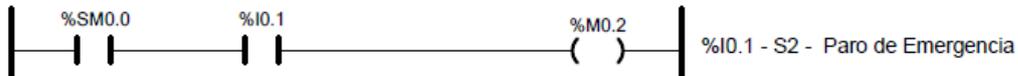
(* Network 0 *)

(* Condición de seguridad: Sensor de tapa *)



(* Network 1 *)

(* Condición de seguridad: Paro de emergencia *)



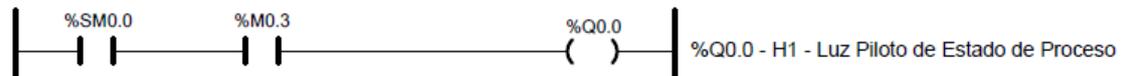
(* Network 2 *)

(* Condición de seguridad: Cierra electroválvula *)



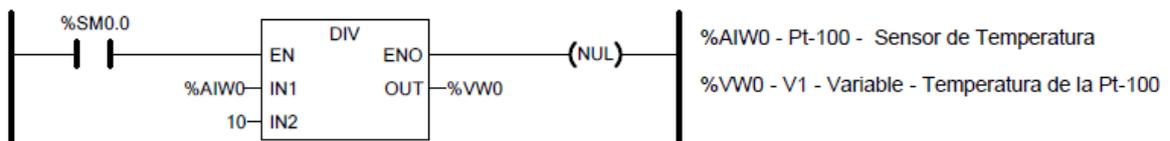
(* Network 3 *)

(* Estado del proceso *)



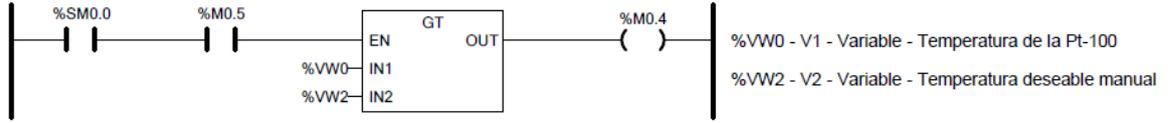
(* Network 4 *)

(* Temperatura de Pt100 *)



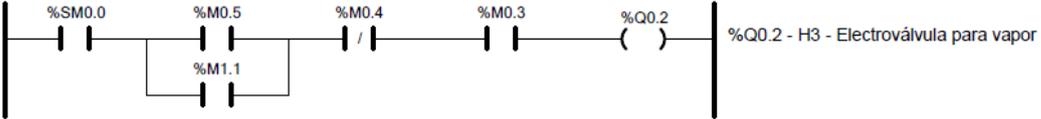
(* Network 5 *)

(* Cierre de electroválvula por sobretemperatura manual *)



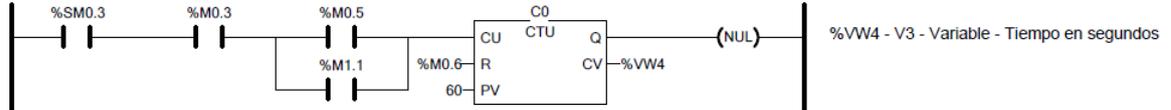
(* Network 6 *)

(* Apertura o cierre de electroválvula en proceso *)



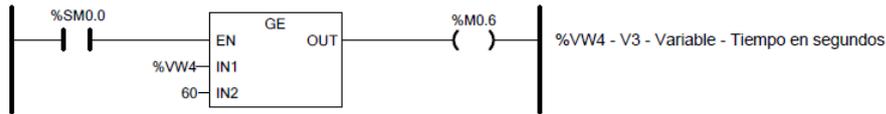
(* Network 7 *)

(* Tiempo en segundos *)



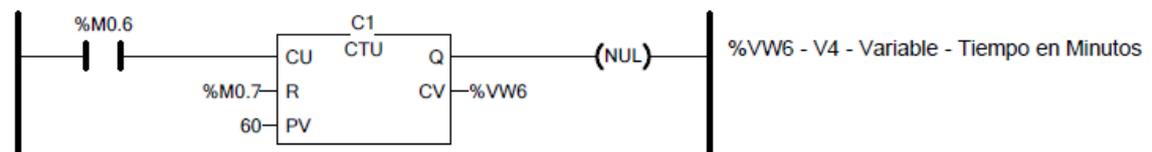
(* Network 8 *)

(* Reset segundos *)



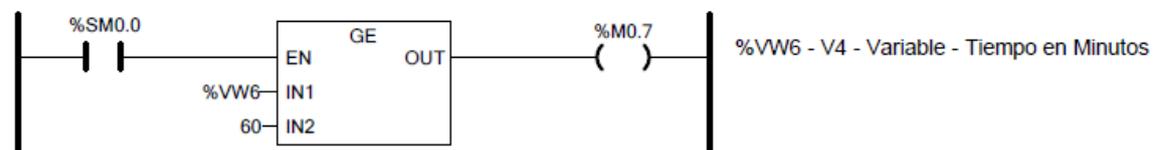
(* Network 9 *)

(* Tiempo en minutos *)



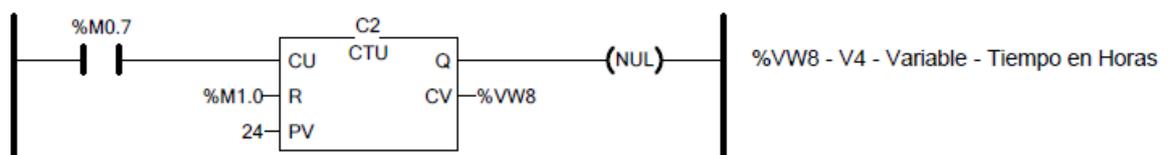
(* Network 10 *)

(* Reset minutos *)

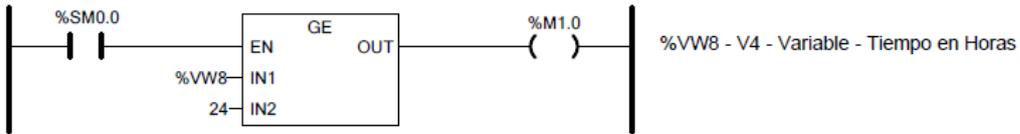


(* Network 11 *)

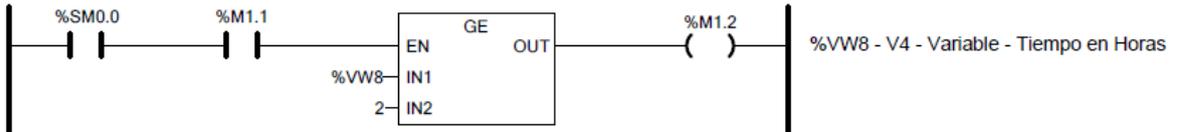
(* Tiempo horas *)



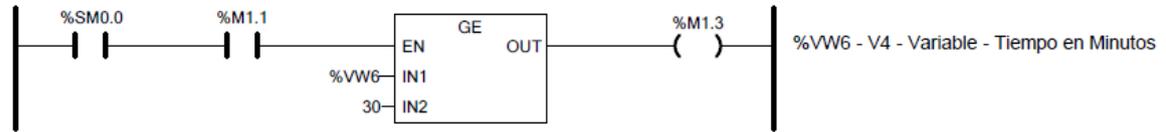
(* Network 12 *)
 (* Reset horas *)



(* Network 13 *)
 (* Inicio proceso automatizado 1 *)



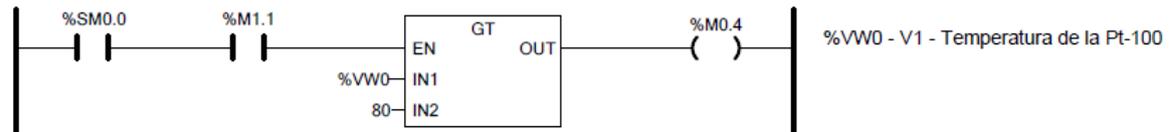
(* Network 14 *)
 (* Inicio proceso automatizado 2 *)



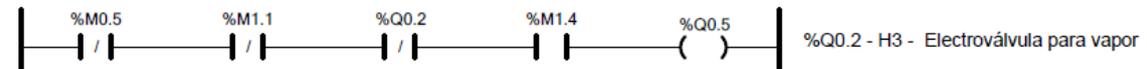
(* Network 15 *)
 (* Condición de paro de automatización *)



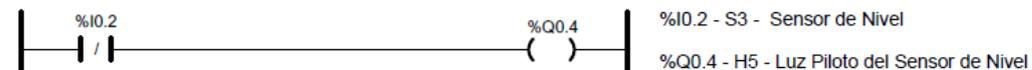
(* Network 16 *)
 (* Cierre de electroválvula por sobret temperatura automático *)



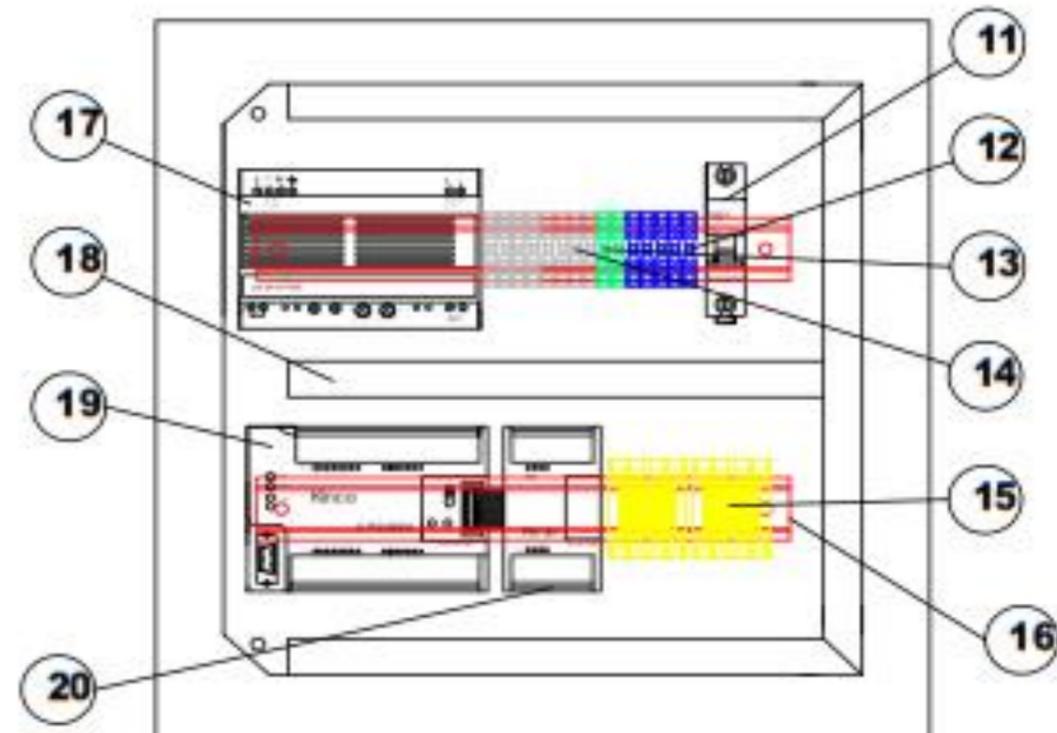
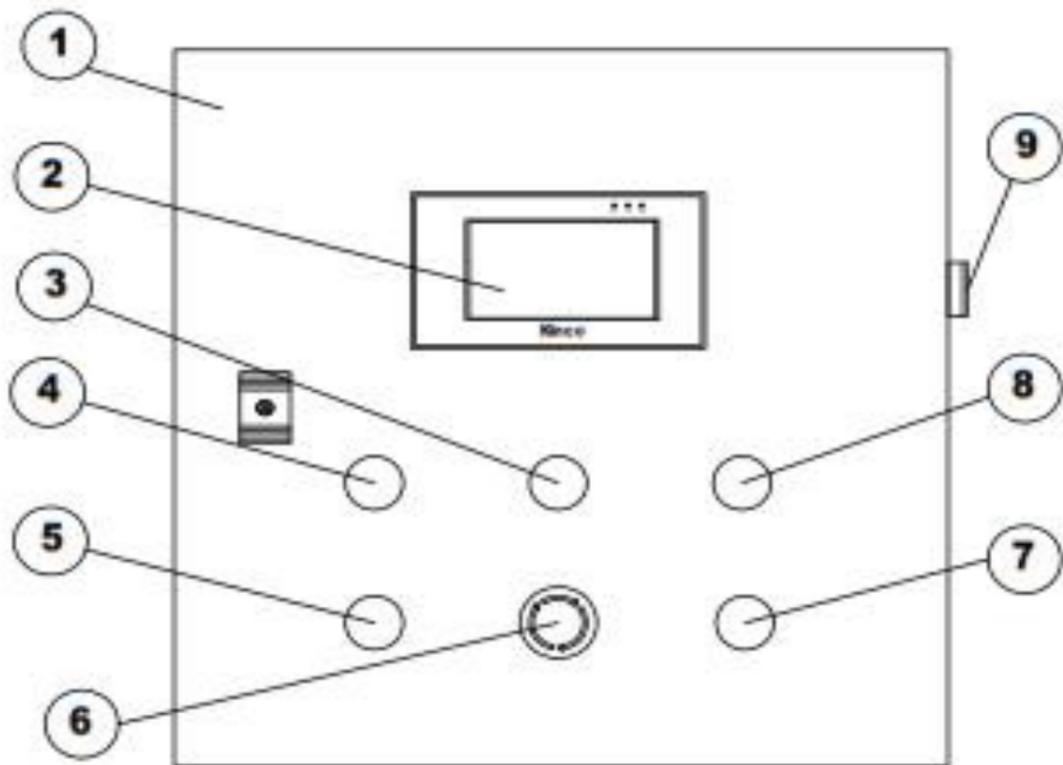
(* Network 17 *)
 (* Control manual de electroválvula del decantador *)



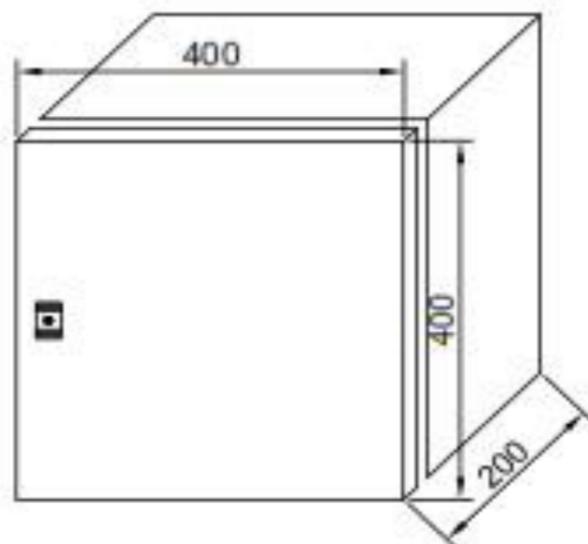
(* Network 18 *)
 (* Funcionamiento del sensor de nivel *)



PLANOS ELÉCTRICOS



Dimensiones de Fabrica
Tablero Eléctrico



20	1	Modulo Analógico	Kinco K331-04RD
19	1	PIC	Kinco CPU304 EX
18	3	Canaleta Ranurada	Plastico
17	1	Fuente de Poder	Super power 24 V
16	2	Riel DIN	Metalico
15	2	Relé	Camsco 8 Rines 24 V
14	8	Borneras de Neutro	Plásticas color gris
13	1	Borneras de Tierra	Plásticas color Verde - Amarillo
12	1	Borneras de Fase	Plásticas color Celeste
11	1		
10	1	Breaker	Camsco 10 Amp
9	1	Selector	Camsco Encendido ON/OFF
8	1	Pulsante	Paro de Emergencia
7	1	Luz Piloto 5	Electrovalvula de Agua
6	1	Luz Piloto 4	Sensor de nivel
5	1	Luz Piloto 3	Alarma
4	1	Luz Piloto 2	Electrovalvula de Vapor
3	1	Luz Piloto 1	Proceso
2	1	HMI	Kinco MI 200
1	1	tablero eléctrico 400x400x200	Metalico
Nº	CANT	DESCRIPCION	OBSERVACIONES

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

PROYECTO: TESIS

DISEÑO: DEFAZ / YAGUANA

REVISÓ: ING. JORGE TERÁN

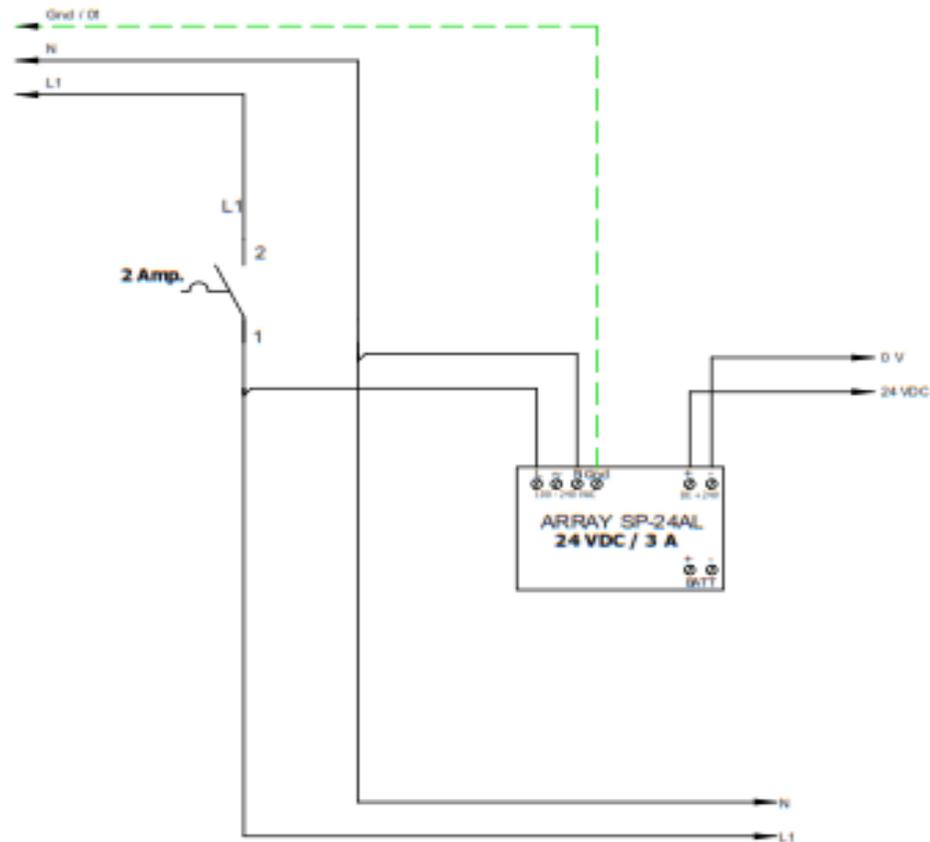
CONTIENE:

DISTRIBUCIÓN DEL
TABLERO DE CONTROL

FECHA: 03-11-2014

ESCALA: 1:5

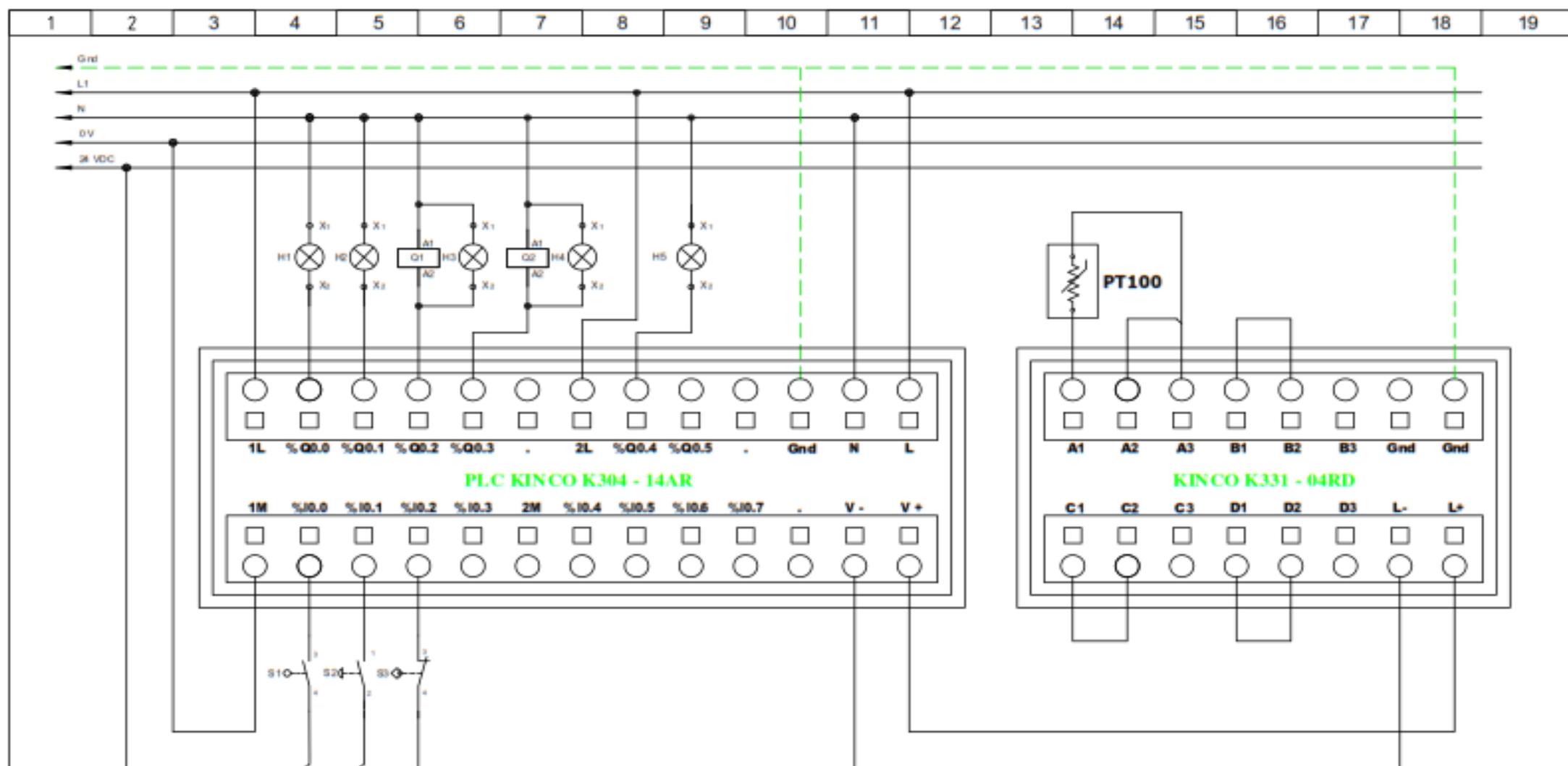
LAMINA: 1 - 1



Proyecto: Extractor de aceites esenciales
ESCUELA DE ING. ELECTROMECAÁNICA
Aprobó: Ing. Javier Díaz Msc.

DIAGRAMA DE CONEXIONADO

Diseñó: Cristhian Defaz Robertth Yaguana	
FECHA: 10/01/2014	REV:
CÓDIGO: CDE	LÁMINA #1 de 2



Proyecto: Extractor de aceites
esenciales

ESCUELA DE ING. ELECTROMECAÁNICA

Aprobó: Ing. Javier Díaz Msc.

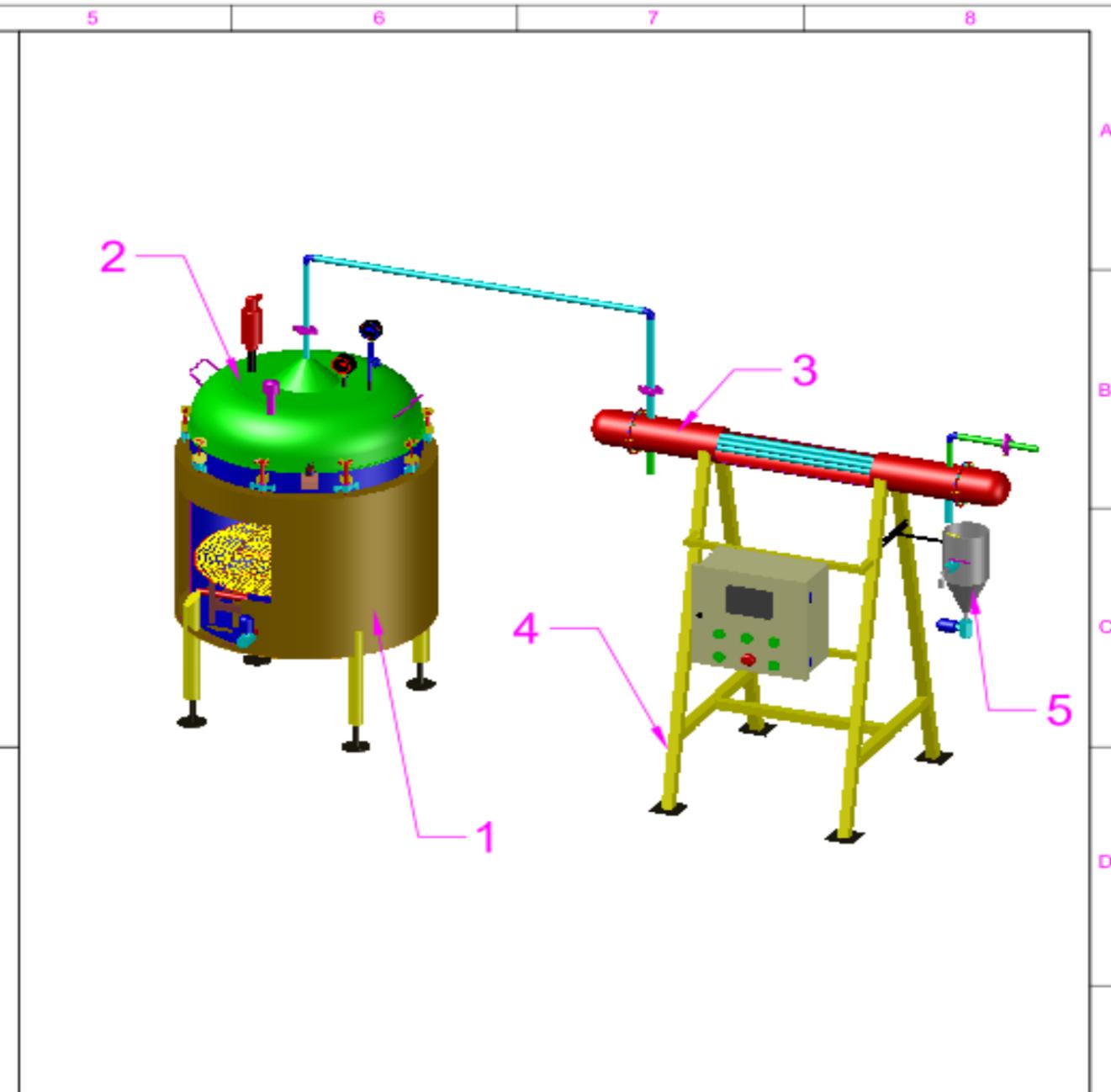
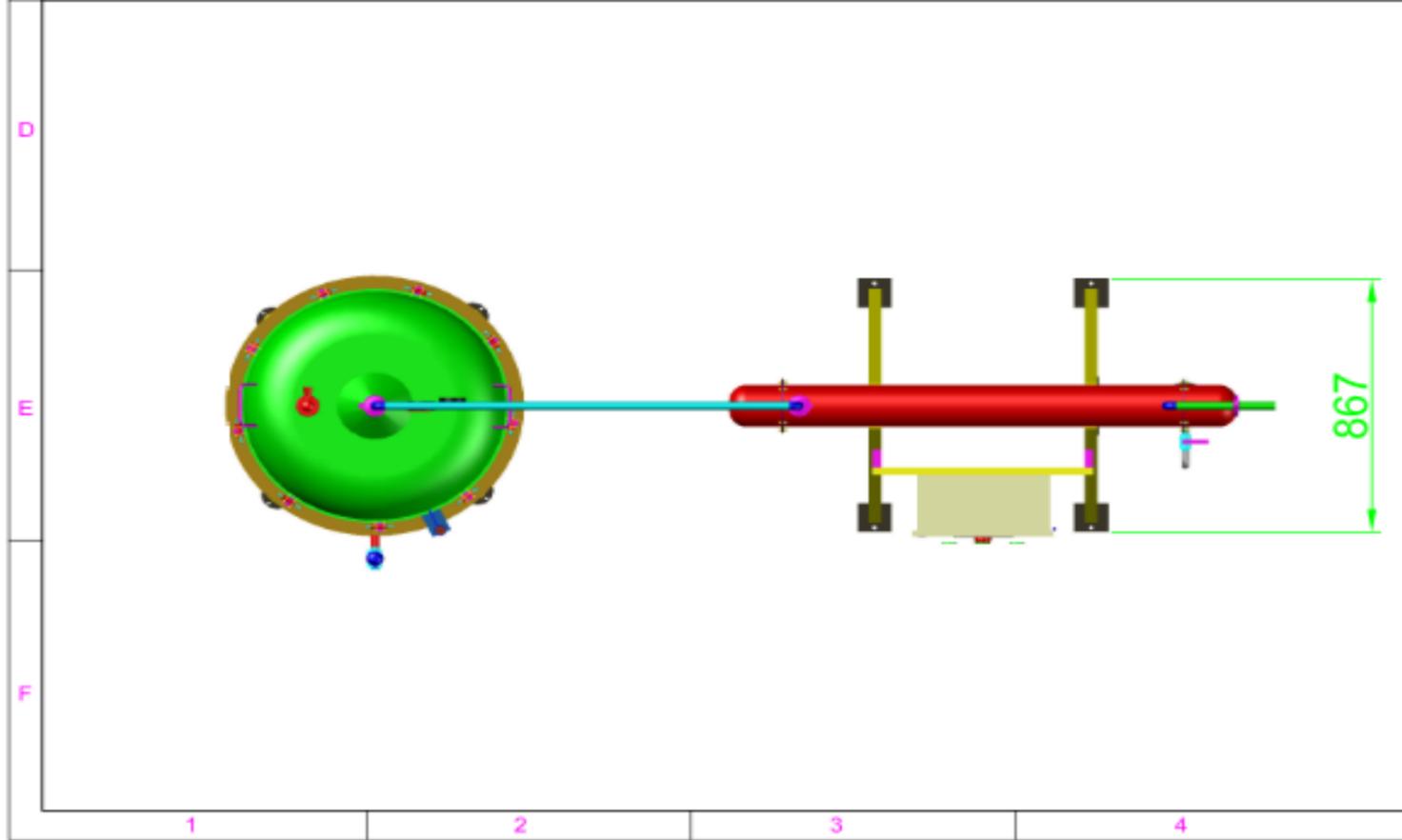
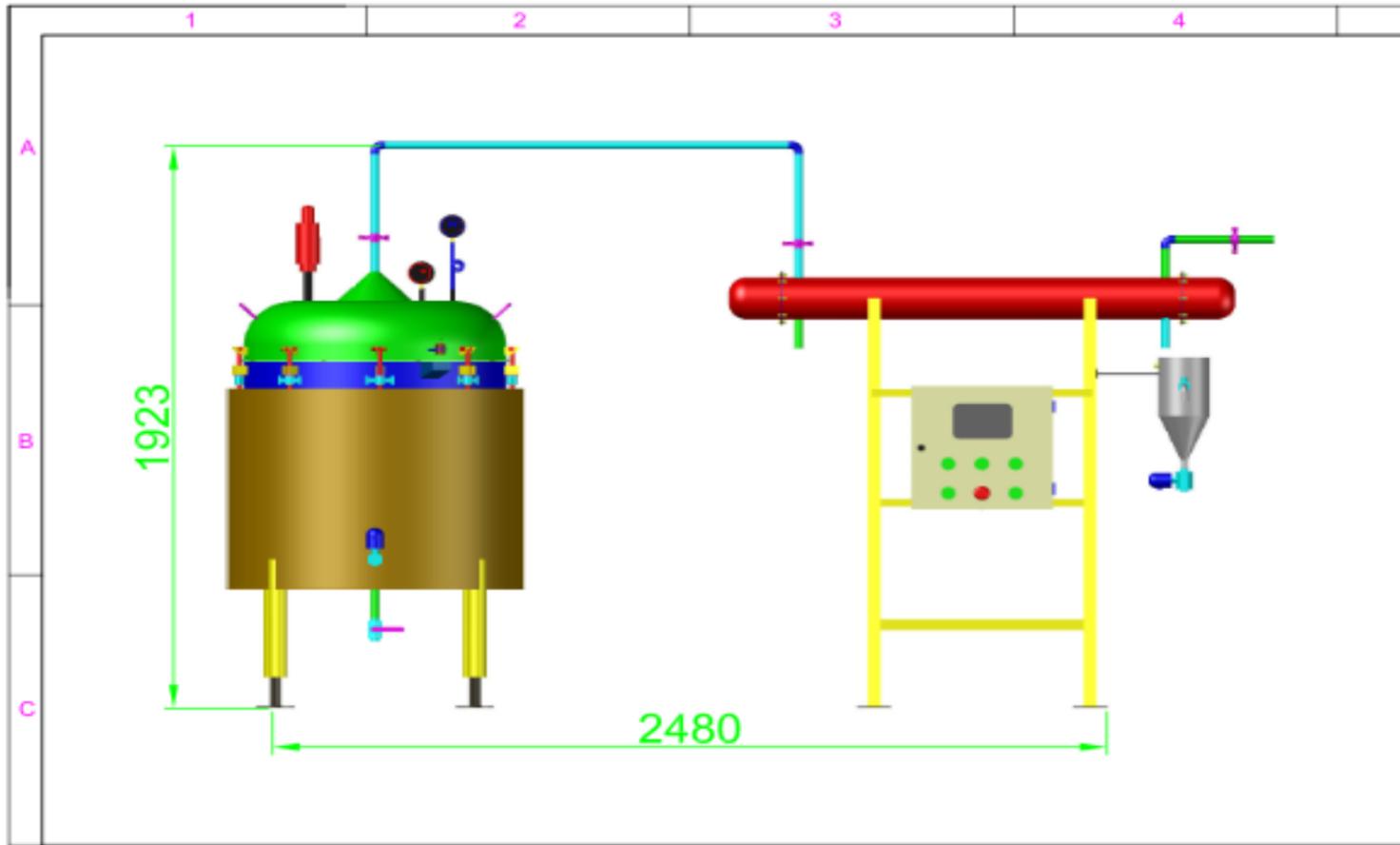
DIAGRAMA DE CONEXIONADO

Diseñó: Cristhian Defaz
Robertth Yaguana

FECHA: 10/12/2014 REV:

CÓDIGO: CDE LÁMINA #2 de 2

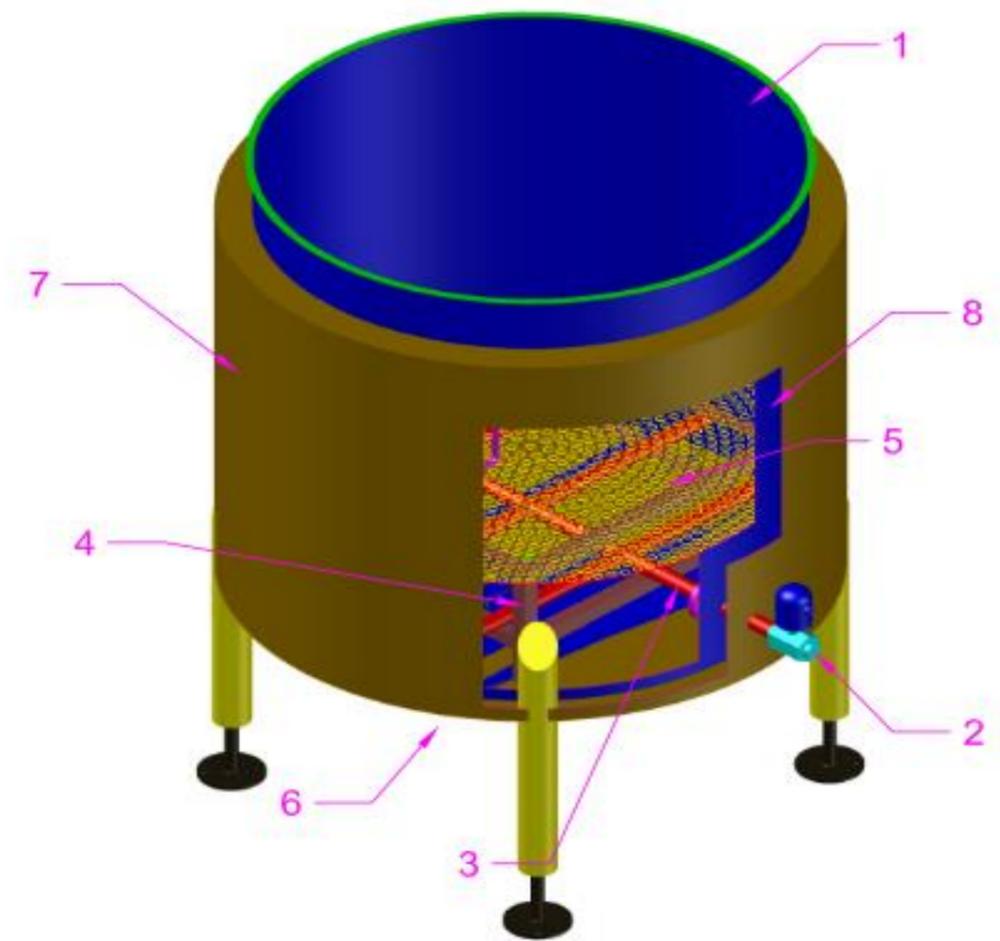
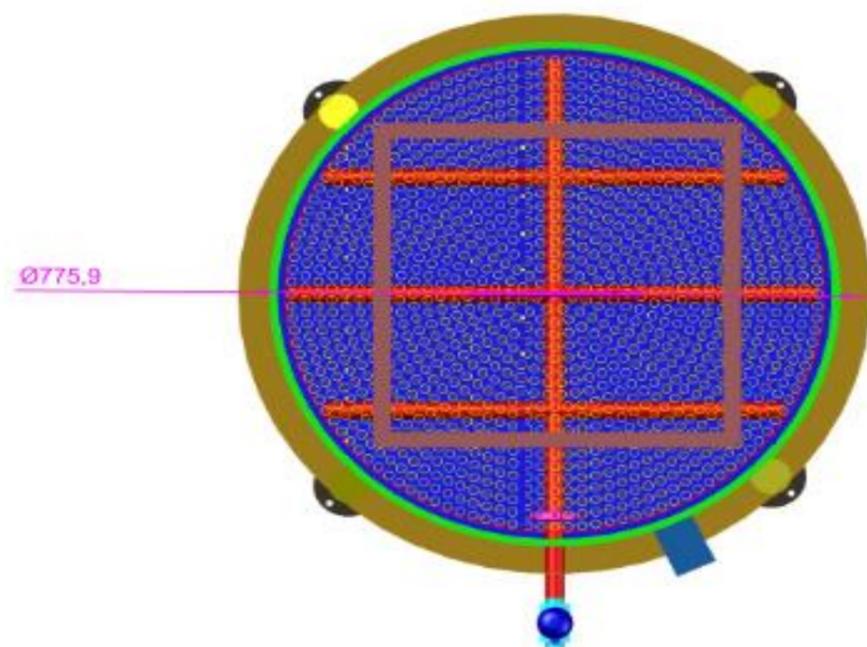
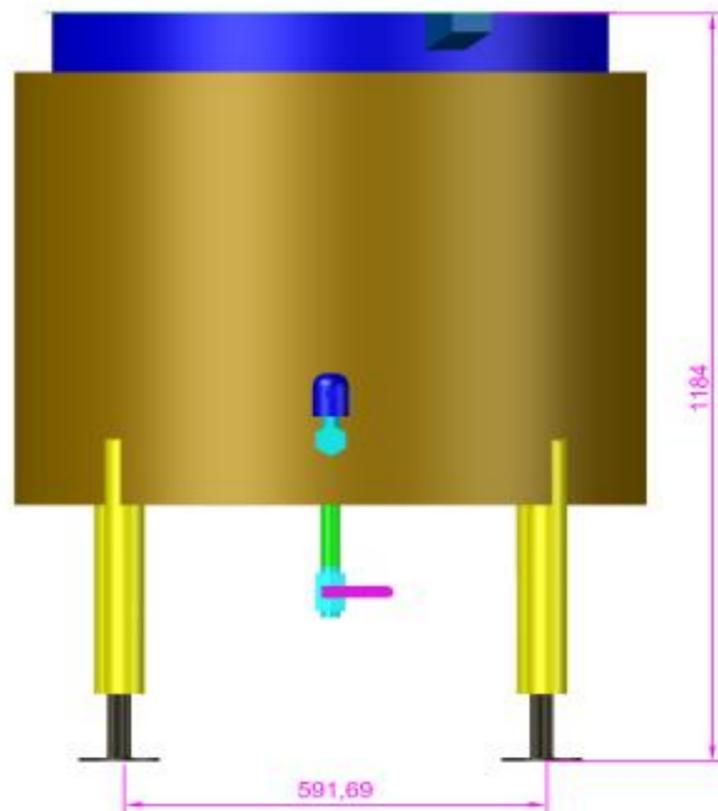
PLANOS MECÁNICOS



5	Decantador primario	1	EAE-DP	Acero inoxidable 304	Espesor 1mm
4	Soporte del intercambiador de calor	1	EAE-SIC	Hierro negro	Tubo cuadrado
3	Intercambiador de calor	1	EAE-IC	Acero inoxidable 304	Espesor 2mm
2	Tapa del tanque extractor	1	EAE-TTE	Acero inoxidable 304	Espesor 2mm
1	Tanque extractor	1	EAE-TE	Acero inoxidable 304	Espesor 2mm
Nº	DESCRIPCION	CANT	PLANO	MATERIAL	OBSERVACIONES

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

PROYECTO: EXTRACTOR DE ACEITES ESENCIALES	CONTIENE: EXTRACTOR DE ACEITES ESENCIALES	FECHA: 20-01-2015
DISEÑO: DEFAZ / YAGUANA		ESCALA: 1:20
REVISÓ: ING. JAVIER DÍAZ		LAMINA: EAE



8	Aislamiento térmico	1	EAE-TE	Lana de vidrio	Espesor de 2"
7	Recubrimiento	1	EAE-TE	Aluminio	Espesor de 0.7mm
6	Válvula de purga	1	EAE-TE	Latón	Esférica de 1/2"
5	Rejilla	1	EAE-TE-4	Acero inoxidable 304	Espesor 2mm
4	Base para rejilla y serpentín de vapor	1	EAE-TE-3	Acero inoxidable 304	Ángulo de 1" x 1/8"
3	Distribuidor de vapor	1	EAE-TE-2	Acero inoxidable 304	Ø 3/4"
2	Electroválvula de ingreso de vapor	1	EAE-TE	Acero inoxidable 304	110V de 3/4"
1	Autoclave	1	EAE-TE-1	Acero inoxidable 304	Espesor 2mm
Nº	DESCRIPCION	CANT	PLANO	MATERIAL	OBSERVACIONES

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

PROYECTO: EXTRACTOR DE ACEITES ESENCIALES

CONTIENE:

FECHA: 20-01-2015

DISEÑO: DEFAZ / YAGUANA

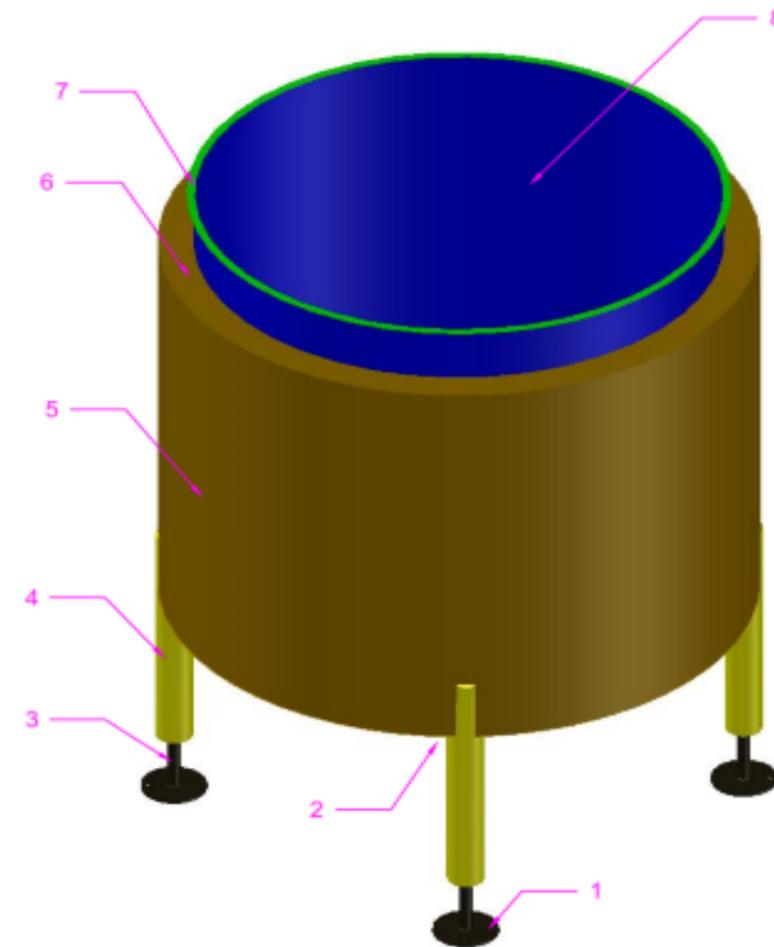
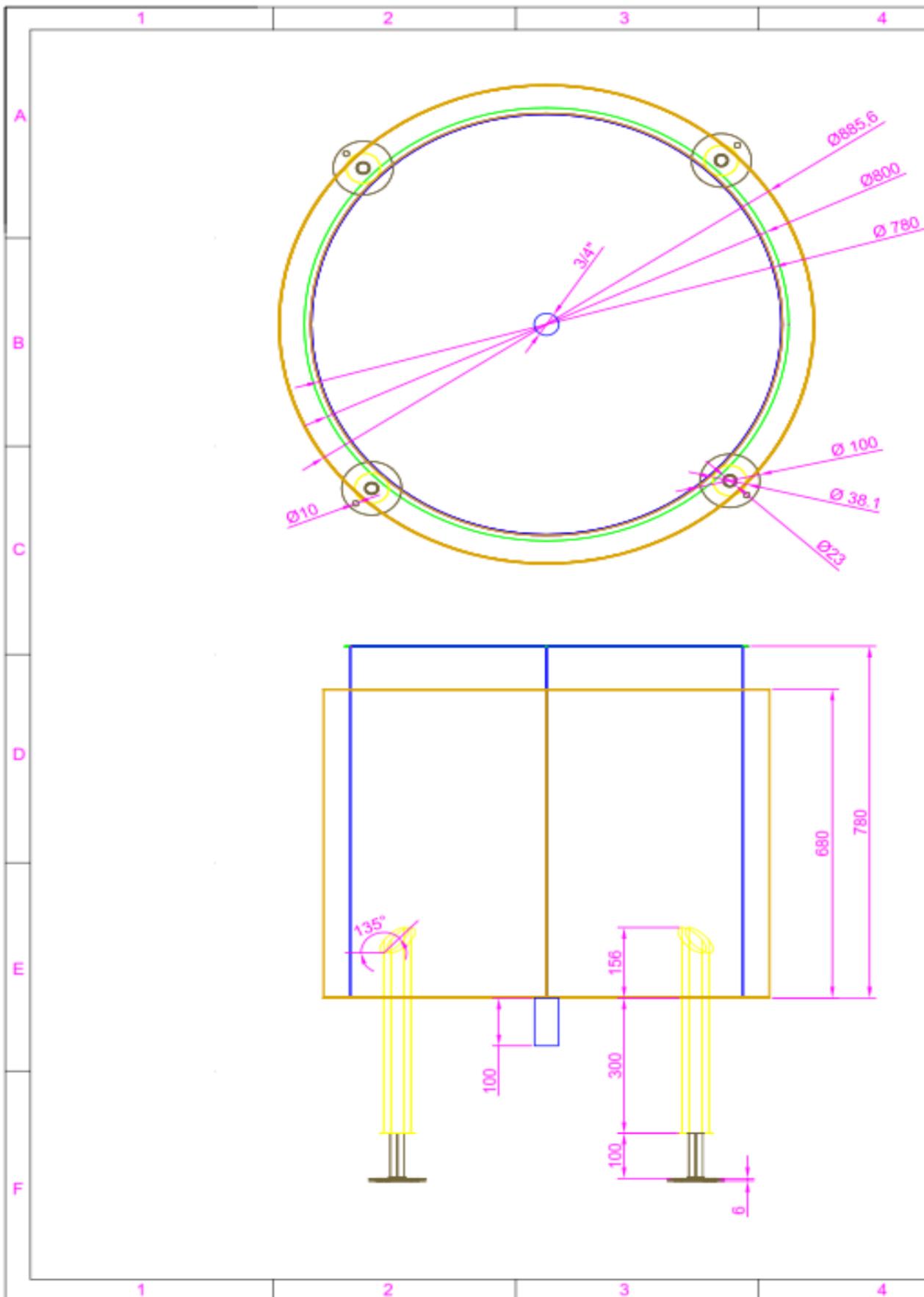
TANQUE EXTRACTOR

ESCALA: 1:10



REVISÓ: ING. JAVIER DÍAZ

LAMINA: EAE-TE



8	1	autoclave	plancha inox e=2
7	1	borde del autoclave	plancha inox e=2
6	1	recubrimiento	lana de vidrio 2"
5	1	recubrimiento	aluminio 0.7
4	4	soportes 11 / 2" x 456	tubo inox
3	4	perno 3 / 4" x 100	inox
2	4	nepos Ø 3 / 4" x 100	tubo inox
1	4	bases Ø 100 x 6	plancha inox
Nº	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

PROYECTO: TESIS

DISEÑO: DEFAZ / YAGUANA

REVISO: ING. JAVIER DÍAZ

CONTIENE:

TANQUE EXTRACTOR

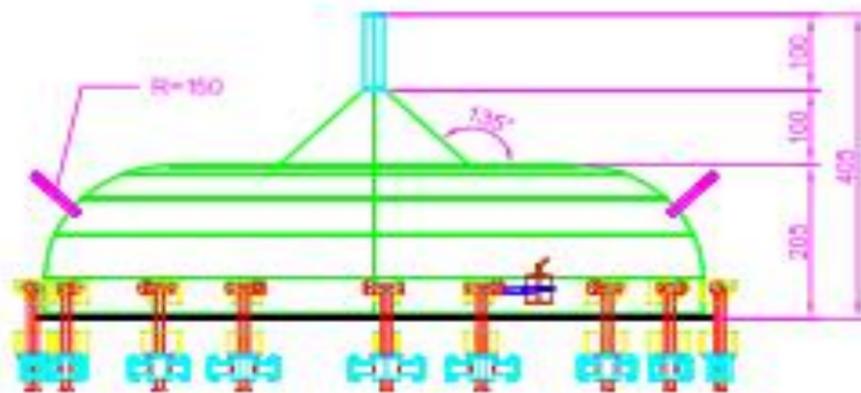
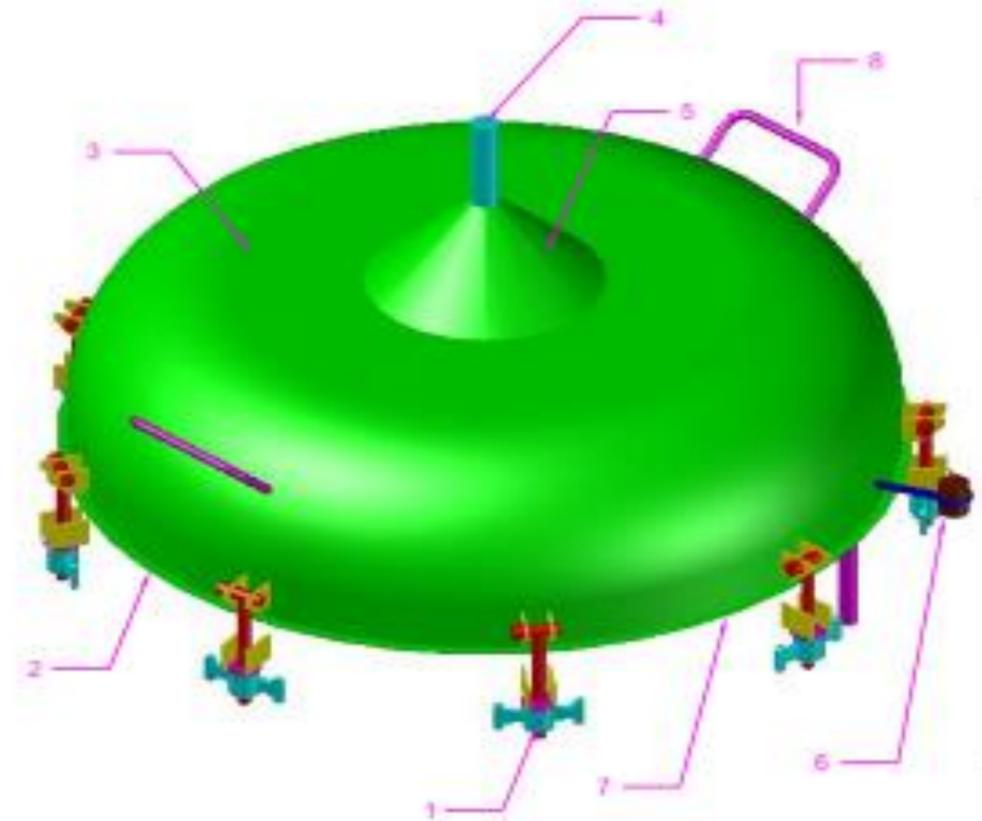
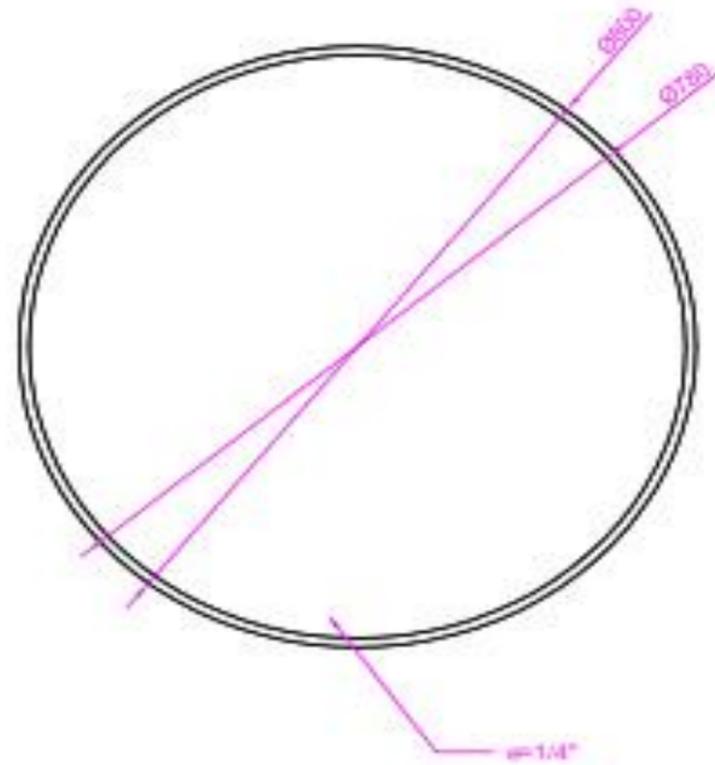
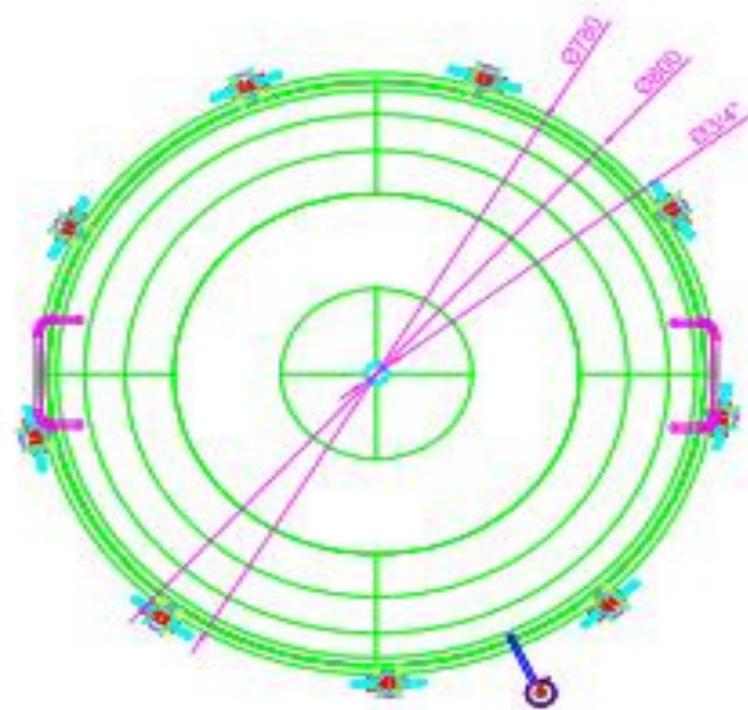
FECHA: 24-08-2013

ESCALA: S:E

PLANO: EAE-TE-1



- EMPAQUE



8	2	agarraderas para abrir o cerrar tapa	tubo= 10mm
7	1	empaques del autoclave	vitón Ø=1/4"
6	1	sensor inductivo m30 24vdc	metalico ranante m30 24vdc
5	1	domo salida de la tapa	acero inox e=2
4	1	neopreno salida de la tapa	tubo inox 3/4" x 10
3	1	tapa del autoclave vertical	acero inox e=2
2	1	borde de la tapa	acero inox e=2
1	9	seguro para cerrar autoclave	acero inox
N°	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

PROYECTO: TESIS

DISEÑO: DEFAZ / YAGUANA

REVISÓ: ING. JAVIER DÍAZ

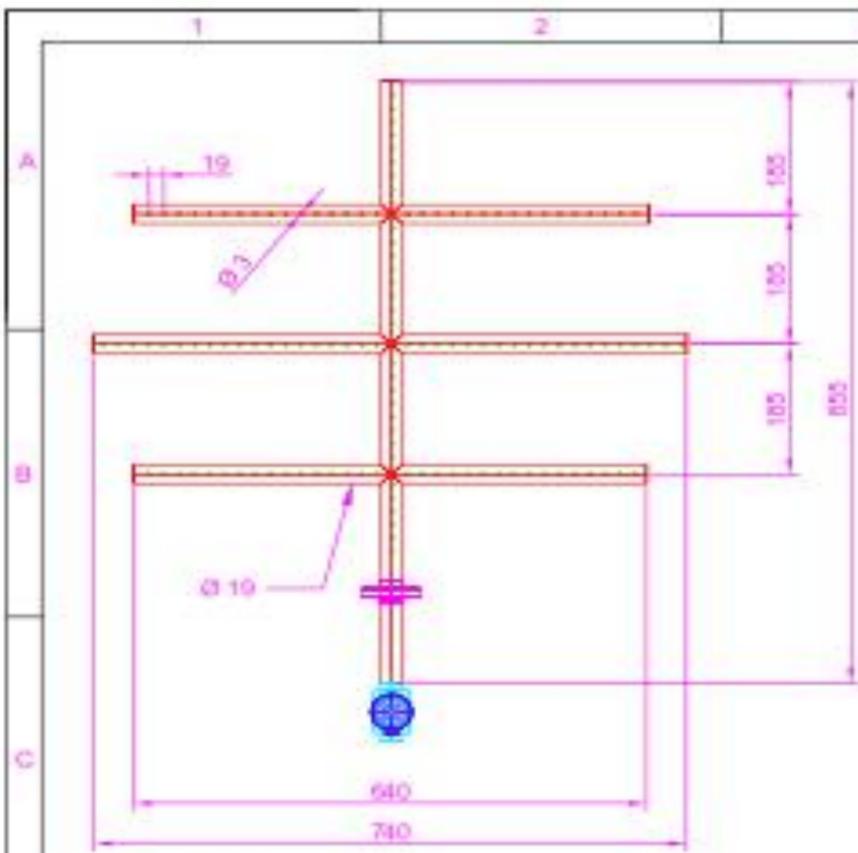
CONTIENE:

TAPA DE EXTRACTOR DE ACEITES
ESENCIALES

FECHA: 24-08-2013

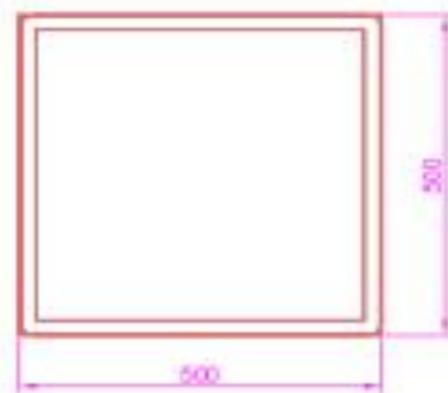
ESCALA: S/E

PLANO: EAE-TEA-1

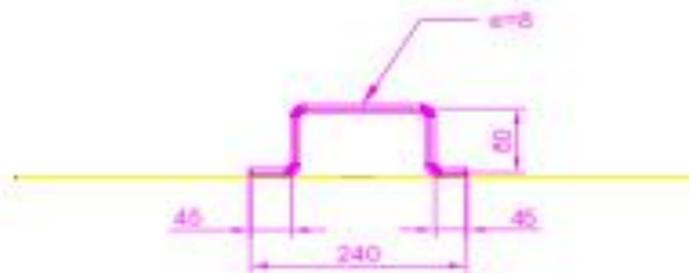
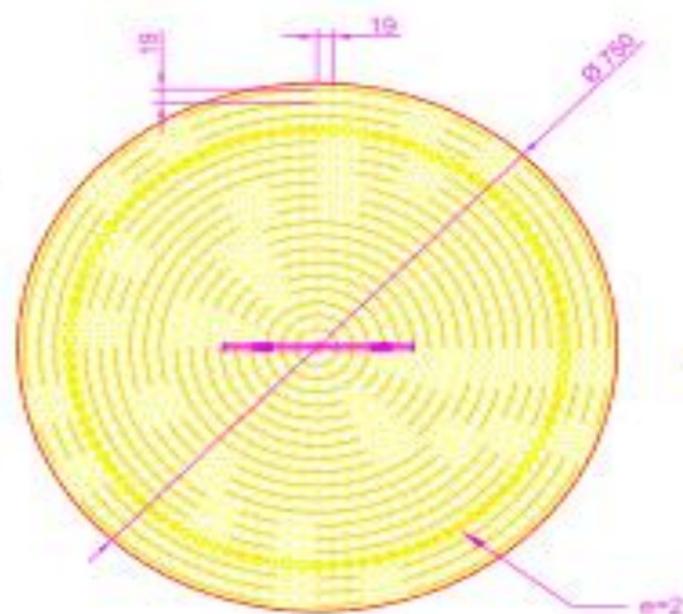
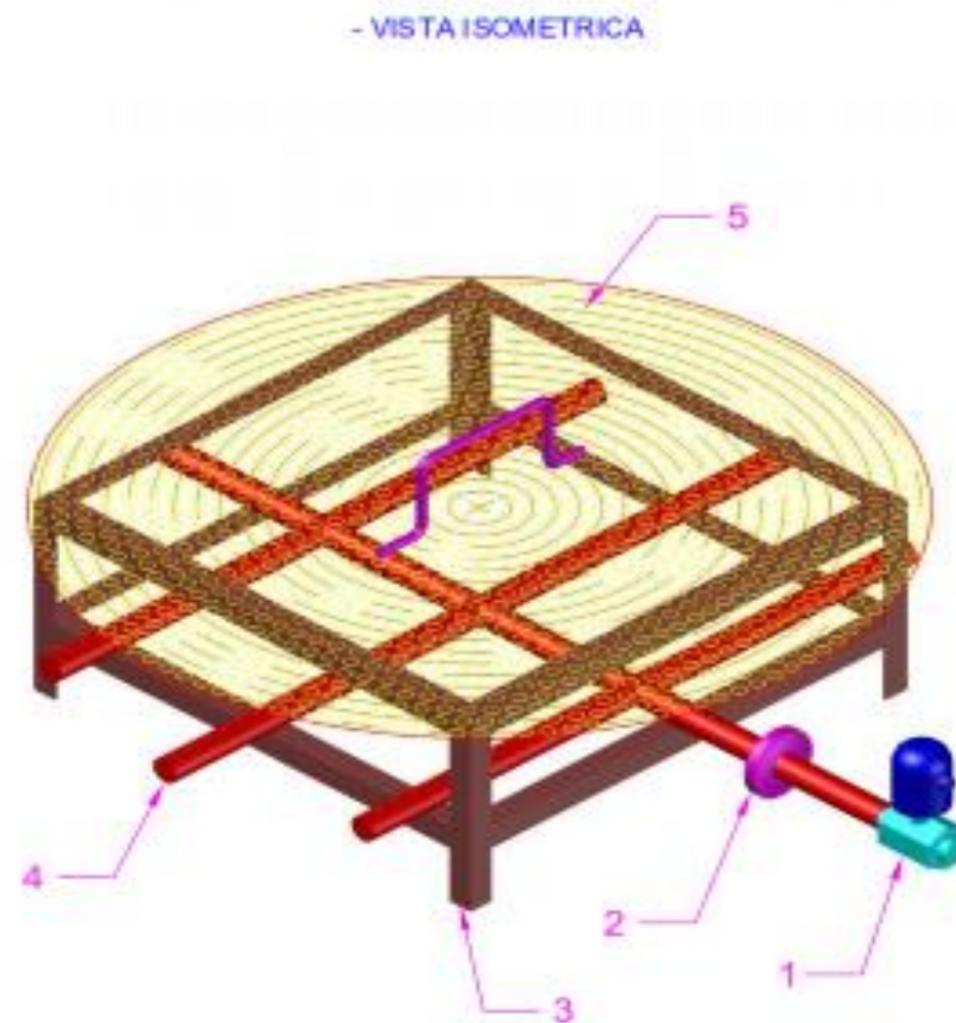


- SERPENTIN VAPOR

- REJILLA VAPOR



- SOPORTE PARA SERPENTIN Y REJILLA



N°	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL
5	1	rejilla	plancha inox e=2
4	1	serpentin de vapor 3/4"	tubo inox 3/4"
3	1	sopORTE de rejilla y serpentín de vapor	ángulo inox 1" x 3
2	1	uniones tipo daps	acero inox 1"
1	1	electro-válvula de vapor 3/4" 110V	bronce

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

PROYECTO: TESIS

DISEÑO: DEFAZ / YAGUANA

REVISÓ: ING. JAVIER DÍAZ

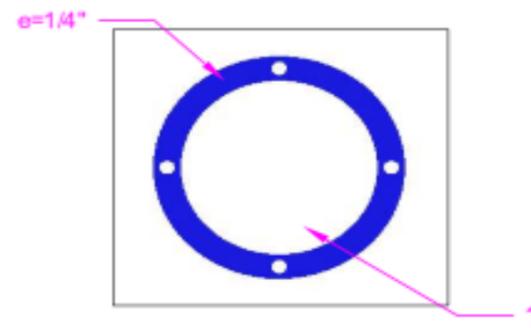
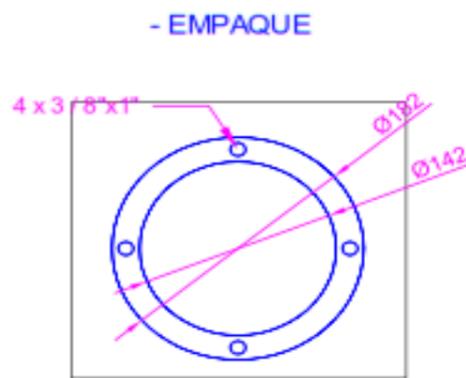
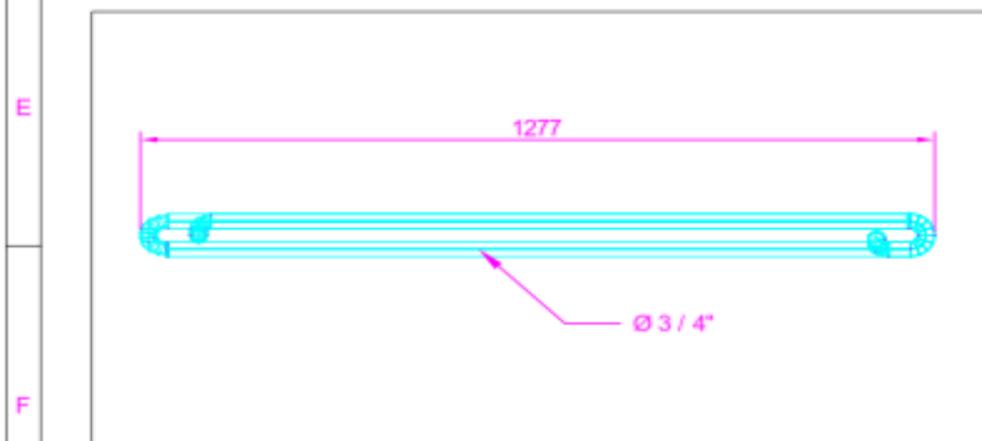
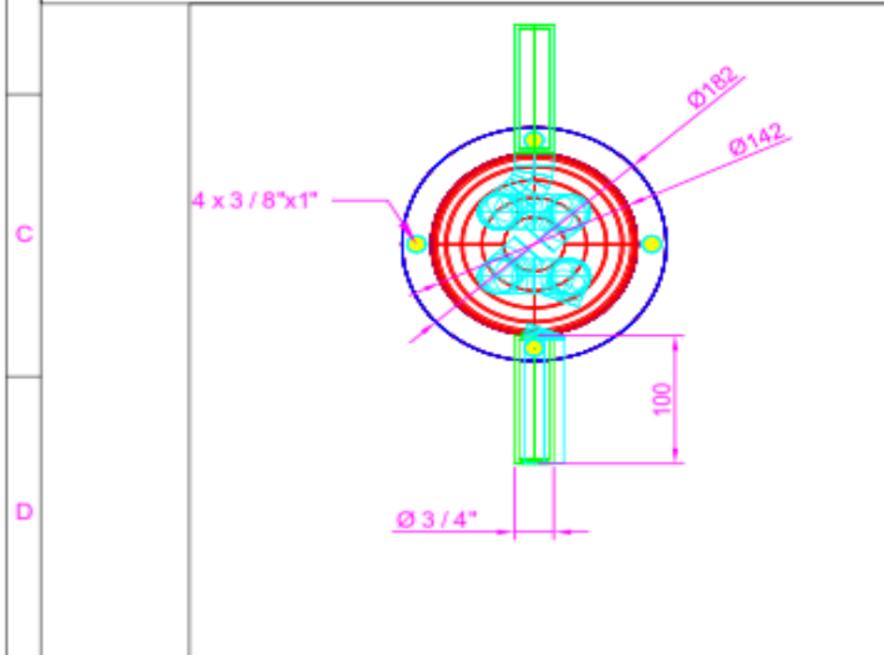
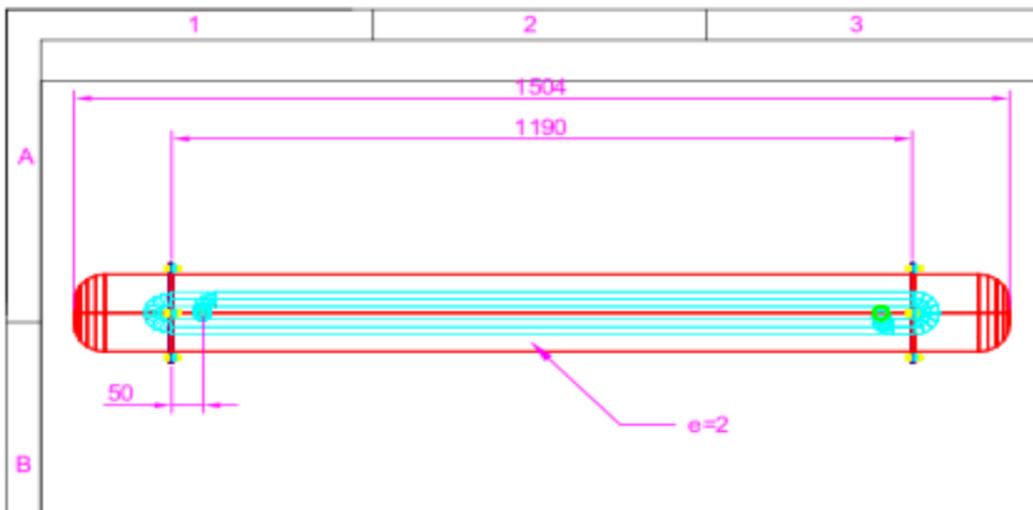
CONTIENE:

ACCESORIOS INTERNOS DEL TANQUE EXTRACTOR

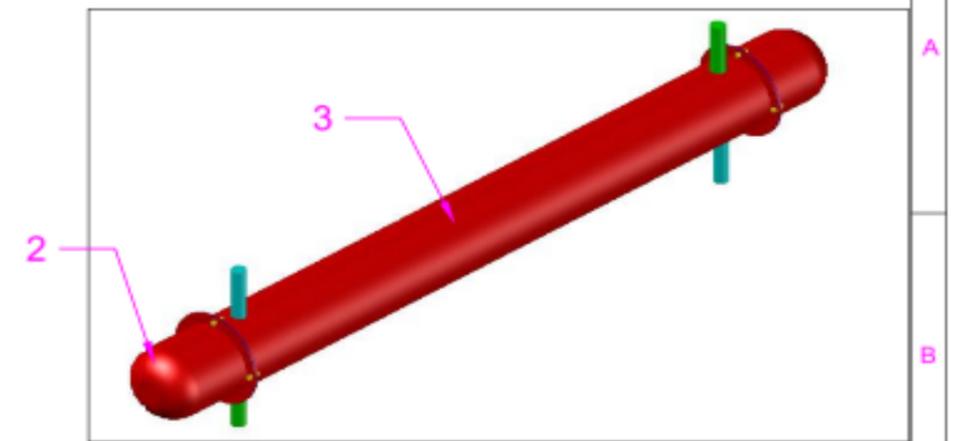
FECHA: 24-08-2013

ESCALA: SE

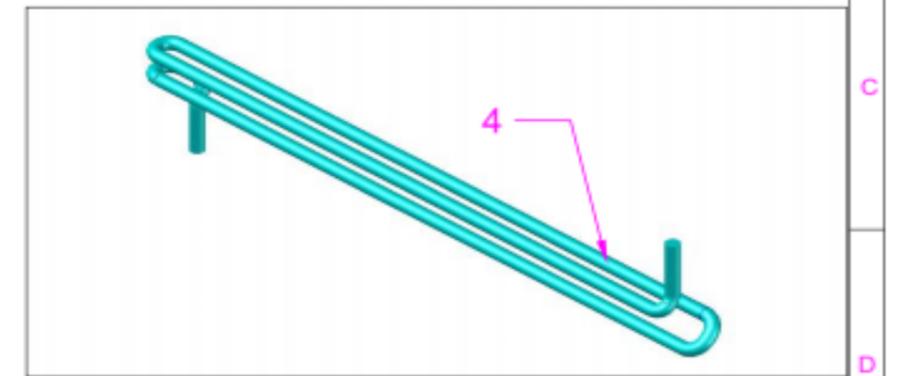
PLANO: EAE-TE-2



- INTERCAMBIADOR DE CALOR



- SERPENTIN DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR



Nº	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL
4	2	serpentin del intercambiador de calor	tubo inox 3/4"
3	1	cuerpo del intercambiador de calor	plancha inox e=2
2	2	tapas del intercambiador de calor	plancha inox e=2
1	1	empaques del intercambiador de calor	vitón e= 1/4"

UNIVERSIDAD TECNOLOGICA EQUINOCCIAL

PROYECTO: TESIS

DISEÑO: DEFAZ / YAGUANA

REVISO: ING. JAVIER DIAZ

CONTIENE:

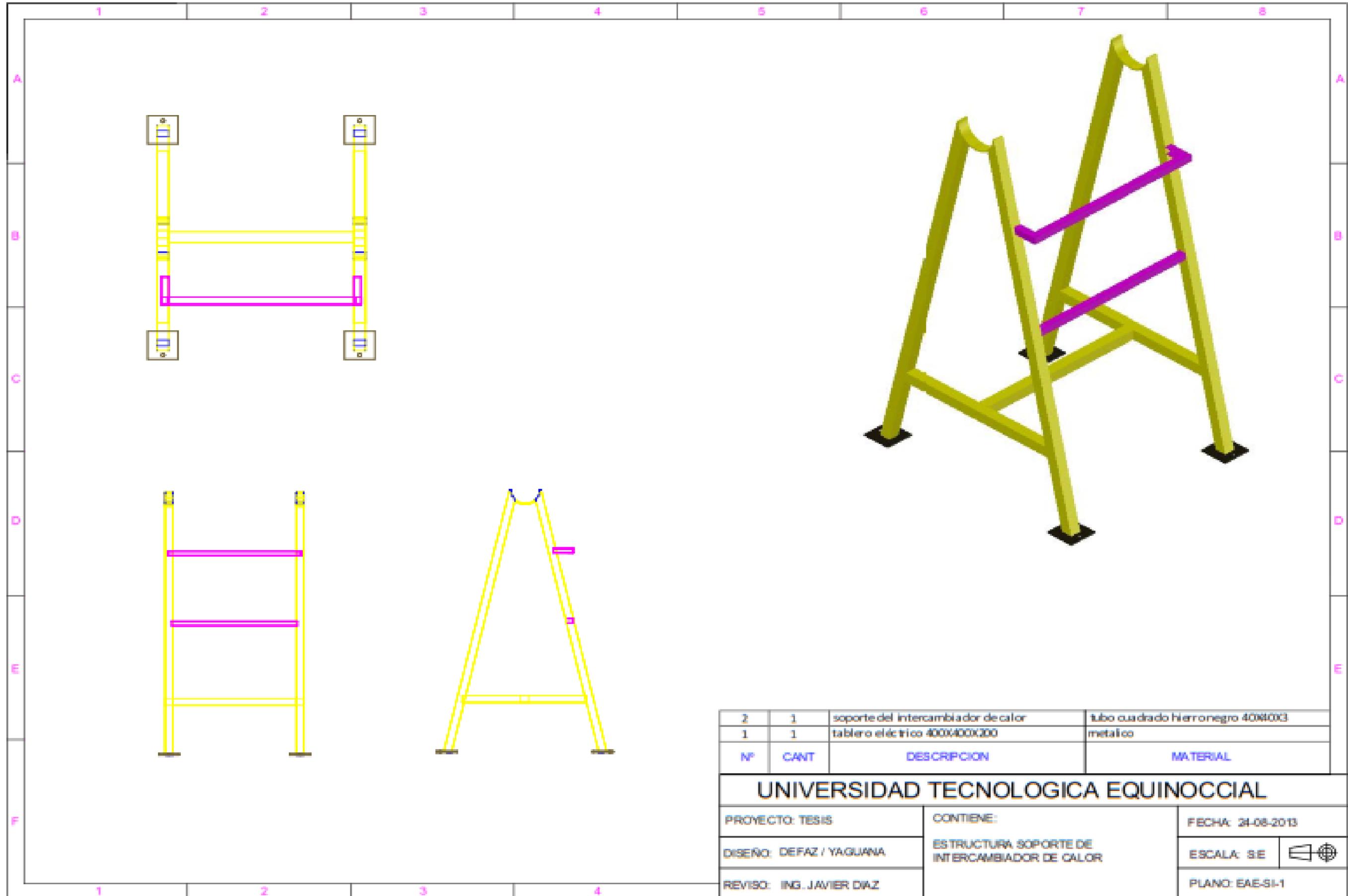
INTERCAMBIADOR DE CALOR

FECHA: 24-08-2013

ESCALA: S:E

PLANO: EAE-SI-1

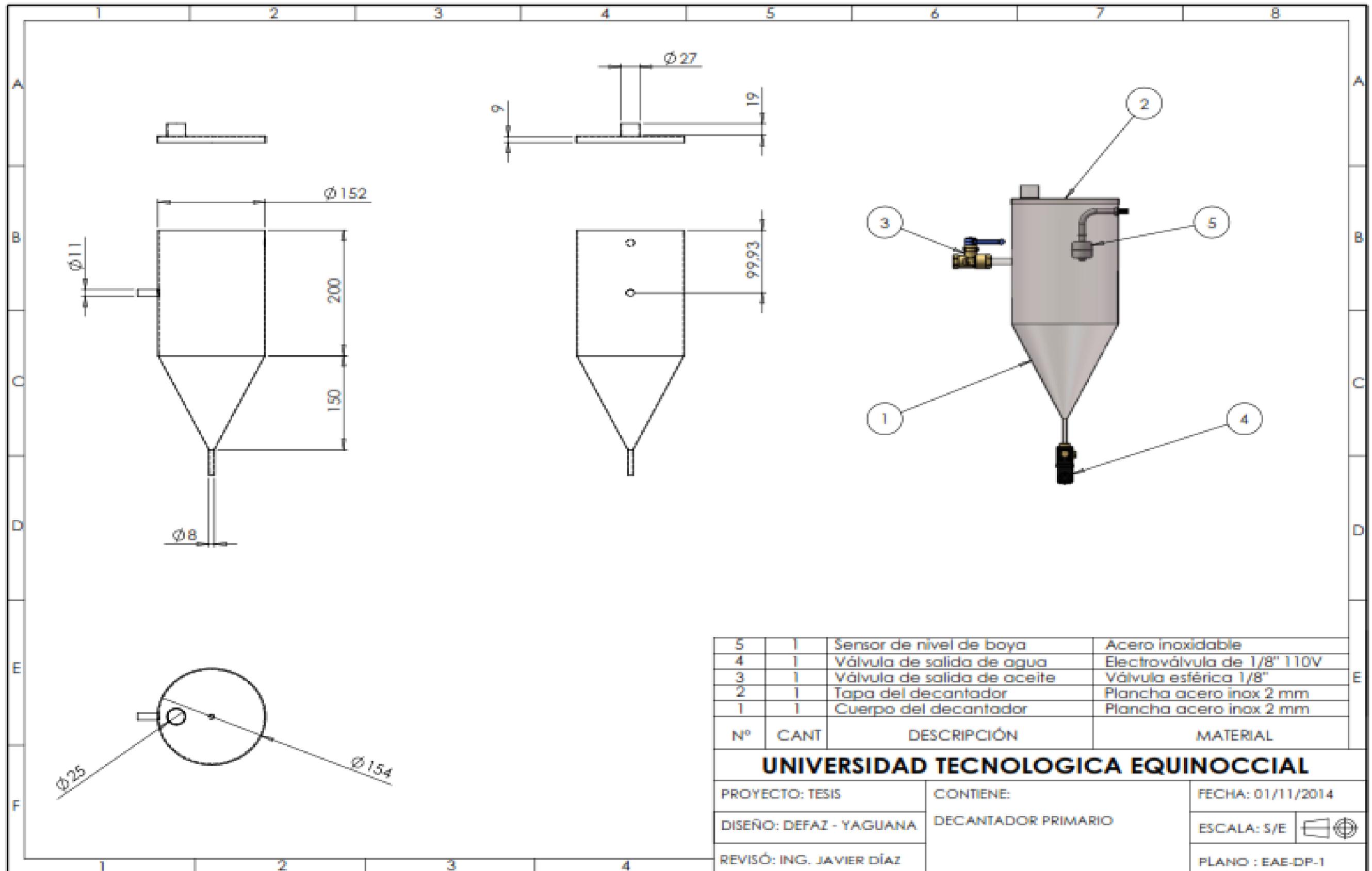




N°	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL
2	1	soporte del intercambiador de calor	tubo cuadrado hierro negro 40x40x3
1	1	tablero eléctrico 400x400x200	metalico

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

PROYECTO: TESIS	CONTIENE:	FECHA: 24-08-2013
DISEÑO: DEFAZ / YAGUANA	ESTRUCTURA SOPORTE DE INTERCAMBIADOR DE CALOR	ESCALA: S/E 
REVISO: ING. JAVIER DIAZ		PLANO: EAE-SI-1



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

PROYECTO: TESIS	CONTIENE:	FECHA: 01/11/2014
DISEÑO: DEFAZ - YAGUANA	DECANTADOR PRIMARIO	ESCALA: S/E
REVISÓ: ING. JAVIER DÍAZ		PLANO : EAE-DP-1