



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO PARA LA
EXTRACCIÓN DE ACEITE EN SEMILLAS OLEAGINOSAS
POR INUNDACIÓN DE SOLVENTE”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

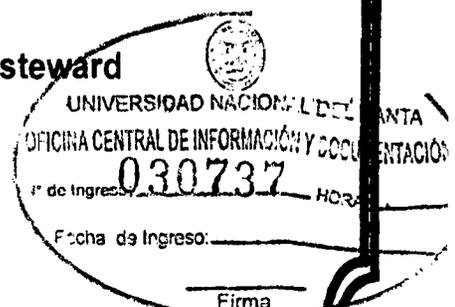
AUTORES:

Bach. CRUZ GUILLÉN, Samuel Jherson
Bach. ORO VIDAL, Alfredo Anthony

ASESOR:

MS. CASTILLO MARTINEZ, Williams Esteward

**NUEVO CHIMBOTE - PERÚ
2015**





UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

HOJA DE CONFORMIDAD DE ASESOR

El presente trabajo de tesis titulado: "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITE EN SEMILLAS OLEAGINOSAS POR INUNDACIÓN DE SOLVENTE" ha contado con el asesoramiento de quien deja constancia de su aprobación. Por tal motivo, firmo el presente trabajo en calidad de asesor, designado por RESOLUCIÓN DECANATURAL N° 185-2012-UNS-FI.

Ms. WILLIAMS CASTILLO MARTINEZ
ASESOR



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

*"Diseño y Construcción de un Prototipo para la Extracción de Aceite
en Semillas Oleaginosas por Inundación de Solvente"*

TESISTAS

Bach. Cruz Guillén Samuel Jherson
Bach. Oro Vidal Alfredo Anthony

Revisado y aprobado el día 14 de Julio de 2015 por el siguiente Jurado Evaluador,
designado mediante Resolución Decanatural N° 209-15-UNS CFI:



Ms. SAUL EUSEBIO LARA
PRESIDENTE



Ms. WILLIAMS CASTILLO MARTINEZ
SECRETARIO



Ing. VICENTE CARRANZA VARAS
INTEGRANTE

A Dios en primer lugar, y desde luego a mis padres Alfredo y Amanda, por todo su apoyo e impulso a lo largo de mi formación.

A Carlita, por su comprensión y apoyo incondicional durante casi 5 años que llevamos juntos.

Alfredo Oro V.

A mis padres Julia y Santiago, por todo el esfuerzo que realizaron a través de los años para poder cumplir esta meta.

A Lissett, por la paciencia y el apoyo incondicional que me brinda desde hace 8 años.

Samuel Cruz G.

AGRADECIMIENTOS

A nuestro asesor Ing. Williams Castillo Martínez, por sus valiosas recomendaciones y consejos durante la realización de la tesis.

A los ingenieros John Gonzales Capcha y Lenin Palacios Ambrocio, que sin su apoyo no hubiera sido posible continuar con el proyecto.

A la Srta. Silvia Huacacolqui Minaya, por la paciencia, apoyo y espera durante la búsqueda de información en la Biblioteca Especializada de Agroindustria.

A nuestros familiares por su incondicional apoyo y confianza en nosotros.

A nuestros amigos Nestor, Carlos y Paul con quienes, en un inicio, nos embarcamos en la realización de este proyecto y por cosas del destino, nuestros caminos se separaron.

A nuestros compañeros, amigos y demás personas que tuvieron que ver de alguna manera en la culminación de nuestra tesis.

RESUMEN

En este trabajo, se planteó diseñar y construir un prototipo para la extracción de aceite en semillas oleaginosas por inundación de solvente (Hexano al 95%); teniendo en cuenta que debería ser un proceso discontinuo, con una capacidad de carga de 500gr. de muestra y una relación volumen/masa de 1:5. Las muestras utilizadas fueron semillas trituradas y tamizadas (3mm) de Castaña (*Bertholletia excelsa*) y Soya (*Glycine max*). Como resultado, se comprobó que era factible construir el prototipo con las consideraciones planteadas; y se logró extraer 340ml de aceite de castaña y 90ml de aceite de soya, con una recuperación total de hexano entre el 90-94.2%.

ABSTRACT

In this paper, it was proposed to design and build a prototype for extracting oil from oilseeds flood solvent (hexane to 95%); considering that it should be a batch process, with a capacity of 500g. of sample and a volume/mass ratio of 1:5. The samples were crushed and sieved seeds (3mm) of Chestnut (*Bertholletia excelsa*) and Soybean (*Glycine max*). As a result, it proved feasible to construct the prototype with posed considerations; and it was possible to extract oil 340 ml Chestnut oil and 90 ml soybean oil , with a total recovery of hexane between 90-94.2 %.

INDICE GENERAL

1. INTRODUCCION	10
2. REVISION BIBLIOGRAFICA.....	11
2.1. MATERIA PRIMA	11
2.1.1. <i>Castaña (Bertholletia excelsa)</i>	11
2.1.1.1. Taxonomía y Características de la Castaña.....	11
2.1.1.2. Composición Química de la Castaña	12
2.1.1.3. Industria de la Castaña	14
2.1.1.4. Aceite de Castaña.....	15
2.1.2. <i>Soya (Glycine max)</i>	17
2.1.2.1. Taxonomía y Características de la Soya.....	17
2.1.2.2. Composición Química de la Soya	18
2.1.2.3. Aceite de Soya.....	18
2.2. EXTRACCIÓN DE ACEITE.....	22
2.2.1. <i>Extracción de Aceite por Presión</i>	22
2.2.2. <i>Extracción de Aceite por Solvente</i>	24
2.2.2.1. Tiempos de Extracción de Aceite.....	25
2.2.2.2. Cantidad de Solvente en la Extracción de Aceite.....	28
2.2.2.3. Temperatura de Solvente en la Extracción de Aceite.....	30
2.2.2.4. Tipos de Solvente para la Extracción de Aceite	31
2.2.3. <i>Extracción de Aceite por Percolación e Inmersión</i>	36
2.2.3.1. Filtración de Aceite-Solvente (Miscela)	39
2.2.3.2. Destilación de la Miscela.....	42
2.3. EL HEXANO.....	44
2.4. INTERCAMBIO DE CALOR	47
2.4.1. <i>Transmisión de Calor por Conducción</i>	48
2.4.2. <i>Trasmisión de Calor por Convección</i>	50
2.4.2.1. Convección Libre o Natural	50
2.4.2.2. Convección Forzada	50

4.2. CÁLCULO DE CALOR DE LA UNIDAD DE EXTRACCIÓN DE ACEITE ESCALA PILOTO (UEAEP)	77
4.2.1. <i>Cálculo de Calor de la Cámara de Extracción (UEAEP-01)</i>	77
4.2.2. <i>Cálculo de Calor del Destilador de Miscela (UEAEP-03)</i>	77
4.3. CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLADO DE LA UNIDAD DE EXTRACCIÓN DE ACEITE ESCALA PILOTO (UEAEP)	78
4.3.1. <i>Criterios Generales de la UEAEP</i>	78
4.3.1.1. Selección del Material de la UEAEP	78
4.3.1.2. Selección de Válvulas y Accesorios de la UEAEP	79
4.3.1.3. Equipos Auxiliares de la UEAEP	80
4.3.2. <i>Fabricación de Componentes de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto (UEAEP)</i>	83
4.3.2.1. Fabricación de la Cámara de Extracción (UEAEP-01)	83
4.3.2.2. Fabricación del Tanque Receptor de Miscela (UEAEP-02).....	87
4.3.2.3. Fabricación del Destilador de Miscela (UEAEP-03)	90
4.3.2.4. Fabricación del Desolventizador de Torta Desgrasada (UEAEP-04) ...	94
4.3.2.5. Fabricación del Tanque de Almacenamiento de Solvente Puro (UEAEP-05)	97
4.4. PRUEBA DE HERMETICIDAD EN LA UNIDAD DE EXTRACCIÓN DE ACEITE ESCALA PILOTO (UEAEP)	99
4.5. PUESTA EN MARCHA DE LA UNIDAD DE EXTRACCIÓN DE ACEITE ESCALA PILOTO (UEAEP)	101
4.5.1. <i>Acondicionamiento de la muestra</i>	101
4.5.2. <i>Preparación de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto (UEAEP)</i>	101
4.5.3. <i>Puesta en marcha y parada de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto (UEAEP)</i>	102
4.5.3.1. Puesta en marcha de la UEAEP	102
4.5.3.2. Parada de la UEAEP:	105
4.5.4. <i>Operación de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto</i>	106
4.5.4.1. Parámetros de Operación	109

4.5.5. Reporte de las Curvas de Temperatura durante la operación de la UEAEP...	112
4.5.6. Volumen de Aceite Extraído.....	116
4.5.7. Recuperación de Hexano.....	117
4.5.8. Análisis de Costos de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto (UEAEP).....	118
4.5.8.1. Análisis de Costos Directos de la UEAEP.....	119
4.5.8.2. Análisis de Costos Indirectos de la UEAEP.....	122
4.5.8.3. Costo Total de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto.....	123
5. CONCLUSIONES	124
6. RECOMENDACIONES.....	125
7. BIBLIOGRAFIA	126
8. ANEXOS	

ANEXO 1 : Cálculo para el Dimensionamiento del Tanque de Almacenamiento de Solvente Puro.

ANEXO 2 : Cálculo para el Dimensionamiento del Extractor de Aceite.

ANEXO 3 : Cálculo de Calor para la Cámara de Extracción Enchaquetada.

ANEXO 4 : Cálculo para el Dimensionamiento del Destilador de Miscela.

ANEXO 5 : Cálculo de Calor para el Destilador de Miscela.

ANEXO 6 : Cálculo de Calor para el Condensador.

ANEXO 7 : Planos del Extractor de Aceite.

ANEXO 8 : Planos del Tanque Receptor de Miscela.

ANEXO 9 : Planos del Destilador de Miscela.

ANEXO 10: Planos del Desolventizador de Torta Desgrasada.

ANEXO 11: Planos del Tanque de Almacenamiento de Solvente Puro.

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Semillas de Castaña (<i>Bertholletia excelsa</i>)	11
Figura 2: Industria de la Semilla de Castaña.....	14
Figura 3: Aceite de Castaña Industrializado	15
Figura 4: Semillas de Soya (<i>Glycine max</i>)	17
Figura 5: Filtro estático para filtración de miscela: A) Entrada de miscela, B)Salida de miscela, C) Entrada de solvente de lavado, D) Salida de suspensión torta-solvente, E) Placa filtrante	41
Figura 6: Filtro rotativo de miscela: A)Carcasa, B)Eje rotativo hueco, C)Placa filtrante, D)Agitado extractor, E)Ducha de solvente, F)Entrada de miscela, G)Salida de lodo, H)Salida de miscela filtrada, I)Venteo, M)Entrada de solvente de lavado, N)Puerta deslizable.	42
Figura 7: Destilador Continuo: A) Entrada de miscela, B) Salida de aceite, C) Salida de vapores de solvente, D)Entrada vapores de calentamiento, E)Salida de vapores calentamiento.....	43
Figura 8: Fórmula Química del Hexano.....	44
Figura 9: Signos para la transmisión de calor por conducción	49
Figura 10: Cámara de extracción de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto (UEAEP-01)	67
Figura 11: Canastilla para semillas de la UEAEP-01	68
Figura 12: Soporte de la UEAEP-01.....	68
Figura 13: Sistema de agitación de la Cámara de Extracción (UEAEP-01)	69
Figura 14: Tanque de Recepción de Miscela de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto (UEAEP-02).....	70
Figura 15: Filtro de partículas finas de la UEAEP-02	70
Figura 16: Destilador de Miscela de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto (UEAEP-03)	72
Figura 17: Serpentín del condensador de la UEAEP-03	73
Figura 18: Condensador de la UEAEP-03.....	73

Figura 19: Desolventizador de torta desgrasada de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto (UEAEP-03).....	75
Figura 20: Tanque de Almacenamiento de Solvente Puro de la unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto (EAEP-05)	76
Figura 21: Equipos auxiliares para calefacción de la UEAEP-01	82
Figura 22: Paso 3° en la fabricación de la UEAEP-01.....	84
Figura 23: Paso 4° en la fabricación de la UEAEP-01.....	84
Figura 24: Paso 9° en la fabricación de la UEAEP-01.....	85
Figura 25: Paso 10° en la fabricación de la UEAEP-01	85
Figura 26: Paso 11° en la fabricación de la UEAEP-01	86
Figura 27: Paso 14° en la fabricación de la UEAEP-01	86
Figura 28: Paso 6° en la fabricación de la UEAEP-02.....	88
Figura 29: Paso 7° en la fabricación de la UEAEP-02.....	88
Figura 30: Filtro utilizado en el paso 8° de la fabricación de la UEAEP-02	89
Figura 31: Paso 10° en la fabricación de la UEAEP-02	89
Figura 32: Paso 2° en la fabricación de la UEAEP-03.....	91
Figura 33: Paso 9° en la fabricación de la UEAEP-03.....	92
Figura 34: Paso 12° en la fabricación de la UEAEP-03	92
Figura 35: Paso 16° en la fabricación de la UEAEP-03	93
Figura 36: Paso 19° en la fabricación de la UEAEP-03	93
Figura 37: Paso 9° en la fabricación de la UEAEP-04.....	95
Figura 38: Paso 13° en la fabricación de la UEAEP-04	96
Figura 39: Paso 19° en la fabricación de la UEAEP-04	96
Figura 40: Paso 6° en la fabricación de la UEAEP-05.....	98
Figura 41: Paso 6° en la fabricación de la UEAEP-05.....	98
Figura 42: Prueba de hermeticidad de líquidos y gases en la UEAEP-04.....	100
Figura 43: Semilla triturada de Castaña (<i>Bertholletia excelsa</i>).....	106
Figura 44: Semilla triturada de Soya (<i>Glycine max</i>).	106
Figura 45: Canastilla forrada con malla de 1 mm de haz de luz, en cámara de extracción (UEAEP-01)	107
Figura 46: Unidad de extracción de aceite escala piloto, instalada y operando	108

Figura 47: Sensor de temperatura marca DATA TRACE, modelo M4T11801. Utilizado en la UEAEP-01	110
Figura 48: Sensor de temperatura marca DATA TRACE, modelo M4T11801. Utilizado en la UEAEP-04	111
Figura 49: Computadora utilizada para el registro de temperaturas del proceso de extracción de aceite en la UEAEP	112
Figura 50: Control de temperatura con respecto al tiempo en la cámara de extracción (UEAEP-01), Prueba con Castaña	113
Figura 51: Control de temperatura con respecto al tiempo en la cámara de extracción (UEAEP-01), Prueba con Soya	113
Figura 52: Variación de temperatura con respecto al tiempo en el destilador de miscela (UEAEP-03), Prueba con Soya	114
Figura 53: Variación de temperatura con respecto al tiempo en el destilador de miscela (UEAEP-03), Prueba con Soya	115
Figura 54: Aceite de castaña obtenido en la UEAEP	116
Figura 55: Aceite de soya obtenido en la UEAEP	117

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Composición Química de la Semilla de Castaña.....	13
Cuadro 2: Ficha Técnica del Aceite de Castaña	16
Cuadro 3: Composición Química de las Semillas de Soya	18
Cuadro 4: Composición Promedio del Aceite de Soya Crudo y Refinado.....	20
Cuadro 5: Ácidos Grasos presentes en el Aceite de Soya.....	21
Cuadro 6: Extracción de Aceite de Diversas Semillas Oleaginosas a 30 minutos	26
Cuadro 7: Extracción de Aceite de Diversas Semillas Oleaginosas a 60 minutos	27
Cuadro 8: Extracción de Aceite de Diversas Semillas Oleaginosas a 120 minutos	27
Cuadro 9: Extracción de Aceite de Diversas Semillas Oleaginosas con 930 cm ³ de Solvente	28
Cuadro 10: Extracción de Aceite de Diversas Semillas Oleaginosas con 1860 cm ³ de Solvente	29
Cuadro 11: Extracción de Aceite de Diversas Semillas Oleaginosas con 2790 cm ³ de Solvente	29
Cuadro 12: Extracción de Aceite de Diversas Semillas Oleaginosas a Diversas Temperaturas.....	30
Cuadro 13: Extracción de Aceite de Diversas Semillas Oleaginosas con Diversos Solventes	31
Cuadro 14: Insolubles en Eter presentes en la Extracción de Aceites con Diversos Solventes	33
Cuadro 15: Características Físicas de los Solventes (Hexano, Benceno, Sulfuro de Carbono y Tricloroetileno).....	34
Cuadro 16: Propiedades Físicas de los Solventes.....	35
Cuadro 17: Filtración de Miscela a través del Tiempo.....	40
Cuadro 18: Datos generales y propiedades químicas del N-hexano	45
Cuadro 19: Propiedades físicas del N-hexano.....	46
Cuadro 20: Dimensiones de la Cámara de Extracción de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto UEAEP-01	67

Cuadro 21: Dimensiones del tanque de recepción de miscela de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto (UEAEP-02)	69
Cuadro 22: Dimensiones del destilador de miscela (UEAEP-03).....	71
Cuadro 23: Dimensiones del condensador de la UEAEP-03	72
Cuadro 24: Dimensiones del Desolventizador de Torta Desgrasada (UEAEP-04)	74
Cuadro 25: Dimensiones del Tanque de Almacenamiento de Solvente Puro de la unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto UEAEP-05	76
Cuadro 26: Válvulas y accesorios utilizados en la UEAEP	79
Cuadro 27: Lista de equipos auxiliares utilizadas en la UEAEP.....	81
Cuadro 28: Equipos auxiliares para la calefacción de la UEAEP-01.....	82
Cuadro 29: Resultados de prueba de hermeticidad de líquidos en los componentes de la UEAEP	99
Cuadro 30: Resultados de prueba de hermeticidad de gases en los componentes de la UEAEP	100
Cuadro 31: Parámetros de Operación para la Muestra A (Castaña) en la UEAEP-01	109
Cuadro 34: Costos de los materiales directos para la confección de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto.....	119
Cuadro 35: Costos de los materiales normalizados para la confección de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto.....	120
Cuadro 36: Costos por maquinado en la construcción de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto.....	121
Cuadro 37: Costos directos totales en la construcción de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto.....	121
Cuadro 38: Costos de materiales indirectos en la construcción de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto.....	122
Cuadro 39: Costos de materiales para operación de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto	122
Cuadro 40: Costos indirectos totales en la construcción de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto.....	123
Cuadro 41: Costo total de de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto	123

1. INTRODUCCION

En la actualidad, las empresas nacionales dedicadas a la obtención de aceite utilizan el prensado como principal operación de extracción, la cual tiene un rendimiento del 50 al 60%, no lográndose optimizar el proceso, ya que la torta resultante del prensado contiene aproximadamente hasta un 25% de aceite. Es por eso la necesidad de aplicar otra operación de extracción, por ejemplo por solvente, que asegure un máximo de rendimiento. Con esto se dará un valor agregado a la materia, ya que esta torta resultante del prensado es utilizada para la alimentación del ganado o eliminada como un residuo industrial orgánico.

Adicionalmente, las investigaciones relacionadas con la extracción de aceite por inundación de solvente son escasas, por lo cual este trabajo contribuirá con ampliar el conocimiento en este tema, así como ser la base para el desarrollo de equipos industriales que optimicen el proceso de obtención de aceite.

En este trabajo planteamos diseñar y construir, a nivel piloto, un prototipo para la extracción de aceite en semillas oleaginosas por inundación de solvente, mediante un proceso discontinuo y con una capacidad de trabajo por lote de 500 gr. de materia prima.

Para el diseño y la construcción se tendrá en cuenta la selección de material, así como la factibilidad del diseño en función del rendimiento obtenido.

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1. Materia Prima

2.1.1. Castaña (*Bertholletia excelsa*)



Figura 1: Semillas de Castaña (*Bertholletia excelsa*)

2.1.1.1. Taxonomía y Características de la Castaña

El árbol de castaña (*Bertholletia excelsa*), es un árbol nativo originario de la cuenca amazónica extendiéndose entre Bolivia, Brasil, Perú, Colombia, Venezuela y Guyana, siendo los tres primeros países mencionados los más importantes exportadores. (Augstburger et al., 2000).

La castaña (*Bertholletia excelsa*) pertenece a la familia de las lecitidáceas. El árbol alcanza hasta 50m de altura. La castaña crece en frutos redondos y duros que pueden pesar hasta 2-3 kilogramos. Los frutos contienen un promedio de 12-24 semillas (castaña), siendo recolectados al inicio de la temporada de lluvias después de caer a tierra.

La temporada de florecencia es de Octubre a Diciembre, el fruto capsular que puede pesar hasta 1.5 Kg. necesita de 12-15 meses para su maduración. El fruto de la castaña posee una cáscara leñosa y bastante dura, puede contener de 15 a 24 semillas, cuyo tamaño varía entre 4 y 7 centímetros. En Madre de Dios hay, por lo menos 1,200,000 ha de bosques tropicales en donde se encuentran árboles de castaña con una densidad de 1 hasta 13 árboles de castaña por ha. La recolección de este fruto representa la tercera fuente de ingresos en la región después del oro y la madera. (Peña, 2010).

2.1.1.2. Composición Química de la Castaña

La castaña (*Bertholletia excelsa*) es una semilla oleaginosa de alto valor energético, y rica en proteínas con alto valor biológico. Presenta muchos otros constituyentes indispensables para una buena alimentación, como vitamina E, minerales como potasio, magnesio, sodio entre otros, el selenio, antioxidante que está siendo preferido en la prevención de cáncer y enfermedades cardiovasculares, se puede consumir cruda, tostada, salsa y en preparación de dulces y productos de confitería, es altamente calórico debido a la alta concentración de lípidos y proteínas (Souza y Menezes, 2004)

Cuadro 1: Composición Química de la Semilla de Castaña

Componentes	100g de Almendras	
Energía	654.0 – 694.0	cal peso fresco
Agua	2.0 – 4.6	g peso fresco
Proteína	15.0 – 17.0	g peso seco
Grasa	67.0 – 70.1	g peso seco
Fibra	0.0 – 70.0	g peso seco
Ceniza	3.0 – 3.6	g peso seco
Fósforo	93.0	mg peso seco
Potasio	715.9	mg peso seco
Hierro	3.4	mg peso seco
Sodio	1.0	mg peso seco
Tiamina	0.96	mg
Riboflavina	0.12	mg
Niacina	1.60	mg

Fuente: Baltazar Vela, O. Estudio etnobotánico y de mercado de productos forestales no maderables extraídos del bosque y áreas afines en la ciudad de Pucallpa-Perú (2011).

2.1.1.3. Industria de la Castaña

Dentro de los usos de la castaña figura en primer lugar su consumo en estado fresco, como insumo en la industria de chocolates, rellenos, panadería, harina, pastelería y confitería.

La castaña de segunda y tercera calidad, se usa principalmente para la elaboración de aceite comestible y jabones a nivel de pequeños módulos productivos artesanales (Sotero et al., 2011)

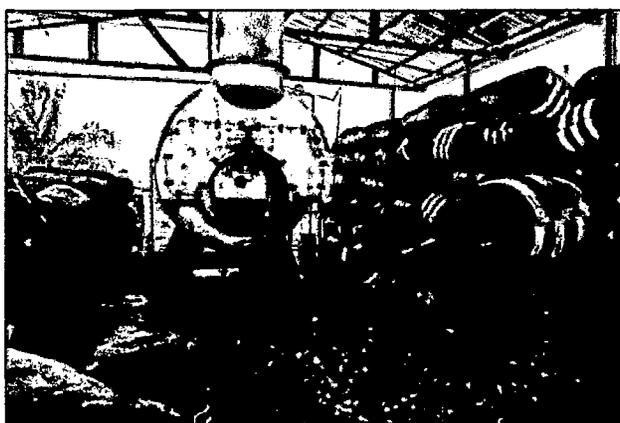


Figura 2: Industria de la Semilla de Castaña

2.1.1.4. Aceite de Castaña



Figura 3: Aceite de Castaña Industrializado

El aceite obtenido de las semillas es rico en grasas no saturadas, que tienen tendencia a reducir el nivel de colesterol en la sangre.

El aceite de castaña es rico en omega 6 y vitamina E, es ideal para ser consumido en ensaladas y con pescados. Tiene un sabor fino y suavemente dulce. Las calorías son las mismas que se encuentran en cualquier otro aceite, la ventaja yace en que la composición nutricional privilegiada de esta castaña tiene un alto tenor de proteína, una buena proporción de fibras, alto índice de ácido grasos de origen vegetal y una óptima concentración de minerales esenciales (Instituto Boliviano de Comercio Exterior, 2009).

Cuadro 2: Ficha Técnica del Aceite de Castaña

FISICO-QUIMICO		
ENSAYOS REALIZADOS	Unidades	Cantidad
QUIMICA NUTRICIONAL		
Fósforo	mg/kg	14.5
QUIMICA GENERAL		
Acidez (Ácido Oleico)	g/100g	0.440
Índice de peróxido	meqO2/kg	8.54
Índice de saponificación	---	181
Índice de Yodo	---	96.6
FISICO		
Densidad relativa (20/25°)	---	0.916
Índice de refracción a 40°	---	1.4641
Índice de refracción a 25°	---	1.4699
Rancidez	---	Negativo
PERFIL DE ACIDOS GRASOS		
Ácido Palmítico	C16:0 (%)	14.67
Ácido Palmitoleico	C16:1 (%)	0.26
Ácido Esteárico	C18:0 (%)	10.06
Ácido Oleico	C18:1 (%)	30.26
Ácido Linoleico	C18:2 (%)	44.22
Ácido Linoleico	C20:0 (%)	0.24
Aflatoxina B1	ppb	N.D.
Aflatoxina G1	ppb	N.D.
Aflatoxina B2	ppb	N.D.
Aflatoxina G2	ppb	N.D.

Fuente: Instituto Boliviano de Comercio Exterior (2009).

2.1.2. Soya (*Glycine max*)

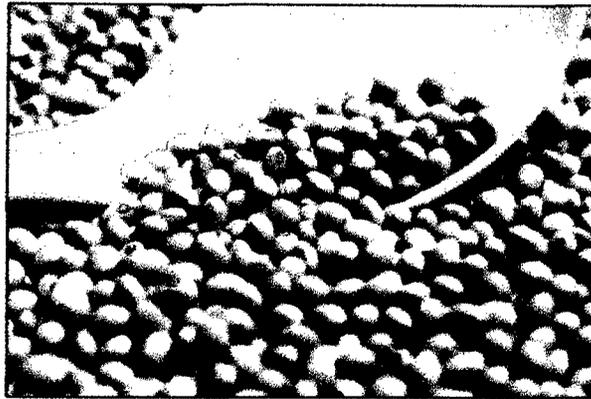


Figura 4: Semillas de Soya (*Glycine max*)

2.1.2.1. Taxonomía y Características de la Soya

La soya es una importante semilla perteneciente a la familia de las leguminosas, existen tres especies principales: *Glycine ussuriensis* en estado natural, *Glycine max* cultivada y *Glycine gracilis* intermedia. Siendo *Glycine max* la más desarrollada en todo el mundo.

Las diferentes variedades de soya son generalmente similares en estructura, sin embargo varían significativamente en color. La semilla de soya tiene dos partes principales: la cubierta y el cotiledón. La cubierta es distinta con una marcada abertura y el embrión muestra los rasgos principales de la leguminosa, que son dos cotiledóneos abultados (Salunkhe et. al 1992).

El volumen de proteínas en la semilla de soya es almacenado en los cuerpos proteicos, los cuales pueden variar de 2 a 20 μm de diámetro. El aceite es

localizado es unas pequeñas estructuras llamadas esferosomas, las cuales se encuentran entre los cuerpos proteicos y son de 0.2 a 0.5 μm de diámetro. (Salunkhe et. al 1992).

2.1.2.2. Composición Química de la Soya

La soya tiene aproximadamente la siguiente composición promedio:

Cuadro 3: Composición Química de las Semillas de Soya

Componente	%
Proteína	40%
Lípidos	20%
Celulosa y Hemicelulosa	17%
Azúcares	7%
Fibra Cruda	5%
Cenizas	6%

Fuente: Salunkhe et. al 1992

2.1.2.3. Aceite de Soya

El aceite de soya es un producto importante de la industria procesadora de soya. La mayoría de la cosecha de soya es procesada en aceites y harinas a través de un proceso de extracción con solventes. Dicho proceso consiste principalmente de tres pasos: 1) preparación de la soya, 2) extracción del aceite y 3) extracción del solvente (Erickson, 1990).

El aceite de soya es uno de los más importantes aceites, es más barato que el aceite de maíz y girasol, se caracteriza por su alto contenido de ácido linoleico y su bajo contenido de ácidos grasos saturados, lo que lo hace más deseable nutricionalmente comparado con otros aceites saturados. El aceite de soya posee ciertas ventajas comparado con otros aceites vegetales:

- Un alto nivel de insaturación está presente.
- El aceite permanece líquido sobre un amplio rango de temperaturas.
- Puede ser hidrogenado selectivamente para mezclarlo con aceites o semisólidos.
- Posee antioxidantes naturales (tocoferoles) (Pryde, 1990).

Composición Química del Aceite de Soya

La composición del aceite de soya crudo y refinado es dada en el cuadro 04. El proceso de refinado no afecta la composición de ácidos grasos, pero remueve la mayoría de los pigmentos y disminuye el contenido de algunos constituyentes minoritarios como los tocoferoles y esteroides (Pryde, 1990).

Cuadro 4: Composición Promedio del Aceite de Soya Crudo y Refinado

Componente	Aceite crudo	Aceite refinado
Triglicéridos	95-97	>99
Fosfátidos	1.5-2.5	0.003-0.045
Material no saponificable	1.6	0.3
Esteroles	0.33	0.13
Tocoferoles	0.15-0.21	0.11-0.18
Hidrocarburos	0.014	0.01
Acidos grasos libres	0.03-0.7	<0.05
<u>Metales traza</u>		
Hierro, ppm	1-3	0.1-0.3
Cobre, ppm	0.03-0.05	0.06

Fuente: Pryde, 1990.

En suma a estos constituyentes, el aceite crudo contiene pequeñas cantidades de otros materiales incluyendo ceras, pigmentos y minerales. Las ceras se originan de la corteza de las semillas de soya y son ésteres de cadena larga, ácidos grasos y alcoholes. Uno de los pigmentos predominante es el β -Carotenos es destruido mediante hidrogenación y con altas temperaturas en la deodorización (Pryde, 1990).

Ácidos Grasos en el Aceite de Soya

El contenido de ácidos grasos del aceite de soya se presenta en el cuadro:

Cuadro 5: Ácidos Grasos presentes en el Aceite de Soya

Acido	%
Mirístico	0.1
Palmítico	10.5
Estearico	3.2
Oleico	22.3
Linoleico	54.5
Linolénico	8.3
Araquidónico	0.2
Eicosenoico	0.9

Fuente: Pryde, 1990

Los triglicéridos del aceite de soya incluyen ácidos grasos saturados e insaturados. El único paso del proceso de refinación que tiene efecto sobre los tipos de ácidos grasos presentes es la hidrogenación parcial, la cual resulta en la formación de cantidades pequeñas de isómeros geométricos y posicionales de los ácidos insaturados originalmente presentes (Pryde, 1990).

El grado de hidrogenación parcial del aceite de soya tiene impacto en la composición. El aceite de soya tiene de un 2-13%, con un promedio de 7% de ácido linolénico en sus ácidos grasos. El clima y la variedad tienen un marcado efecto sobre el contenido de ácidos linolénico. El ácido linolénico es un ácido graso poli-insaturado y es mucho más susceptible a la auto-oxidación que los ácidos oléico y linoléico (Erickson, 1990).

2.2. Extracción de Aceite

Los procesos de extracción de aceite vegetal son generalmente llevados a cabo mediante los métodos de prensado y por solvente. El calentamiento de las semillas se realiza con el objeto de tornar las membranas celulares más permeables al paso de las grasas. Esta fase aumenta el rendimiento de la extracción si la humedad de las semillas oscila en un rango adecuado (Brossard et al., 2010)

2.2.1. Extracción de Aceite por Presión

La presión de semillas oleaginosas se realiza hoy día casi exclusivamente mediante prensas continuas llamadas normalmente *expellers*. Las antiguas prensas abiertas y las prensas hidráulicas de carga discontinuas están ahora obsoletas. En la prensa clásica se distinguen las siguientes partes principales:

- Alimentación de la semilla.
- Sin fin cónico de presión.
- Cesta.
- Cono regulable de salida del turtó.

El funcionamiento del expeller es como sigue: la semilla entra por la parte anterior del sin fin por presión, que la hace avanzar, por las espiras helicoidales de que está provisto, a lo largo de la cesta, realizada con especial configuración. A medida que avanza encuentra un espacio, entre el sin fin y la cesta, cada vez más reducido, lo que hace aumentar la presión en la masa. La cesta está

constituida de muchos segmentos de acero especial, convenientemente espaciados de forma que permiten la salida del aceite. La masa de la semilla continúa su recorrido hasta el final del sin fin por donde ha de salir. En la parte final del sin fin existe un cono de acero que, moviéndose a lo largo del eje de la prensa, puede regular el espacio que queda entre la parte final del sin fin y del propio cono, lo cual permite regular fácilmente el espesor de la lámina de semilla prensada que sale de la prensa, y por consiguiente, el grado de presión a que se somete la semilla.

Las prensas pueden ser utilizadas para dos fines distintos:

- A) Extraer la máxima cantidad posible de aceite de una semilla que posteriormente no va a ser sometida a ningún otro proceso;
- B) Extraer una cierta cantidad de aceite, siendo tratado posteriormente el turtó resultante en otro proceso de recuperación del aceite residual.

Naturalmente las prensas continuas del grupo A) deben realizar un trabajo mucho más fuerte que las del grupo B), ya que el aceite residual en el turtó debe ser lo más bajo posible.

2.2.2. Extracción de Aceite por Solvente

La extracción del aceite de una semilla oleaginosa por medio de solvente es un procedimiento que se usa en la casi totalidad de las plantas que trabajan estos productos. La ecuación que más se acerca a la velocidad real de difusión de la sustancia grasa de las semillas al solvente es la dada por FAN y sus colaboradores:

$$\log \frac{Q}{Q_0} = 0.0911 - 4.286 \frac{D}{(2L)^2} t \quad \text{ec. (1)}$$

En donde:

Q= Cantidad de aceite por unidad de peso después de la extracción.

Q₀= Cantidad de aceite por unidad de peso antes de la extracción.

D = Constante de difusión a una temperatura dada.

L = Espesor de las láminas.

t = tiempo de extracción.

Calculando los valores de los que toma D al variar el tiempo de extracción observamos que este valor no es constante. Esto se explica por el hecho de que, durante el tiempo de contacto de las semillas y el solvente, tienen lugar de forma simultánea dos procesos de extracción, de los cuales uno es más rápido que el otro.

Se ha verificado que la mayor parte del aceite fácilmente extraíble proviene de las células que se rompen durante los procesos de trituración, cocción, presión o laminado, mientras que la fracción, más difícil de extraer proviene de las células enteras o rotas parcialmente.

Se pueden distinguir dos procesos de extracción: El aceite obtenido de las células rotas (extracción por solución) y el aceite que se extrae de las células enteras (extracción por difusión).

Investigaciones experimentales realizadas en la Universidad de Roma confirmaron que el tiempo de extracción, en función de la cantidad de aceite extraído, es casi lineal, hasta llegar a un contenido residual en las semillas del alrededor del 5 por ciento (Bernardini, 1986)

A parte del coeficiente de difusión, otros importantes factores tienen influencia en el complejo proceso de extracción, tales como:

- Tiempo de extracción.
- Cantidad de solvente.
- Temperatura del solvente.
- Tipo de solvente.

2.2.2.1. Tiempos de Extracción de Aceite

En los cuadros 06; 07 y 08 aparecen datos referentes a pruebas de extracción sobre cantidades iguales de semillas; 100g en las mismas condiciones de temperatura, variando solamente el tiempo de extracción y las cantidades de solvente según las relaciones: Treinta minutos con 930 cm³ de solvente; sesenta minutos con 1860 cm³ de solvente; ciento veinte minutos con 3720 cm³ de solvente.

De los resultados indicados se pueden deducir las conclusiones que siguen, y que por otra parte están confirmadas por la práctica industrial.

- A) El tiempo de extracción tiene una importancia fundamental sobre la cantidad de aceite extraído de una semilla.
- B) La mayor parte del aceite que se extrae en los primeros treinta minutos de la extracción.
- C) Para poder dejar la harina con un aceite residual inferior al 1 por ciento se requiere un muy largo.
- D) Cada semilla se comporta de distinto modo durante el proceso de extracción.

Cuadro 6: Extracción de Aceite de Diversas Semillas Oleaginosas a 30 minutos

Tiempo de extracción 30 minutos	Contenido de aceite (g)	Aceite residual después de la extracción (g)	Cantidad de solvente Cm³
Soja laminada	19.69	1.27	930
Torta de maní	12.60	1.07	930
Torta de girasol	11.90	1.40	930
Torta de colza	14.55	2.65	930
Pepa de uva laminada	15.75	3.77	930
Orujo de aceituna	6.21	2.78	930

Fuente: Bernardini (1986).

Cuadro 7: Extracción de Aceite de Diversas Semillas Oleaginosas a 60 minutos

Tiempo de extracción 60 minutos	Contenido de aceite (g)	Aceite residual después de la extracción (g)	Cantidad de solvente Cm³
Soja laminada	19.69	0.96	1860
Torta de maní	12.60	0.48	1860
Torta de girasol	11.90	0.74	1860
Torta de colza	14.55	1.36	1860
Pepa de uva laminada	15.75	2.08	1860
Orujo de aceituna	6.21	1.98	1860

Fuente: Bernardini (1986).

Cuadro 8: Extracción de Aceite de Diversas Semillas Oleaginosas a 120 minutos

Tiempo de extracción 120 minutos	Contenido de aceite (g)	Aceite residual después de la extracción (g)	Cantidad de solvente Cm³
Soja laminada	19.69	0.35	3720
Torta de maní	12.60	0.26	3720
Torta de girasol	11.90	0.42	3720
Torta de colza	14.55	0.72	3720
Pepa de uva laminada	15.75	0.90	3720
Orujo de aceituna	6.21	0.96	3720

Fuente: Bernardini (1986).

2.2.2.2. Cantidad de Solvente en la Extracción de Aceite

En los cuadros 09; 10 y 11 aparecen los datos obtenidos, de los que se deducen las siguientes conclusiones:

- A) A igual tiempo y temperatura, la cantidad de solvente tiene una gran influencia en la extracción hasta llegar a una relación (peso-volumen) semilla-volumen de 1:18. A partir de esta relación el rendimiento aumenta muy poco, y cuando se alcanza la relación 1:88 el rendimiento casi no aumenta.
- B) La cantidad de solvente necesaria para bajar el contenido de aceite en la harina al mismo valor es diferente, según tipo de semilla.
- C) Las semillas de fibra leñosa, como las de uva y orujo de aceituna, requieren una mayor cantidad de solvente de lavado para obtener los mismos rendimientos extracción (Bernardini, 1986)

Cuadro 9: Extracción de Aceite de Diversas Semillas Oleaginosas con 930 cm³ de Solvente

Tiempo de extracción 60 minutos	Contenido de aceite (g)	Aceite residual después de la extracción (g)	Cantidad de solvente Cm ³
Soja laminada	19.69	1.83	930
Torta de maní	12.60	1.05	930
Torta de girasol	11.90	1.44	930
Torta de colza	14.55	2.18	930
Pepa de uva laminada	15.75	2.40	930
Orujo de aceituna	6.21	2.85	930

Fuente: Bernardini (1986).

Cuadro 10: Extracción de Aceite de Diversas Semillas Oleaginosas con 1860 cm³ de Solvente

Tiempo de extracción 60 minutos	Contenido de aceite (g)	Aceite residual después de la extracción (g)	Cantidad de solvente Cm³
Soja laminada	19.69	1.83	1860
Torta de maní	12.60	0.48	1860
Torta de girasol	11.90	0.74	1860
Torta de colza	14.55	1.36	1860
Pepa de uva laminada	15.75	2.08	1860
Orujo de aceituna	6.21	1.98	1860

Fuente: Bernardini (1986).

Cuadro 11: Extracción de Aceite de Diversas Semillas Oleaginosas con 2790 cm³ de Solvente

Tiempo de extracción 60 minutos	Contenido de aceite (g)	Aceite residual después de la extracción (g)	Cantidad de solvente cm³
Soja laminada	19.69	0.84	2790
Torta de maní	12.60	0.45	2790
Torta de girasol	11.90	0.73	2790
Torta de colza	14.55	1.33	2790
Pepa de uva laminada	15.75	1.80	2790
Orujo de aceituna	6.21	1.75	2790

Fuente: Bernardini (1986).

2.2.2.3. Temperatura de Solvente en la Extracción de Aceite

Una tercera serie de pruebas fueron realizadas para ver la influencia que la temperatura del solvente tenía en el rendimiento de la extracción. Las condiciones en que se realizaron las pruebas fueron:

- Cantidad de semilla tratada: 100g.
- Tiempo de extracción: 2 horas.
- Cantidad de solvente utilizado: 2790 cm³
- Temperatura de extracción: 20; 30; 40 y 50 °C

El cuadro 12 recoge los resultados.

Cuadro 12: Extracción de Aceite de Diversas Semillas Oleaginosas a Diversas Temperaturas

Tiempo de extracción 2h	Contenido en aceite (g)	Aceite residual después de la extracción, g			
		Temperatura de extracción, °C			
		20	30	40	50
Soja Laminada	19.69	0.88	0.40	0.23	0.20
Torta de maní	12.60	0.77	0.35	0.20	0.19
Torta de girasol	11.90	1.00	0.51	0.36	0.28
Torta de colza	14.55	1.14	0.78	0.60	0.53
Pepa de uva laminada	15.20	1.07	0.64	0.47	0.40
Orujo de aceituna	6.21	1.38	0.97	0.77	0.67

Fuente: Bernardini (1986).

2.2.2.4. Tipos de Solvente para la Extracción de Aceite

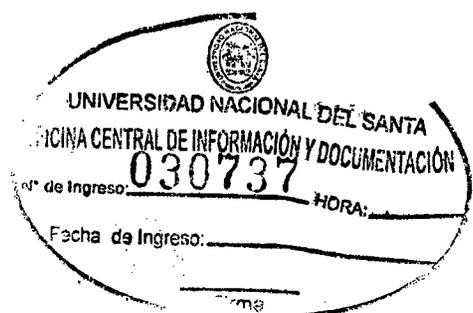
Los solventes más utilizados son: Hexano comercial, benceno, tricloroetileno y sulfuro de carbono. Para observar el poder extractivo de estos cuatro productos se realizaron, siempre en las mismas condiciones, una serie de pruebas que dieron los resultados expuestos en el cuadro 13; las condiciones de trabajo fueron:

- Cantidad de semilla tratada: 100g.
- Tiempo de extracción: 4 horas.
- Cantidad de solvente utilizado: 2790 cm³.
- Temperatura de extracción: 45°C.

Cuadro 13: Extracción de Aceite de Diversas Semillas Oleaginosas con Diversos Solventes

Tiempo de extracción 4h	Contenido en aceite (g)	Aceite residual después de la extracción (g)			
		Hexano	Benceno	Sulfuro de carbono	Tricloro etileno
Soja Laminada	19.69	0.40	0.44	0.32	0.18
Torta de maní	12.60	0.35	0.32	0.27	0.20
Torta de girasol	11.90	0.51	0.58	0.47	0.31
Torta de colza	14.55	0.78	0.72	0.51	0.27
Pepa de uva laminada	15.20	0.64	0.70	0.58	0.31
Orujo de aceituna	6.21	0.97	0.92	0.68	0.38

Fuente: Bernardini (1986).



De los resultados obtenidos se puede deducir que:

- A) El hexano y benceno tienen prácticamente el mismo poder solvente.
- B) El sulfuro de carbono tiene un poder solvente mayor que el hexano y el benceno.
- C) El tricloroetileno tiene un poder solvente casi el doble que el hexano y benceno

Aunque de estos datos parece desprenderse que el tricloroetileno sería el mejor solvente para la extracción del aceite de las semillas oleaginosas, hay que llamar la atención sobre otra serie de pruebas realizadas con la finalidad de ver la influencia del solvente sobre la calidad del aceite extraído.

Para estudiar la pureza de los aceites de extracción se ha determinado el contenido en productos insolubles en éter de petróleo, solvente altamente selectivo, habiéndose obtenido los datos que se recogen en el cuadro 14.

Estos resultados indican que el mayor poder solvente va siempre acompañado de un empeoramiento en la calidad de los aceites extraídos.

En efecto, los elementos presentes, insolubles en éter, demuestran que, además del aceite, se habían extraído otros productos no deseables tales como fosfátidos, oxiácidos, etc. (Bernardini, 1986)

Cuadro 14: Insolubles en Éter presentes en la Extracción de Aceites con Diversos Solventes

Tipo de Semilla	Insolubles en éter			
	Hexano	Benceno	Sulfuro de carbono	Tricloroetileno
Soja Laminada	0.36	0.41	0.91	1.06
Torta de maní	0.22	0.22	0.68	0.91
Torta de girasol	0.31	0.42	0.86	1.36
Torta de colza	0.27	0.31	0.71	1.05
Pepa de uva laminada	0.41	0.40	0.81	1.30
Orujo de aceituna	0.68	0.61	1.10	1.78

Fuente: Bernardini (1986).

Debiéndose elegir el solvente más adecuado para obtener la mejor calidad del aceite, la elección debe caer sobre el hexano o el benceno, dado que hoy casi todos los aceites van destinados a la alimentación humana, que exige que el producto sea lo más puro posible. Por esto es por lo que hoy, en todo el mundo, se utilizan dichos solventes. Hay que precisar, sin embargo, que no es solamente el factor de calidad lo que determina la elección de estos solventes, sino que hay otros factores, de carácter físico, que es necesario tener en cuenta. Observando el cuadro 15, que recoge las principales características físicas de los solventes, y teniendo en cuenta que la extracción por solvente es una operación que tiene lugar en forma volumétrica, se pueden obtener las siguientes conclusiones:

- El benceno y hexano tienen un calor latente de vaporización mucho más bajo que el sulfuro de carbono y que el tricloroetileno.
- El sulfuro de carbono tiene una temperatura de ebullición demasiado baja, y una tensión de vapor, a 20°C, demasiado alta;
- El tricloroetileno, por tener una tensión de vapor baja a 20°C, tiene una temperatura de ebullición demasiado alta (Bernardini, 1986).

Cuadro 15: Características Físicas de los Solventes (Hexano, Benceno, Sulfuro de Carbono y Tricloroetileno)

Tipo de solvente	Peso especif. a 15°C	Calor latente de vapor. por litro	Calor especif. por litro	Punto de ebullición, °C	Límite explosión Vol.
Hexano	0.680	54	0.358	68-60	2,4-4,8
Benceno	0.700	56	0.360	60-70	2,5-4,8
Sulfuro de Carbono	1.292	112	0.310	46-26	1,7-2,8
Tricloroetileno	1.469	84	0.327	87	

Fuente: Bernardini (1986).

Además de estos factores de carácter cualitativo y físico hay otros factores químicos que hacen preferible al hexano y benceno al sulfuro de carbono y tricloroetileno. Estos factores son fundamentalmente la acción corrosiva de estos últimos, y de sus vapores, a los materiales férricos con los que están en contacto. De hecho, el sulfuro de carbono, produce con el tiempo, compuestos sulfurados, y el tricloroetileno produce vapores clorados. Desde el punto de

vista de la toxicidad, el sulfuro de carbono es el más peligroso, porque son suficientes 32g por metro cúbico para producir un ambiente intolerable.

De todas las consideraciones sobre estos cuatro solventes examinados se puede concluir diciendo;

- A) Los solventes más aptos para la extracción de aceite de una semilla oleaginosa con el hexano y el benceno.
- B) El sulfuro de carbono hay que descartarlo, por su peligrosidad y toxicidad.
- C) El tricloroetileno podría utilizarse solamente en los casos en que es absolutamente necesario utilizar productos no inflamables y cuando la calidad del aceite no es de primordial importancia (Bernardini, 1986).

Cuadro 16: Propiedades Físicas de los Solventes

Tipo de solvente	Peso molecular	Peso especif. (15°C)	P. ebul. (°C)	Calor latente Vapor. (Kcal/Kg)	Calor especif. (Kcal/Kg)	Tensión vapor a 20°C mm	Toxic. mg/m ³ a 20°C
Hexano	86	0.680	68-6	54	0.527	88	10,800
Benceno	84	0.700	60-70	56	0.527	80	10,800
Sulfuro de carbono	86	1.292	46-26	112	0.240	298	1,500
Tricloroetileno	131	1.469	87	84	0.223	70	11,000

Fuente: Bernardini (1986).

Además de estos solventes hay otros productos que utilizan en casos especiales, entre los que debemos recordar el éter de petróleo, que se utiliza en los casos en que la temperatura de ebullición no debe superar ciertos límites (ejemplo: la extracción de aceites esenciales); la acetona, que es un

solventes selectivo para la extracción de gosisol en la harina de semilla de algodón; el dicloroetileno, para la extracción de manteca de cacao.

Anteriormente se ha acentuado el hecho que el aceite se encuentra en las células olíferas englobadas en la masa de la semilla, y que estas células pueden estar enteras o rotas por efecto de las operaciones de trituración, acondicionamiento, presión o laminado a las que la semilla ha sido sometida con anterioridad al tratamiento del solvente; se ha indicado, además que el aceite que ha salido de las células rotas es más fácilmente extraíble que el que todavía se encuentra en las células enteras.

Se distinguen dos fases de extracción: por solución y difusión; el primero es de efecto rápido, y el segundo más lento (Sotero et al., 2011).

2.2.3. Extracción de Aceite por Percolación e Inmersión

La extracción del aceite de una semilla oleaginosa por medio de lavado de solvente se puede realizar las tres maneras:

- A) Por percolación.
- B) Por inmersión.
- C) Por procedimiento mixto percolación-inmersión.

El procedimiento de percolación se lleva a cabo mediante una lluvia del solvente de manera tal que llegue a toda la masa, pero sin llenar todos los espacios vacíos existentes entre las semillas. En otras palabras, se realiza la verdadera percolación cuando el solvente envuelve a todas las partículas de la semilla con una película de líquido en continuo recambio.

El procedimiento de inmersión se realiza, por el contrario, cuando la masa de semilla va inmersa completamente en el solvente, incluso si éste está en movimiento.

Lo indicado comporta lo siguiente:

- A) En el procedimiento de percolación, la velocidad del solvente en contacto con la superficie de semilla es grande, ya que el film o la película de líquido escurre velozmente sobre las partículas por efecto de la fuerza de gravedad.
- B) En el proceso por inmersión, al encontrarse la semilla inmersa en el solvente, la velocidad de recambio del solvente sobre la superficie de las partículas es necesariamente lenta, incluso si circula rápidamente.
- C) Para poder realizar el proceso por percolación es necesario que las partículas de la semilla tengan un tamaño que permita un fácil drenaje del solvente a través de la masa.
- D) El proceso de inmersión puede realizarse fácilmente aunque la semilla haya sido reducida a partículas de pequeños tamaños.
- E) En ambos procesos, el lavado de la semilla se debe realizar en contracorriente, es decir, la semilla más pobre en aceite se debe poner en contacto con el solvente de menos concentración en aceite.

Se comprende que el proceso de percolación se presta muy bien para extraer el aceite de la semilla que se encuentra en estado libre por la acción de tratamientos previos (extracción por solución), mientras que el proceso por inmersión es más adecuado para extraer el aceite de las células todavía enteras (extracción por difusión).

El proceso por percolación, al trabajar con grandes con grandes velocidades de paso del solvente, requiere, necesariamente, de varios reciclados del mismo, y por tanto, se deberá realizar varias etapas de lavado, con el fin de poner en contacto la semilla pobre en aceite con el solvente de menor contenido en dicho producto y viceversa. Se trata, por tanto, de una extracción en diversas etapas, aunque sea de modo continuo, y nunca podrá realizarse un perfecto lavado en contracorriente.

El proceso de inmersión, que trabaja, por el contrario, con baja velocidad de paso del solvente, puede realizar una extracción continua con un perfecto lavado en contracorriente sin necesidad de recirculaciones. Este último concepto, que podría considerarse sin duda una ventaja del proceso por inmersión, está compensado por otro elemento que, por el contrario, es ventajoso para el proceso por percolación, y que se refiere a la concentración de aceite en la miscela de lavado, que en el proceso por percolación puede alcanzar valores muy altos, llegando al 35% por efecto del reciclado de la misma, mientras que en el proceso por inmersión esta concentración difícilmente llega al 15%. Este hecho repercute sensiblemente sobre los costos de operación, de lo que se tratará con mayor detalle al hablar de los tipos de plantas.

El proceso de extracción por percolación es adecuado para tratar semillas oleaginosas que han sido bien preparadas, con bajos porcentajes de finos, mientras que el procedimiento por inmersión tendrá éxito en los casos en que la semilla oleaginosa se presenta en pequeñas partículas y con altos porcentajes de finos.

Parece que el dilema entre uno y otro procedimiento está resuelto en el aparato Soxhlet, donde se realiza una extracción mixta percolación-inmersión con resultados muy buenos, y tanto es así que este aparato se utiliza para la determinación analítica del contenido en aceite de una sustancia grasa (Bernardini, 1986).

2.2.3.1. Filtración de Aceite-Solvente (Miscela)

Como se indicó al hablar de los extractores, el principal enemigo del proceso de extracción son las finas partículas existentes en la masa de semilla preparada. Estos finos, aparte de perjudicar a la extracción, tienen el grave inconveniente de que en buena parte pasan a la miscela y si no se eliminan de ésta originan, en los procesos posteriores, los graves inconvenientes que los técnicos de estas industrias conocen bien.

Por desgracia, la filtración de la miscela no siempre se efectúa correctamente, y a veces se encuentran instalaciones carentes de filtro, siendo fácil comprobar la mala calidad de los aceites producidos en las instalaciones. La filtración de la miscela es una operación indispensable para obtener buenos aceites y altos rendimientos, así como evitar complicaciones en los circuitos de preconcentración y destilación. La operación de filtrar las miscelas presenta algunas dificultades por la presencia de solvente volátil e inflamable, por lo que es necesario trabajar con filtros cerrados y la mínima mano de obra posible. En una planta de extracción con capacidad de tratamiento de semilla de 240tons/24 horas, suponiendo que la semilla tiene un 20% de aceite y

admitiendo que después del lavado se obtiene una miscela con una concentración del 25% de aceite, veamos que es necesario filtrar cada hora cerca de 10 000 litros de miscela. La dificultad de filtración de esta miscela varía según el tipo de semilla, pudiendo observarse algunos datos comparativos en el cuadro 17 (Bernardini, 1986)

Cuadro 17: Filtración de Miscela a través del Tiempo

Tipo de semilla	Litros de miscela filtrado por m ² de la superficie de filtración después de:				
	1 hora	2 horas	3 horas	4 horas	5 horas
Soja	600	600	500	400	200
Girasol	600	400	260	200	140
Cacahuete	400	280	180	160	40
Colza	500	350	200	140	80
Sésamo	400	250	150	100	---

Fuente: Bernardini (1986).

Estos datos nos demuestran la dificultad de dimensionar las superficies de los filtros y el porqué es frecuente encontrar instalaciones con filtros mal dimensionados. Una planta que deba trabajar todo tipo de semillas oleaginosas debería instalar no menos de 2m² de superficie filtrante efectiva por tonelada de semilla trabajada en 24 horas.

En la Figura 5 y 6 se muestran esquemáticamente dos típicos filtros utilizados en la filtración de mezclas aceite-solvente que sale de la planta de extracción.

El filtro de la Figura 5 es muy utilizado, pero presenta el inconveniente de que cuando se trata de semillas ricas en finos o miscelas de difícil filtración (cacahuete, sésamo, etc) las tortas que se forman entre las placas tienden a tocarse y en estas condiciones es muy difícil, con lavados a contracorriente, desprenderlas y extraerlas del filtro. Cuando esto sucede es necesario abrir el filtro y realizar una limpieza a mano, con los peligros que ello lleva consigo.

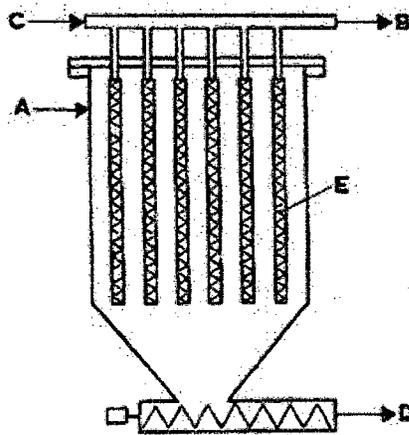


Figura 5: Filtro estático para filtración de miscela: A) Entrada de miscela, B) Salida de miscela, C) Entrada de solvente de lavado, D) Salida de suspensión torta-solvente, E) Placa filtrante

El filtro de la Figura 4, presenta la gran ventaja, sobre los filtros estáticos, de poder eliminar fácilmente las tortas que se forman entre las placas filtrantes, ya que éstas están en movimiento y en correspondencia con duchas de lavado que cubren toda la cara de la superficie filtrante. Otra ventaja es la gran superficie filtrante que puede conseguirse con aparatos de dimensiones no demasiado grandes (Bernardini, 1986).

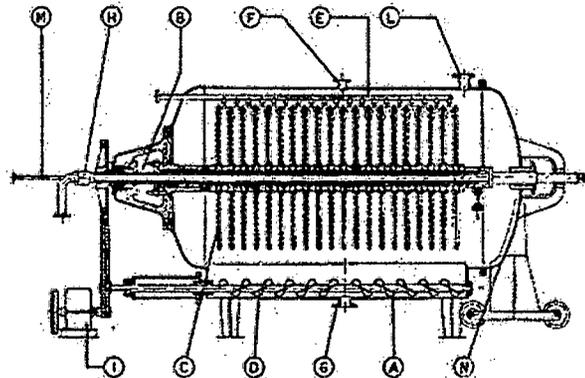


Figura 6: Filtro rotativo de miscela: A)Carcasa, B)Eje rotativo hueco, C)Placa filtrante, D)Agitado extractor, E)Ducha de solvente, F)Entrada de miscela, G)Salida de lodo, H)Salida de miscela filtrada, I)Venteo, M)Entrada de solvente de lavado, N)Puerta deslizable.

Normalmente estos filtros se montan por pares, ya que siendo de funcionamiento discontinuo, uno está en fase de filtración y otro en fase de limpieza.

2.2.3.2. Destilación de la Miscela

La finalidad de esta operación es la de separar totalmente el solvente del aceite y obtener aceite de buena calidad. Las normas a seguir para llevar a buen término este objetivo son:

- A) Destilar la miscela a la temperatura lo más baja posible y no superior a 110°C.
- B) Hacer que el aceite permanezca el menor tiempo posible en los aparatos de destilación.
- C) Eliminar las últimas trazas del solvente contenido en el aceite mediante arrastre de vapor inyectado directamente en el aceite (stripping).

Estas condiciones se consiguen en equipos especiales de funcionamiento continuo. Los destiladores discontinuos son ya parte de la historia y por lo tanto aquí se pasará revista a algunos de los destiladores continuos utilizados en la moderna industria del aceite.

En la Figura 7 se muestra un destilador continuo constituido por un haz de tubos, recalentados por vapor de agua (caso de los destiladores) o con vapores de solvente (caso de los preconcentradores), de una cámara de expansión y de un colector para el reciclado de la miscela que une la cámara con la parte inferior de haz tubular. Este equipo se usa generalmente tanto como destilador como preconcentrador de la mezcla aceite-solvente (Bernardini, 1986).

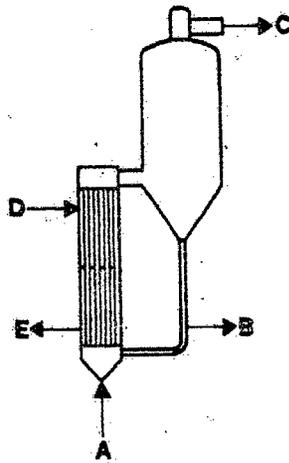


Figura 7: Destilador Continuo: A) Entrada de miscela, B) Salida de aceite, C) Salida de vapores de solvente, D)Entrada vapores de calentamiento, E)Salida de vapores calentamiento

2.3. El Hexano

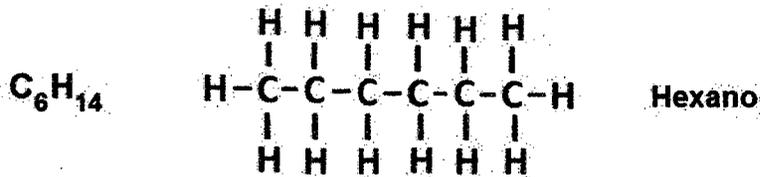


Figura 8: Fórmula Química del Hexano

El hexano es un líquido incoloro con un olor parecido al del petróleo. Es menos denso que el agua e insoluble en ella, sus vapores son más densos que el aire.

El producto comercial generalmente contiene otros compuestos hidrocarbonados como isómeros de seis carbonos, benceno, algunos compuestos de 5 y 7 carbonos y otros con azufre, oxígeno, cloro, dobles ligaduras, aunque en menor proporción.

Se obtiene del petróleo, por destilación de fracciones de las que se obtienen gasolinas o a través de reformados catalíticos, por medio de los que se obtienen compuestos aromáticos.

Una forma de obtener N-hexano de gran pureza es pasarlo a través de malla molecular, en la cual se retienen las n-parafinas y eluyen las ramificadas, cíclica y compuestos aromáticos. Un posterior cambio de temperatura y/o presión, permite recuperar las parafinas lineales. En el caso de contener impurezas con dobles ligaduras u otros elementos como azufre, oxígeno o halógenos, entonces la purificación debe llevarse a cabo mediante hidrogenación.

El N-hexano forma parte de la gasolina para automóviles y es utilizado en la extracción de aceite de oleaginosas; como disolvente en reacciones de

polimerización y en la formulación de algunos productos adhesivos, lacas, cementos y pinturas. También se utiliza como desnaturalizante de alcohol y en termómetros para las lecturas de temperaturas bajas en lugar de mercurio. Por último, en el laboratorio se usa como disolvente y como materia prima en síntesis (Grasso, F.V. 2013).

En el cuadro 18 se presentan los datos generales y algunas propiedades químicas del N-hexano.

Cuadro 18: Datos generales y propiedades químicas del N-hexano

Nombre Comercial	Nombre Químico
Hexano	Hidrocarburo alifático
Peso Molecular (g/n)	Familia Química
86.17	Hidrocarburo del petróleo
Sinónimos	Fórmula Molecular
N-hexano, hexil hidride, metil n-butyl metano	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_4 \text{CH}_3$

Fuente: www.quimicompuestos.com, 2014

En el cuadro 19 se puede detallar las propiedades físicas del N-hexano.

Cuadro 19: Propiedades físicas del N-hexano

Temperatura de fusión (°C) -60 a 760 mmHg	Temperatura de ebullición (°C) 66 a 760 mmHg
Presión de vapor a 20 °C (mmHg) 50	Densidad relativa del líquido (Agua=1) 0.66 (agua = 1)
Densidad de vapor (aire = 1) 3 (aire = 1)	Solubilidad en agua (mg/ml) 6.1
Reactividad en agua Ninguna	Estado físico, color y olor Líquido incoloro, de olor característico, muy volátil.
Velocidad de evaporación (ac. de butilo 1) 15.5	Punto de inflamación (°C) 21.7
Temperatura de auto ignición (°C) ND °C	Porcentaje de volatilidad 100% a 21 °C
Límites de inflamabilidad Inferior: 1.8% Superior: 11.6	Índice de refracción (20 °C) 1.375

Fuente: www.quimicompuestos.com, 2014.

La mayor parte del N-hexano usado en la industria se mezcla con sustancias químicas similares llamadas solventes. El uso principal de los solventes que contienen N-hexano es en la extracción de aceites vegetales (Grasso, F.V. 2013).

2.4. Intercambio de Calor

La transferencia de calor es la energía en tránsito debido a una diferencia de temperaturas en un cuerpo o entre cuerpos diferentes. Siempre que exista una diferencia de temperaturas, la energía se transfiere de la región de mayor temperatura a la de menor temperatura.

De acuerdo a los conceptos de la termodinámica, la energía que se transfiere como resultado de una diferencia de temperatura es el calor.

- Las leyes de la termodinámica tratan de la transferencia de energía, pero sólo se aplican a sistemas que están en equilibrio (pueden utilizarse para predecir la cantidad de energía requerida para modificar un sistema de un estado de equilibrio a otro), pero no sirven para predecir la rapidez (**tiempo**) con que pueden producirse estos cambios.
- La transferencia de calor, complementa los principios termodinámicos proporcionando métodos de análisis que permitan predecir esta velocidad de transferencia térmica.

Para proceder a realizar un análisis completo de la transferencia del calor es necesario considerar tres mecanismos diferentes: conducción, convección y radiación (Kern, 1999).

2.4.1. Transmisión de Calor por Conducción

La conducción, es el único mecanismo de transmisión de calor posible en los medios sólidos opacos, cuando en estos cuerpos existe un gradiente de temperatura. El calor se trasmite de la región de mayor temperatura a la de menor temperatura, debido al movimiento cinético o el impacto directo de las moléculas como en el caso de los fluidos en reposo o por el arrastre de los electrones como sucede en los metales.

La ley básica de la conducción del calor (Joseph Fourier), establece: "La tasa de transferencia de calor por conducción en una dirección dada es proporcional al área normal a la dirección del flujo de calor y al gradiente de temperatura en esa dirección" (Kern, 1999).

$$Q_x = -kA \frac{dT}{dx} \quad \text{ec. (2)}$$

Donde:

Q_x = Tasa de flujo de calor a través del área A en la dirección positiva.

k = Conductividad térmica.

A = Área de sección transversal de la transferencia de calor.

$\frac{dT}{dx}$ = Gradiente de temperatura.

El flujo real de calor depende de la conductividad térmica (k), que es una propiedad física del cuerpo.

El signo (-) es consecuencia del segundo principio de la termodinámica, según el cual el calor debe fluir hacia la zona de temperatura más baja. El gradiente de temperatura es negativo si la temperatura disminuye para valores crecientes de x , por lo que el calor transferido de la dirección positiva debe ser una magnitud positiva, por lo tanto, al segundo miembro de la ecuación anterior hay que introducir un signo negativa, esto se puede ver en la Figura 9.

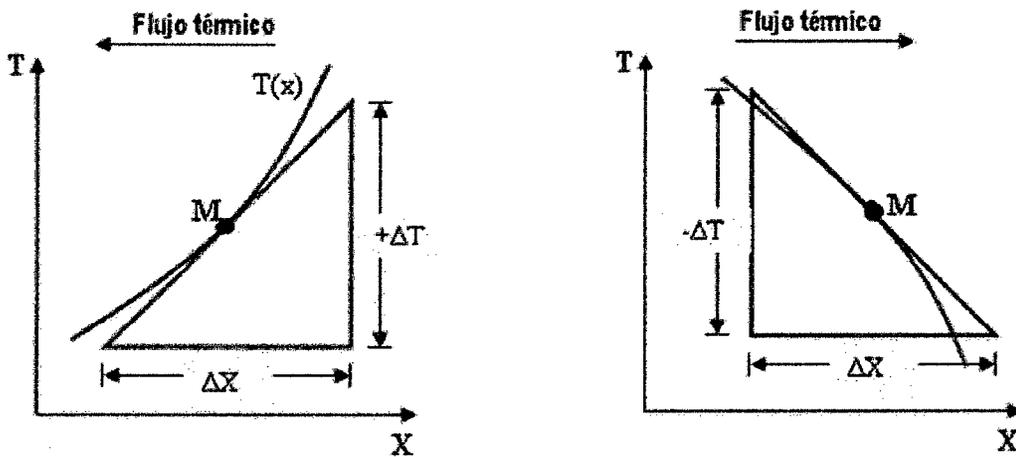


Figura 9: Signos para la transmisión de calor por conducción

2.4.2. Trasmisión de Calor por Convección

Cuando un fluido a una temperatura (T_f) se pone en contacto con un sólido cuya superficie de contacto está a una temperatura distinta (T_s), al proceso de intercambio de energía térmica se denomina convección. Existen dos tipos de convección:

2.4.2.1. Convección Libre o Natural

Ocurre cuando la fuerza motriz procede de la variación de densidad en el fluido como consecuencia del contacto con una superficie a diferente temperatura, lo que da lugar a fuerzas ascensionales, el fluido próximo a la superficie adquiere una velocidad debida únicamente a esta diferencia de densidades, sin ninguna fuerza motriz exterior.

2.4.2.2. Convección Forzada

Tiene lugar cuando una fuerza motriz exterior mueve un fluido con una velocidad (v), sobre una superficie que se encuentra a una temperatura T_s mayor o menor que la del fluido T_f , como la velocidad del fluido en la convección forzada es mayor que en la convección natural, se transfiere por lo tanto, una mayor cantidad de calor para una determinada temperatura (Incropera, 1999).

Independiente de que la convección sea natural o forzada, la cantidad de calor transmitido Q_c , se puede determinar de la siguiente manera:

$$Q_c = h A (T_s - T_f) \quad \text{ec. (3)}$$

Donde:

h = Coeficiente de transmisión de calor por convección en la interface líquido-sólido.

A = Área superficial en contacto con el fluido.

2.4.3. Transmisión de Calor por Radiación Térmica

Mientras que la conducción y la convección térmica tienen lugar sólo a través de un medio natural, la radiación térmica puede transportar el calor a través de un fluido o del vacío, en forma de ondas electromagnéticas o fotones como resultado de los cambios en las configuraciones electrónicas de los átomos o moléculas, estos se propagan a la velocidad de la luz.

La cantidad de energía que abandona una superficie en forma de calor radiante depende de la temperatura absoluta a la que se encuentra y también la naturaleza de la superficie (Holman, 1999).

El radiador perfecto o cuerpo negro, emite una cantidad de energía radiante de su superficie, Q_r

$$Q_r = \sigma A T^4 \quad \text{ec. (4)}$$

Donde:

σ = Constante dimensional de Stefan-Boltzmann

$5.67 \times 10^{-8} \text{ w/m}^2 \cdot \text{K}^4$ para el sistema Internacional (SI).

$0.1714 \times 10^{-8} \text{ Btu/h pie}^2 \cdot \text{R}^4$ para el sistema americano de ingeniería.

A = Área.

T = Temperatura absoluta.

2.5. Diseño de Equipos

2.5.1. Concepto del Diseño

El objetivo del diseño es la vinculación del dominio funcional al dominio físico, lo cual implica una continua interacción entre lo que se quiere conseguir y la forma como se consigue (Suh, 1990).

El diseño en ingeniería, propone la generación y evaluación sistemática e inteligente de especificaciones para artefactos cuya forma y función alcanzan los objetivos establecidos y satisfacen las restricciones especificadas (Dym et. al, 2002).

2.5.2. Metodología del Diseño

De acuerdo a las definiciones formales, el método hace referencia a la manera cómo una persona (un ingeniero), realiza su tarea (diseñar); las técnicas son las herramientas que utiliza tal persona para aplicar su método; el modelo es la forma de representar el método, con el fin de estudiarlo y comprenderlo; la metodología es el estudio formal del método. De esta manera, mientras que las técnicas son herramientas para el método, el modelo lo es para la metodología (Salvat, 1997).

2.5.2.1. Métodos de diseño

Cross (1984) hace una recopilación de los diferentes métodos de diseño desarrolladas entre los años 1962 a 1982, identificando cuatro periodos, el primero comprendido entre 1962-67, en el que se refleja el intento por aplicar nuevos métodos y técnicas desarrolladas en la segunda guerra mundial, en la estructuración y gestión de todo el proceso de diseño, intento que, se puede afirmar que fracasó. El segundo periodo comprendido entre 1966-73, se describe como aquel en el que se intenta entender la complejidad de los problemas del diseño.

Otro enfoque de la complejidad del tema se aborda tratando de entender la forma cómo los diseñadores abordan el proceso tradicional del diseño, para lo cual se recurre desde entrevistas abiertas hasta laboratorios controlados, enfoque que tuvo su máximo interés a finales de los 70. Entre 1972-82 se define como el cuarto periodo en el que emerge un enfoque más filosófico del diseño, que busca comprender y asimilar las experiencias ganadas en los años anteriores.

2.5.2.2. Modelos de diseño

En general se distinguen dos modelos:

A) Modelo descriptivo del diseño: El modelo lineal del proceso de diseño, aunque resulta muy básico, permite identificar las fases del diseño que son comúnmente aceptadas por la mayoría de investigadores. En la primera fase se buscan conceptos o principios de solución al problema, para lo

cual se analiza el problema identificado, se sintetiza una o varias posibles soluciones y se evalúan con respecto a restricciones. En la fase del diseño preliminar se avanza en la concretización de una solución al problema, determinando componentes e interacciones con el suficiente grado como para poderla evaluar objetivamente. La fase del diseño de detalle corresponde a la generación de todas las especificaciones necesarias para la producción solución (Salvat, 1997).

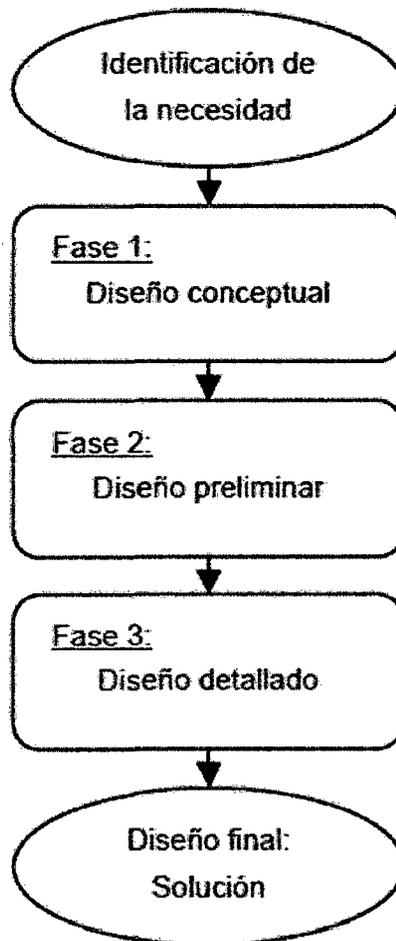


Diagrama 1: Fases de modelos descriptivos de diseño.

B) Modelos prescriptivos de diseño: Además de describir, dan pautas para desarrollar cada una de las fases y etapas del proceso de diseño. El modelo más conocido es el **“Total Desing”**, compuesto de actividades genéricas válidas para el diseño de cualquier producto, tales como: análisis de mercado, diseño conceptual, diseño de detalle, fabricación y venta (Pugh, 1990).

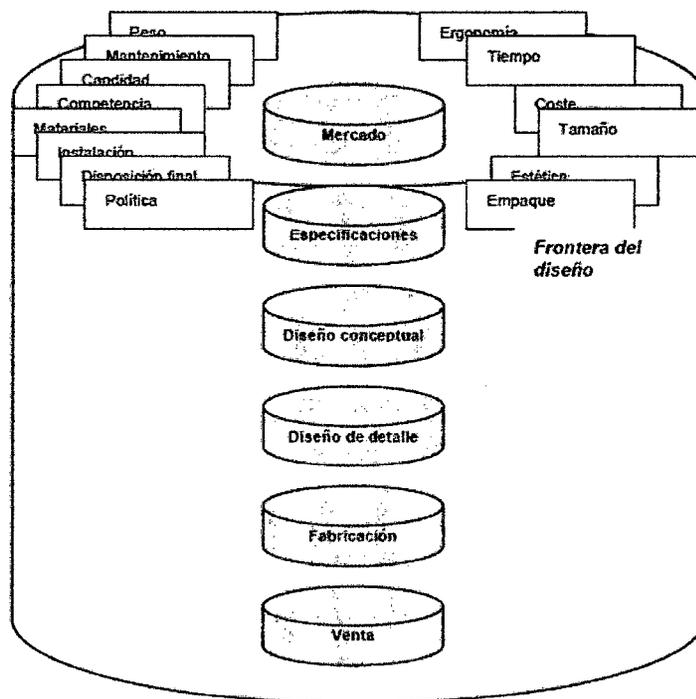


Diagrama 2: Fases de modelo prescriptivo de diseño.

3. MATERIALES Y METODOS

El trabajo de investigación fue desarrollado en los laboratorios de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Santa.

- Laboratorio de Operaciones Unitarias y Automatización.
- Laboratorio de Análisis y Composición de Productos Agroindustriales.

3.1. Materiales y Equipos

3.1.1. Materia Prima

Se emplearon 2 tipos de semillas oleaginosas para comprobar la extracción de aceite, los cuales fueron:

- A. Castaña:** Estas semillas provenientes del departamento de Madre de Dios, fueron trituradas para obtener una mayor superficie para la extracción de aceite.
- B. Soya:** Estas semillas provenientes del departamento de Cuzco, al igual que las castañas se procedió a triturar antes de ingresar al extractor.

3.1.2. Materiales

Se utilizaron materiales para los análisis de laboratorio, así como materiales para la construcción del prototipo.

3.1.2.1. Materiales de Laboratorio

A) Materiales de Vidrio

- Vasos de precipitado de 500 ml.
- Matraz de Erlenmeyer de 1 Lt.
- Probeta de 500 ml.
- Fiola de 500 ml.

B) Materiales de Metal

- Vernier de 0-150 mm.

3.1.2.2. Herramientas

- Vernier de 0-150 mm.
- Destornillador punta plana.
- Destornillador punta estrella.
- Alicates

3.1.2.3. Materiales para construcción

- Plancha de fierro galvanizado 2 mm.
- Abrazaderas inoxidable Ø ½'
- Válvulas inoxidable Ø ¼'
- Niples escamados Ø ¼'
- Manguera plástica Ø ¼'
- Manguera jebe y lona Ø ½'

3.1.2.4. Reactivos

- Hexano al 95%
- Alcohol 96°

3.1.3. Software

- El software SolidWorks Premium 2014, fue utilizado para el diseño de los planos del prototipo extractor de aceite.
- Excel 2010.
- MS PROJECT 2013.

3.1.4. Equipos Auxiliares

- Equipo de baño maría, marca AQUA BATH, modelo 18007 A-1CE
- Balanza analítica, marca DENVER INSTRUMENT COMPANY, modelo AA-200
- Bomba peristáltica, marca MASTER FLEX, modelo 77200-62
- Resistencia eléctrica de 2000 w.
- Motoreductor de 15 RPM.
- Sensor de temperatura marca DATA TRACE MPRF, Modelo: M4T11801

3.2. Procedimiento Experimental

Para el diseño y construcción del prototipo se plantea la siguiente metodología: El diseño el prototipo, el cual consiste en los criterios preliminares, dimensionamiento, cálculo de calor y selección de material; construcción de prototipo, es aquí donde se detalla los trabajos de confección y ensamble de las partes de acuerdo al diseño. Por último la operación del prototipo, detallando el rendimiento del proceso y los parámetros de trabajo.

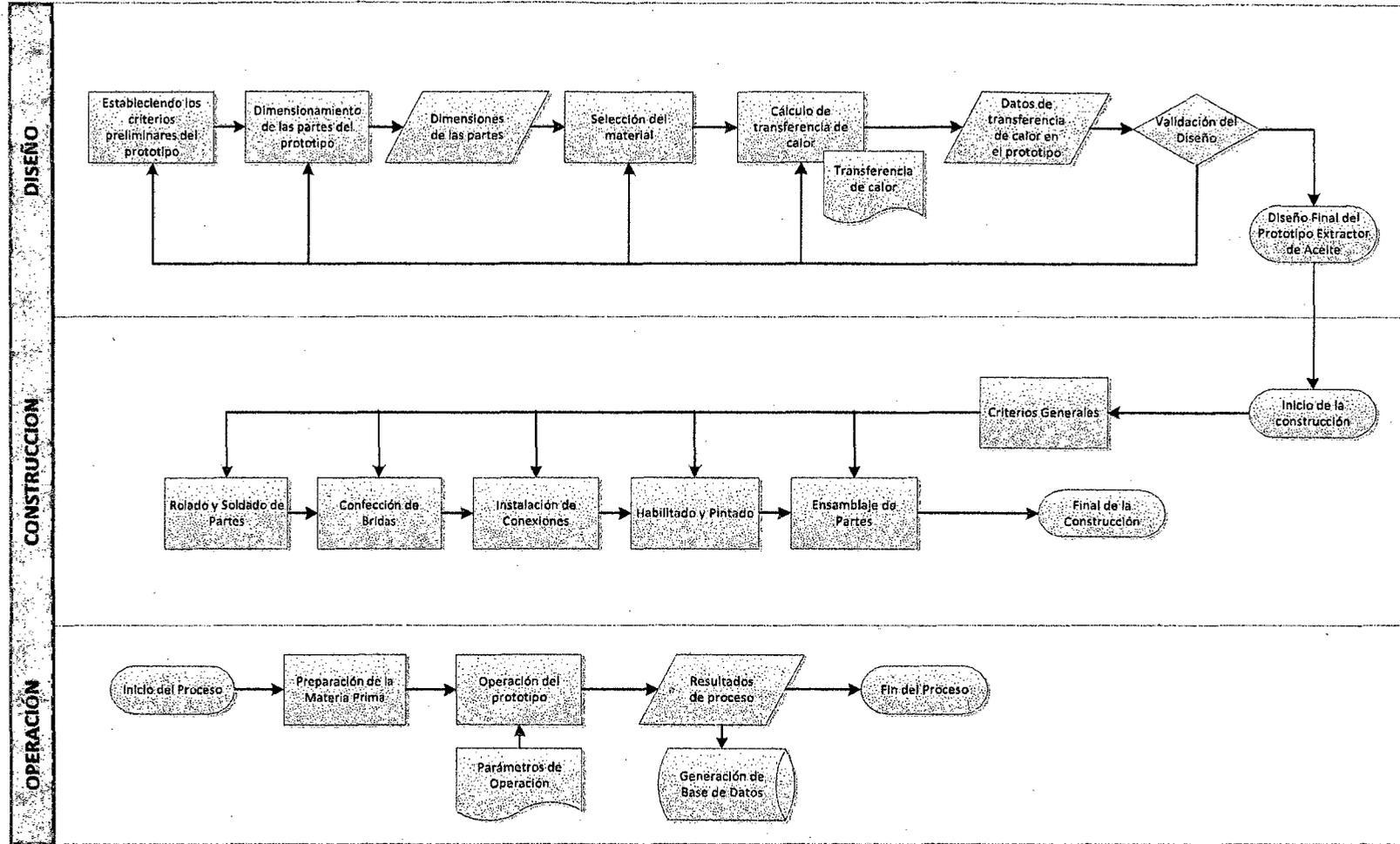


Diagrama 3: Diseño Experimental

3.2.1. Diseño del Prototipo

3.2.1.1. Criterios Preliminares

Se requiere construir un prototipo de una unidad que realice la extracción de aceite de semillas oleaginosas por inundación de solvente (hexano al 95%), el proceso será discontinuo (por lotes o batch) con una relación (masa/volumen) de 1:5, por lo que deberá contar con un tanque de almacenamiento de solvente de 8 Lt. mínimo. La capacidad de la cámara de extracción será de 500 gr. de muestra, la cual será sometida a una agitación y calentamiento constante con el fin de acelerar la velocidad de lixiviación y por lo tanto reducir el tiempo de extracción. La muestra, en este caso soya y castaña, será triturada previamente para luego ser utilizada en el prototipo.

Dicho prototipo, de ahora en adelante denominado **UEAEP (Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto)** estará constituido por 5 partes o componentes, las cuales cumplen una determinada función, éstas se detallan a continuación:

A. Cámara de Extracción de Aceite (UEAEP-01): En este depósito se realizará la extracción del aceite, consistirá en un tanque enchaquetado y un agitador que homogenizará la muestra. Consideraciones :

- Capacidad requerida de 500 gr. de muestra, por lote y una relación de 1:5 (masa/volumen).
- Contar con un sistema de agitación (15 RPM).
- El sistema de calefacción mantendrá la cámara de extracción a una temperatura de $50^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ durante el tiempo de extracción. El sistema de calefacción será impulsado por bombas peristálticas, y el calentamiento será realizado por un baño maría.
- Evitar que los sólidos triturados pasen por las interconexiones, ya que provocarían una obstrucción y por consiguiente la paralización del proceso.
- Necesaria la fabricación de una estructura soporte, con una altura necesaria, para lograr que la solución se transfiera por gravedad, de un equipo a otro.

B. Tanque de recepción de miscela (UEAEP-02): En este tanque se recepcionará de forma temporal la miscela (aceite y solvente) hasta acumular una cantidad adecuada para su desolventización. Contará con un filtro para evitar que los finos ingresen a la operación siguiente. Para este caso, se considera en el diseño una capacidad de almacenamiento de 1 litro de miscela como mínimo. Se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Para garantizar la hermeticidad del recipiente, se utilizará una brida ciega con su respectiva contrabrida y empaquetadura, las cuales se unirán con pernos de $\frac{1}{4}$ x 1'.
- Para lograr retener todos los finos procedentes del extractor de aceite, se instalará un filtro para finos en el interior del tanque receptor.
- Para controlar la entrada y salida de miscela en el recipiente, se utilizarán válvulas de globo de cierre rápido.

C. Destilador de miscela (UEAEP-03): Tanque donde se realizará la separación del solvente y el aceite. Para esto se elevará la temperatura con ayuda de una resistencia eléctrica. La capacidad deberá ser de 4.5 Lt. como mínimo; para lo cual se tuvo en cuenta las siguientes consideraciones para el diseño:

- Para garantizar la hermeticidad del recipiente, se utilizará una brida ciega con su respectiva contrabrida y empaquetadura, las cuales se unirán con pernos de $\frac{1}{4}$ x 1.
- Para lograr evaporar el solvente presente en la miscela, se requerirá instalar una resistencia eléctrica en el equipo que elevará la temperatura de la mezcla.
- Para controlar la entrada y salida de miscela en el recipiente, se utilizarán válvulas globo de cierre rápido.
- El recipiente deberá contar con un condensador para la recuperación del hexano evaporado, de acuerdo al cálculo propuesto.

D. Desolventizador de torta (UEAEP-04): En este depósito será separado el solvente presente en la torta desgrasada. Se deberá tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Para garantizar la hermeticidad del recipiente, se utilizará una brida ciega con su respectiva contrabrida, con su respectiva empaquetadura, las cuales se unirán con pernos de $\frac{1}{4}$ "x1".
- Para lograr la desolventización, se instalará una cocinilla eléctrica en el equipo, evaporando el solvente presente en la torta desgrasada.
- El calentamiento será indirecto (radiación y convección), para lo cual la torta será colocada en un depósito de acero inoxidable, evitando el contacto directo de la muestra con la superficie caliente.
- Se instalará un condensador, para la recuperación del hexano evaporado, de acuerdo al cálculo propuesto.

E. Tanque de almacenamiento de solvente (UEAEP-05): Almacenar de manera hermética y segura el solvente (hexano) que será utilizado en la extracción de aceite. Contará con una capacidad mínima de almacenamiento 8 Lt.

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Dimensionamiento de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto (UEAEP)

4.1.1. Dimensionamiento de la Cámara de Extracción (UEAEP-01)

Para las consideraciones de 500 gr. de muestra por batch y 2.5 Lt. de hexano (relación masa/volumen 1:5), se procedió a calcular el volumen de trabajo, el cual fue de 3.15 Lt. (**Anexo 2, A**)

En cuanto a las dimensiones del tanque (**Anexo 2, B**), se obtuvo una altura de tanque de 178.25 mm. Pero por seguridad en el diseño se tomó una altura de fabricación de 500. El incremento favorece en la condensación de los vapores dentro del recipiente, evitando la generación de presión dentro de la cámara de extracción.

A continuación se detallan todas las dimensiones del extractor:

Cuadro 20: Dimensiones de la Cámara de Extracción de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto UEAEP-01

COMPONENTE	SECCIÓN	DIMENSIÓN (mm)	DESCRIPCIÓN
EXTRACTOR DE ACEITE	H	500	Altura total
	h	158	Altura de la chaqueta
	$\varnothing c$	202	Diámetro de la chaqueta
	$\varnothing tk$	150	Diámetro interior del Tanque
CANASTILLA PARA EXTRACTOR	H	160	Altura de canastilla
	$\varnothing c$	120	Diámetro de canastilla

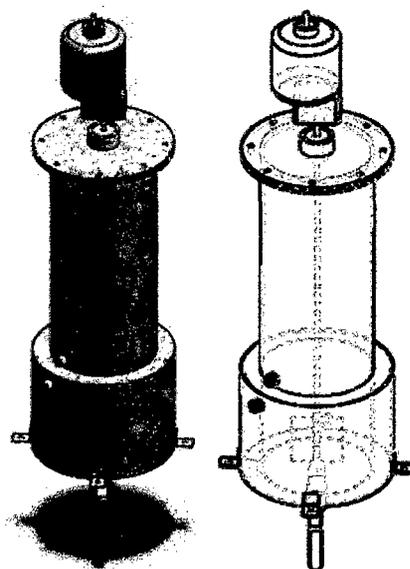


Figura 10: Cámara de extracción de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto (UEAEP-01)

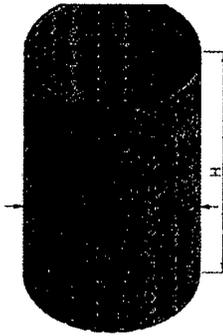


Figura 11: Canastilla para semillas de la UEAEP-01

Para el soporte se consideró una altura de 580mm, para la estructura soporte del extractor y como material soporte se utilizó hierro angular de 1" x 1" x 1/4".



Figura 12: Soporte de la UEAEP-01

Para lograr alcanzar un tiempo más bajo de extracción, se usó un sistema de agitación, el cual está constituido por un motor de 15 rpm y un eje con paletas que logra aumentar la velocidad de lixiviación y mejoró la convección al momento de calentar la muestra en la cámara de extracción.

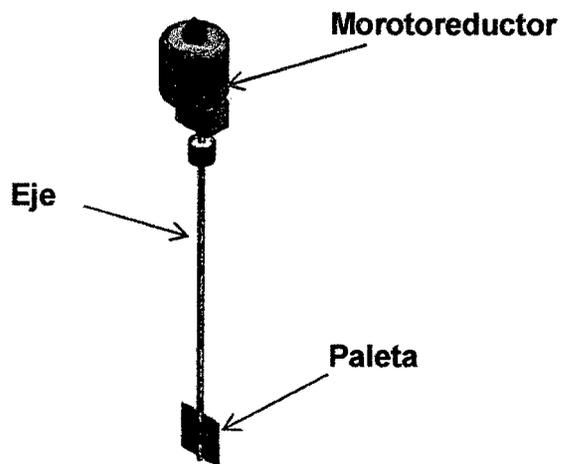


Figura 13: Sistema de agitación de la Cámara de Extracción (UEAEP-01)

4.1.2. Dimensionamiento del Tanque de Recepción de Miscela (UEAEP-02)

Las dimensiones obtenidas para una capacidad mínima de 1 Lt, se aprecian en el siguiente cuadro:

Cuadro 21: Dimensiones del tanque de recepción de miscela de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto (UEAEP-02)

Sección	Dimensión (mm)	Referencia
h	120	Altura total
d	120	Diámetro del tanque

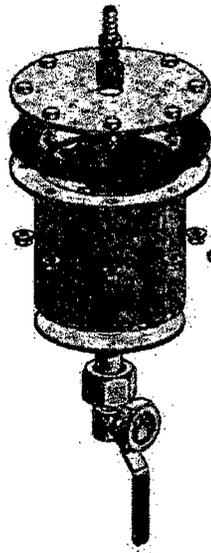


Figura 14: Tanque de Recepción de Miscela de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto (UEAEP-02)

En el interior del tanque se adicionó un filtro para la retención de los finos.



Figura 15: Filtro de partículas finas de la UEAEP-02

4.1.3. Dimensionamiento del Destilador de Miscela (UEAEP-03)

De acuerdo a la consideración del diseño de destilar 4.5 Lt. por batch, se realizó el cálculo para determinar las dimensiones del recipiente (Anexo 04, A), siendo el valor obtenido de 254.65 mm., como altura mínima, pero por seguridad en el diseño se tomó el valor de 360 mm., donde el incremento de altura se justifica en lograr condensar los vapores del solvente, evitando se genere presión dentro del recipiente que pueda ocasionar fuga por las bridas y/o reducir el tiempo de estadía de los vapores en el condensador.

Cuadro 22: Dimensiones del destilador de miscela (UEAEP-03)

Sección	Dimensión (mm)	Referencia
H	360	Altura del Tanque
h_c	150	Altura del cono
φ	150	Diámetro del tanque
D	200	Diámetro de la brida

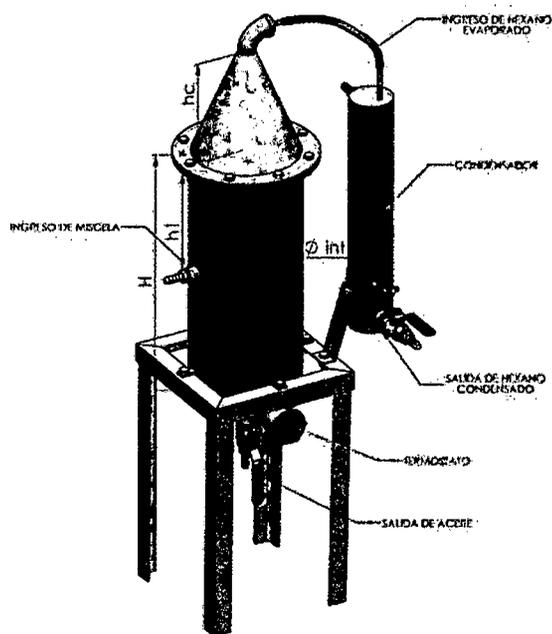


Figura 16: Destilador de Miscela de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto (UEAEP-03)

Para recuperar el hexano evaporado, se diseñó un condensador, con las siguientes dimensiones:

Cuadro 23: Dimensiones del condensador de la UEAEP-03

DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICA
Tipo de Material	Aluminio
Φ interior	4mm
Φ exterior	6mm
Longitud desarrollada	1744mm
Longitud lineal	330mm
Nº de vueltas	18
Φ vuelta	25mm



Figura 17: Serpentin del condensador de la UEAEP-03

Para la chaqueta de calefacción se consideró una sección de tubería de 2"Φ, de fierro galvanizado. En la siguiente figura se puede apreciar el diseño del condensador: serpentin y chaqueta.

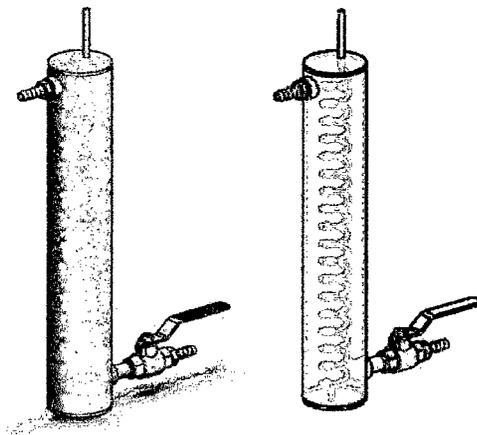


Figura 18: Condensador de la UEAEP-03

4.1.4. Dimensionamiento del Desolventizador de Torta Desgrasada (UEAEP-05)

Para la cantidad de muestra a procesar, se consideró las siguientes dimensiones:

Cuadro 24: Dimensiones del Desolventizador de Torta Desgrasada (UEAEP-04)

Detalle	Dimensión [mm]	Descripción
L	200	Altura del cuerpo cilíndrico
h_c	150	Altura del cono.
Φ_{int}	150	Diámetro del equipo.
$h_{trabajo}$	100	Altura de trabajo.

Utilizando los datos del Cuadro 24, procedemos a determinar la masa de trabajo

$m_{trabajo}$

$$m_{trabajo} = \pi \times \frac{(\Phi_{int})^2}{4 \times 1000} \times h_{trabajo} \times \rho_{torta} \quad \text{ec. (5)}$$

$$m_{trabajo} = \pi \times \frac{150^2}{4000} \times 100 \times 0.77 \frac{Kg}{L} \quad \text{ec. (6)}$$

$$m_{trabajo} = 1.36 Kg \quad \text{ec. (7)}$$

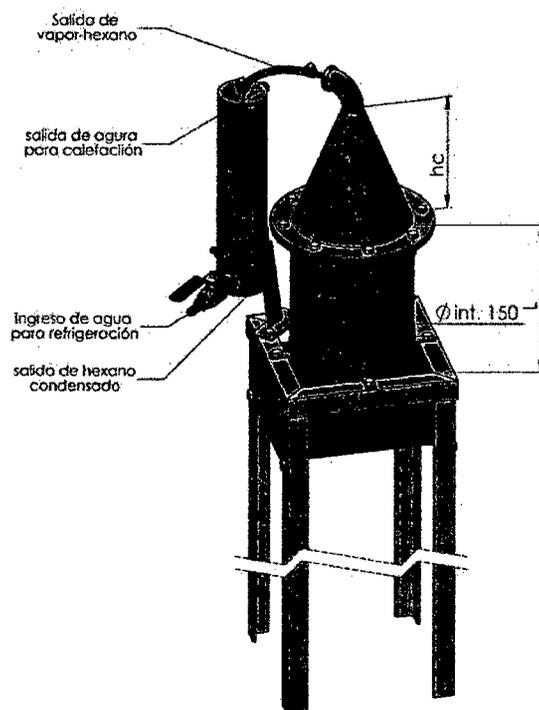


Figura 19: Desolventizador de torta desgrasada de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto (UEAEP-03)

4.1.5. Dimensionamiento del Tanque de Almacenamiento de Solvente Puro (EAEP-05)

Tomando en cuenta que la capacidad de almacenamiento requerido es de 8.31 litros (Anexo 01), se consideró las siguientes dimensiones para la fabricación.

Cuadro 25: Dimensiones del Tanque de Almacenamiento de Solvente Puro de la unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto UEAEP-05

Sección	Dimensión (mm)	Referencia
h	470	Altura total
Ø	150	Diámetro del tanque

Los planos, la lista de materiales y accesorios se pueden hallar en el Anexo 11.

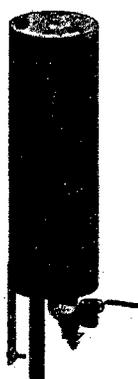


Figura 20: Tanque de Almacenamiento de Solvente Puro de la unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto (EAEP-05)

4.2. Cálculo de Calor de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto (UEAEP)

4.2.1. Cálculo de Calor de la Cámara de Extracción (UEAEP-01)

De acuerdo a las características y dimensiones del extractor (**Anexo 03-A**), se logró determinar los siguientes datos:

- Flujo calorífico para calentar el hexano y la torta (**Anexo 03 – B**):

$$Q_i = 198.0812 \text{ W}$$

- Flujo calorífico disipado al ambiente (**Anexo 03-C**)

$$Q_e = 32.4733 \text{ W}$$

- Caudal del fluido calefactor (**Anexo 03-D**)

$$m_{agua} = 3.3015 \frac{\text{Kg}}{\text{min}}$$

- Tiempo requerido para el calentamiento del sistema

$$\theta = 20.55 \text{ min}$$

4.2.2. Cálculo de Calor del Destilador de Miscela (UEAEP-03)

De acuerdo a las características y dimensiones del destilador, se lograron determinar los siguientes datos:

- Calor total necesario para evaporar el hexano (**Anexo 05**)

$$Q_T = 0.42 \text{ kW.h}$$

- Calor necesario para condensar el hexano (**Anexo 06**)

$$Q_{condensación} = 1306.369 \frac{\text{KJ}}{\text{Batch}}$$

- Calor necesario para condensar el hexano (**Anexo 06**)

$$\theta = 28.25 \frac{\text{min}}{\text{Batch}}$$

4.3. Construcción y Ensamblado de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto (UEAEP)

4.3.1. Criterios Generales de la UEAEP

4.3.1.1. Selección del Material de la UEAEP

Como es sabido, el material adecuado para todo equipo que va procesar productos que directa o indirectamente están destinados para el uso o consumo humano, es el acero inoxidable debido a sus propiedades físicas. En este caso, al ser un prototipo escala piloto de extracción, se decidió trabajar con un material económico y de resistencia a las propiedades del solvente orgánico, el acero galvanizado.

El acero Galvanizado es un material recubierto con zinc fundido para protegerla de corrosión por inmersión caliente (hot dip) y electrodeposición o galvanizado electrolítico. De allí se derivan toda una gama de productos que hacen del acero galvanizado un producto de múltiples posibilidades (Acesco, 2000)

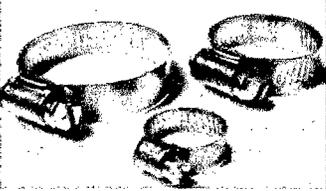
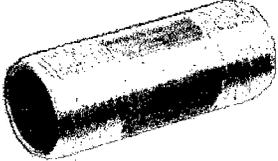
El serpentín, por ser un accesorio para la transmisión de calor, se utilizó el aluminio, por sus propiedades físicas en la conductividad térmica (Cao, 2004).

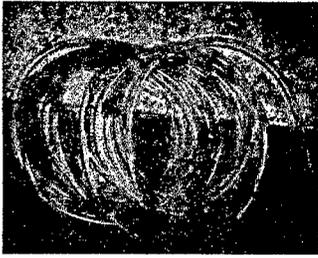
Para el acople de motor del sistema de agitación, se utilizó un bocina de bronce, debido la fatiga de trabajo que lleva el accesorio.

4.3.1.2. Selección de Válvulas y Accesorios de la UEAEP

Se utilizaron los siguientes accesorios:

Cuadro 26: Válvulas y accesorios utilizados en la UEAEP

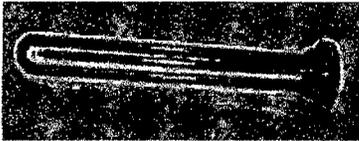
GRAFICO	DETALLE
	<p>Válvula de cierre rápido Marca: Euro Valve Mod: 600 WOG. Φ: 1/4".</p>
	<p>Abrazadera para mangueras accesorios: Material: Inoxidable/bronce. Tamaño: Φ1" y 1/4"Φ.</p>
	<p>Niple roscado ambos lados. Material: Bronce. Tipo de Hilos: NPT. Medidas:<ul style="list-style-type: none">- 1/4" x 2"- 1/4" x 1"</p>
	<p>Niple escamado para manguera Φ1/4". Material: Bronce. Tipo de Hilo: NPT. Medidas:<ul style="list-style-type: none">- 1/2" x 1/4".- 1/4".</p>



Manguera de plástico para interconectar los equipos en el sistema.

Medidas:

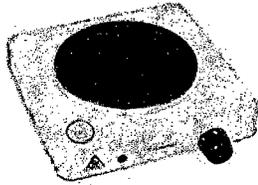
- Ø 1/4".
- Ø 1/2".



Resistencia eléctrica.

Voltaje: 220V.

1000W



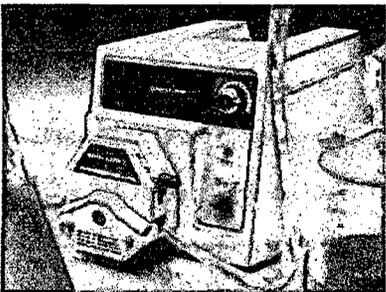
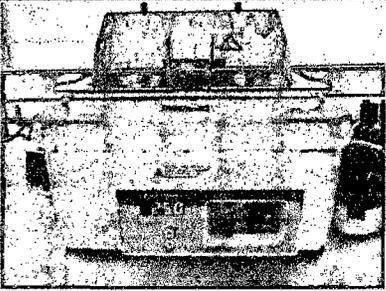
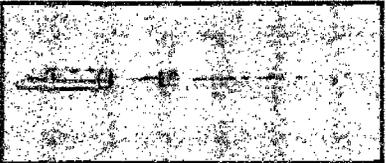
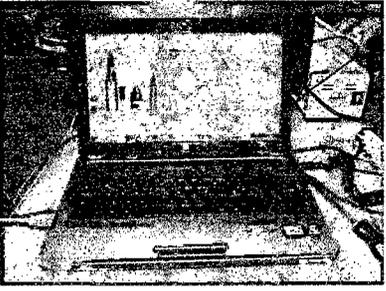
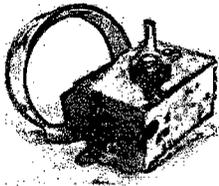
Cocinilla eléctrica:

Voltaje: 220V

4.3.1.3. Equipos Auxiliares de la UEAEP

Para la puesta en marcha de la UEAEP, se requiere de equipos auxiliares proporcionados por la escuela académica. A continuación, se detallan los equipos utilizados:

Cuadro 27: Lista de equipos auxiliares utilizadas en la UEAEP

GRAFICO	DETALLE
	<p>Bomba Peristáltica Marca: Master Flex Modelo: 77200-62 Capacidad: 0.48L-1.6L/min.</p>
	<p>Baño maría Marca: AQUA BATH. Modelo: 18007 A-1CE Capacidad: 5L.</p>
	<p>Sensor de Temperatura DATA TRACE MPRF Modelo: M4T11801 Marca: DATA TRACE Rango: -80°C a +140°C</p>
	<p>LAPTOP Marca: Toshiba. Para uso del software del DATA TRACE MPRF</p>
	<p>TERMOSTATO</p>

Cabe identificar los equipos que se encargan de la calefacción de la cámara de extracción.

Cuadro 28: Equipos auxiliares para la calefacción de la UEAEP-01

ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN DEL EQUIPO
01	02	Bomba peristáltica.	01 Inyección de solvente puro. 02 Recirculación del agua para calefacción
02	01	Baño maría	Calefacción de agua



Figura 21: Equipos auxiliares para calefacción de la UEAEP-01

4.3.2. Fabricación de Componentes de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto (UEAEP)

4.3.2.1. Fabricación de la Cámara de Extracción (UEAEP-01)

De acuerdo al diseño y selección del material para la cámara de extracción de aceite, se procedió al habilitado y soldeo de sus partes, así como el ensamble de los componentes, de acuerdo a los planos elaborados (**Anexo 7**).

Los pasos seguidos para la fabricación de la UEAEP-01 fueron los siguientes:

- 1) Rolado de la plancha de acero galvanizado para el cuerpo de la cámara de extracción y para la tapa.
- 2) Soldeo de las uniones en cámara de extracción.
- 3) Acoplamiento de la base con la cámara de extracción.
- 4) Acoplamiento de la chaqueta a la cámara de extracción.
- 5) Confección de las bridas y contrabridas.
- 6) Soldeo de la brida y contrabrida al cuerpo y la tapa respectivamente.
- 7) Instalación de niples y válvulas.
- 8) Soldeo y armado de soportería.
- 9) Habilitado y pintado base de todas las piezas, pintura rojo óxido.
- 10) Instalación de canastilla para muestras.
- 11) Ensamble del sistema eléctrico y de agitación.
- 12) Pintado final de las piezas, pintura color aluminio.
- 13) Confección e instalación de empaquetadura para la tapa.
- 14) Acoplamiento de la cámara de extracción a la soportería.

- 15) Fijación de las mangueras para las interconexiones. Se utilizaron abrazaderas inoxidable $\varnothing 1/2'$.

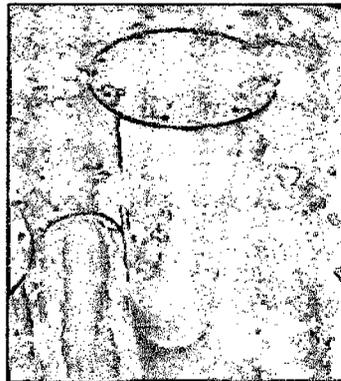


Figura 22: Paso 3° en la fabricación de la UEAEP-01

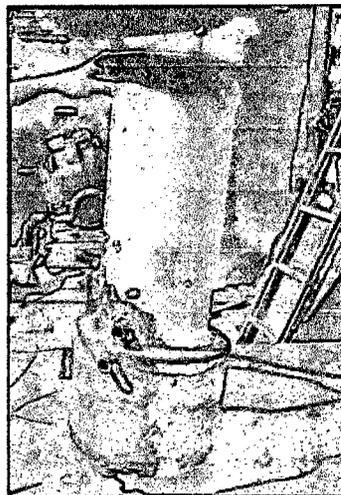


Figura 23: Paso 4° en la fabricación de la UEAEP-01

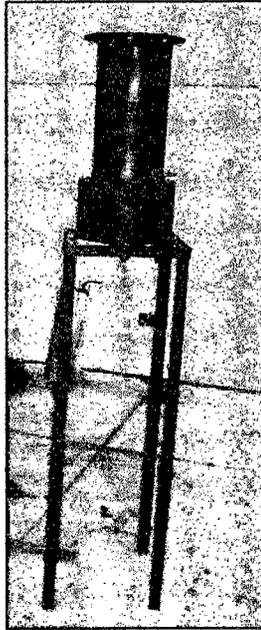


Figura 24: Paso 9° en la fabricación de la UEAEP-01

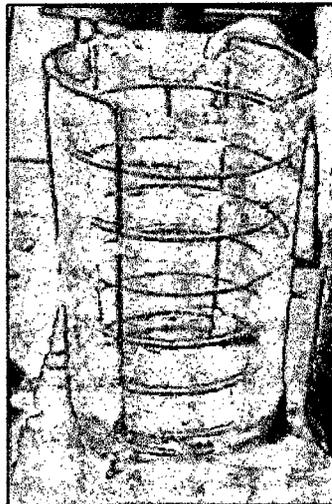


Figura 25: Paso 10° en la fabricación de la UEAEP-01

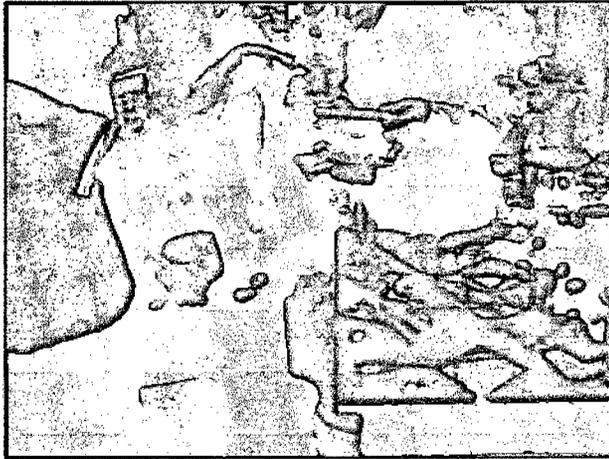


Figura 26: Paso 11° en la fabricación de la UEAEP-01

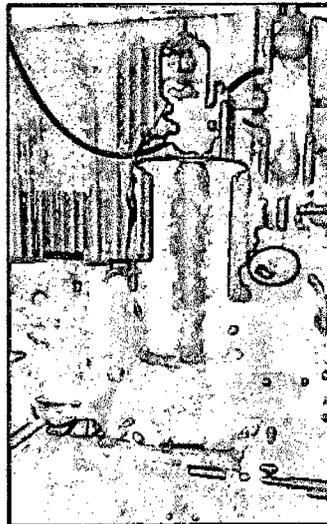


Figura 27: Paso 14° en la fabricación de la UEAEP-01

4.3.2.2. Fabricación del Tanque Receptor de Miscela (UEAEP-02)

De acuerdo al diseño y selección del material para el tanque receptor de miscela, se procedió al habilitado y soldeo de sus partes, así como el ensamble de los componentes, de acuerdo a los planos elaborados (**Anexo 8**).

Los pasos seguidos para la fabricación de la UEAEP-02 fueron los siguientes:

- 1) Rolado de la plancha de acero galvanizado para el cuerpo del tanque receptor de miscela.
- 2) Soldeo de uniones del tanque.
- 3) Acoplamiento de la base con el cuerpo del tanque receptor.
- 4) Confección de las bridas y contrabridas.
- 5) Soldeo de la brida y contrabrida al cuerpo y la tapa respectivamente.
- 6) Habilitado y pintado base de todas las piezas, pintura rojo óxido.
- 7) Instalación de niples y válvulas.
- 8) Instalación de filtro para finos.
- 9) Pintado final de las piezas, pintura color aluminio.
- 10) Acoplamiento del tanque receptor de miscela a la soportería de la cámara de extracción.
- 11) Confección e instalación de empaquetadura para la tapa.
- 12) Fijación de las mangueras para las interconexiones. Se utilizaron abrazaderas inoxidables $\varnothing \frac{1}{2}$.

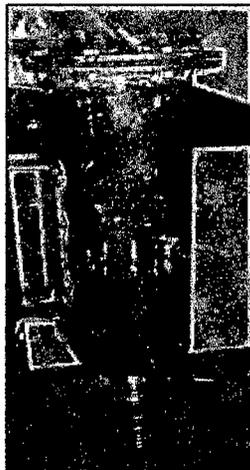


Figura 28: Paso 6° en la fabricación de la UEAEP-02



Figura 29: Paso 7° en la fabricación de la UEAEP-02



Figura 30: Filtro utilizado en el paso 8° de la fabricación de la UEAEP-02



Figura 31: Paso 10° en la fabricación de la UEAEP-02

4.3.2.3. Fabricación del Destilador de Miscela (UEAEP-03)

De acuerdo al diseño y selección del material para el destilador de miscela, se procedió al habilitado y soldeo de sus partes, así como el ensamble de los componentes, de acuerdo a los planos elaborados (**Anexo 8**).

Los pasos seguidos para la fabricación de la UEAEP-03 fueron los siguientes:

- 1) Rolado de la plancha de acero galvanizado para el cuerpo del destilador de miscela y para la tapa cónica.
- 2) Doblado de la tubería de aluminio para el serpentín del condensador.
- 3) Confección del casco del condensador.
- 4) Soldeo de las uniones del cuerpo del destilador de miscela.
- 5) Soldeo de las uniones de la tapa cónica.
- 6) Acoplamiento del serpentín en el casco del condensador y soldeo.
- 7) Acoplamiento de la base con el cuerpo del destilador de miscela.
- 8) Confección de las bridas y contrabridas.
- 9) Soldeo de la brida y contrabrida al cuerpo y la tapa respectivamente.
- 10) Instalación de niples y válvulas.
- 11) Soldeo y armado de soportería.
- 12) Instalación de la resistencia eléctrica de 2000 w.
- 13) Habilitado y pintado base de todas las piezas, pintura rojo óxido.
- 14) Ensamble del condensador a la estructura del destilador de miscela.
- 15) Pintado final de las piezas, pintura color aluminio.
- 16) Habilitado del sistema eléctrico en el destilador de miscela.
- 17) Acoplamiento del destilador de miscela a la soportería.

- 18) Confección e instalación de empaquetadura para la tapa.
- 19) Fijación de las mangueras para las interconexiones. Se utilizaron abrazaderas inoxidables \varnothing 1/2'.

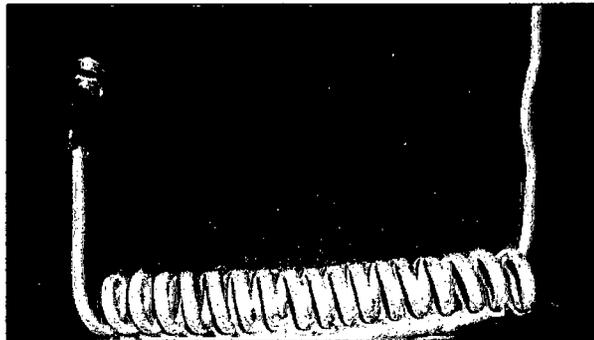


Figura 32: Paso 2° en la fabricación de la UEAEP-03

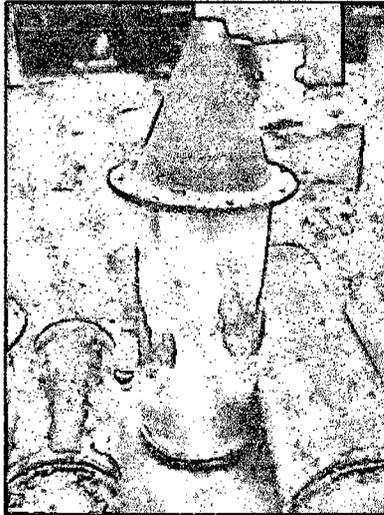


Figura 33: Paso 9° en la fabricación de la UEAEP-03



Figura 34: Paso 12° en la fabricación de la UEAEP-03

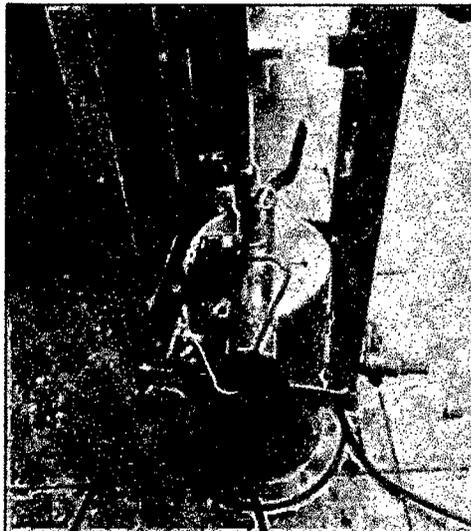


Figura 35: Paso 16° en la fabricación de la UEAEP-03



Figura 36: Paso 19° en la fabricación de la UEAEP-03

4.3.2.4. Fabricación del Desolventizador de Torta Desgrasada (UEAEP-04)

De acuerdo al diseño y selección del material para el desolventizador de torta desgrasada, se procedió al habilitado y soldeo de sus partes, así como el ensamble de los componentes, de acuerdo a los planos elaborados (**Anexo 9**).

Los pasos seguidos para la fabricación de la UEAEP-04 fueron los siguientes:

- 1) Rolado de la plancha de acero galvanizado para el cuerpo del desolventizador de torta desgrasada y para la tapa cónica.
- 2) Doblado de la tubería de aluminio para el serpentín del condensador.
- 3) Confección del casco del condensador.
- 4) Soldeo de las uniones del cuerpo del desolventizador de torta desgrasada.
- 5) Soldeo de las uniones de la tapa cónica.
- 6) Acoplamiento del serpentín en el casco del condensador y soldeo.
- 7) Acoplamiento de la base con el cuerpo del desolventizador de torta desgrasada.
- 8) Confección de las bridas y contrabridas.
- 9) Soldeo de la brida y contrabrida al cuerpo y la tapa respectivamente.
- 10) Instalación de niples y válvulas.
- 11) Soldeo y armado de soportería.
- 12) Habilitado y pintado base de todas las piezas, pintura rojo óxido.
- 13) Ensamble del condensador a la estructura del desolventizador de torta desgrasada.

- 14) Instalación de canastilla para la torta desgrasada.
- 15) Pintado final de las piezas, pintura color aluminio.
- 16) Acoplamiento de la cocinilla eléctrica de 220 V.
- 17) Acoplamiento del desolventizador de torta desgrasada a la soportería.
- 18) Confección e instalación de empaquetadura para la tapa.
- 19) Fijación de las mangueras para las interconexiones. Se utilizaron abrazaderas inoxidable $\varnothing \frac{1}{2}$.



Figura 37: Paso 9° en la fabricación de la UEAEP-04

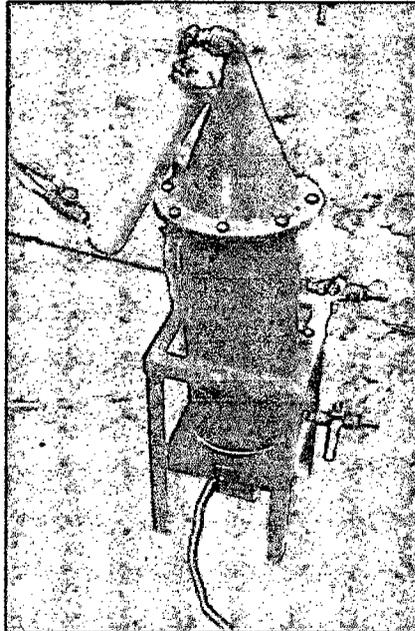


Figura 38: Paso 13° en la fabricación de la UEAEP-04

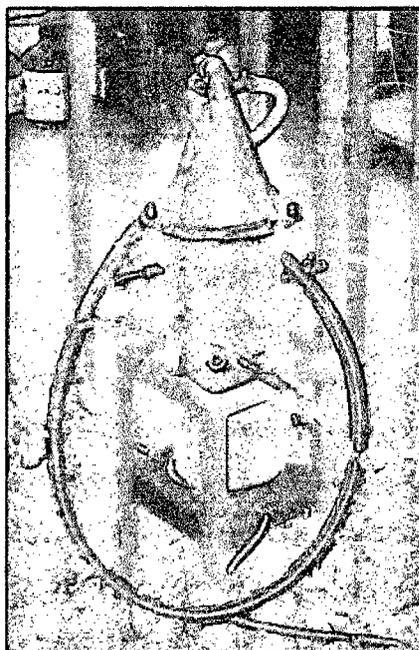


Figura 39: Paso 19° en la fabricación de la UEAEP-04

4.3.2.5. Fabricación del Tanque de Almacenamiento de Solvente Puro (UEAEP-05)

De acuerdo al diseño y selección del material para el tanque de almacenamiento de solvente, se procedió al habilitado y soldeo de sus partes, así como el ensamble de los componentes, de acuerdo a los planos elaborados (**Anexo 10**).

Los pasos seguidos para la fabricación de la UEAEP-05 fueron los siguientes:

- 1) Rolado de la plancha de acero galvanizado para el cuerpo del tanque de almacenamiento de solvente puro.
- 2) Soldeo de las uniones del cuerpo del tanque de almacenamiento.
- 3) Acoplamiento de la base y tapa del tanque de almacenamiento.
- 4) Instalación de niples y válvulas.
- 5) Soldeo y armado de soportería.
- 6) Habilitado y pintado base de todas las piezas, pintura rojo óxido.
- 7) Pintado final de las piezas, pintura color aluminio.
- 8) Fijación de las mangueras para las interconexiones. Se utilizaron abrazaderas inoxidables $\varnothing \frac{1}{2}$.

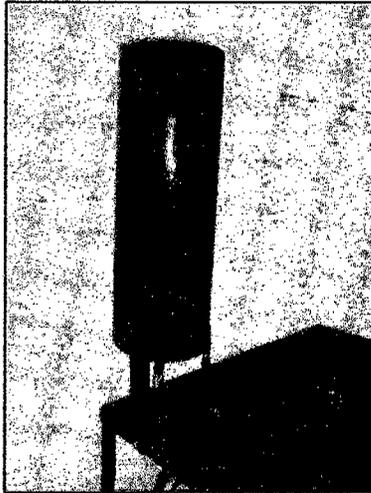


Figura 40: Paso 6° en la fabricación de la UEAEP-05

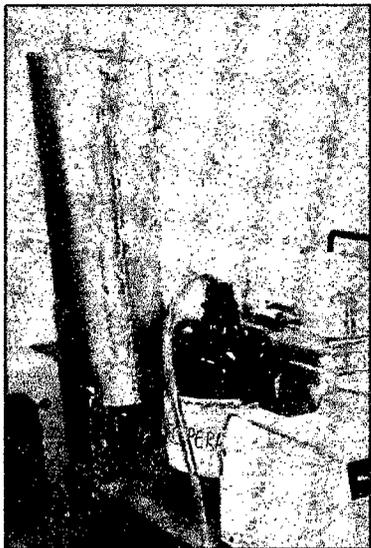


Figura 41: Paso 6° en la fabricación de la UEAEP-05

4.4. Prueba de Hermeticidad en la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto (UEAEP)

Para garantizar el buen funcionamiento de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto, se sometió a pruebas individuales a los componentes. Las pruebas fueron son las siguientes:

- **Prueba de hermeticidad para líquidos:** Garantiza que el equipo que se encuentra en contacto directo con el hexano y miscela, no presente fugas durante el tiempo de operación. Los componentes analizados fueron:

Cuadro 29: Resultados de prueba de hermeticidad de líquidos en los componentes de la UEAEP

CODIGO COMPONENTE	RESULTADO DE PRUEBA	ACCION CORRECTIVA
UEAEP-01	No presentó fuga de líquidos.	Ninguna
UEAEP-02	No presentó fuga de líquidos	Ninguna.
UEAEP-03	Presentó fuga en la costura de la soldadura.	Se volvió a soldar. Estado actual, sin fuga de líquidos.
UEAEP-04	No presentó fuga de líquidos	Ninguna.
UEAEP-05	No presentó fuga de líquidos	Ninguna.

- **Prueba de hermeticidad para gases:** Garantiza que los componentes que tendrán que contener los vapores de hexano, no presenten fuga durante el tiempo de operación.

Cuadro 30: Resultados de prueba de hermeticidad de gases en los componentes de la UEAEP

CODIGO COMPONENTE	RESULTADO DE PRUEBA	ACCION CORRECTIVA
UEAEP-01	No presentó fuga de gases.	Ninguna
UEAEP-02	No presentó fuga de gases.	Ninguna.
UEAEP-03	Presentó fuga en la empaquetadura de la tapa	Se colocó doble empaquetadura. Sin fuga.
UEAEP-04	No presentó fuga de gases.	Ninguna.
UEAEP-05	No presentó fuga de gases.	Ninguna.

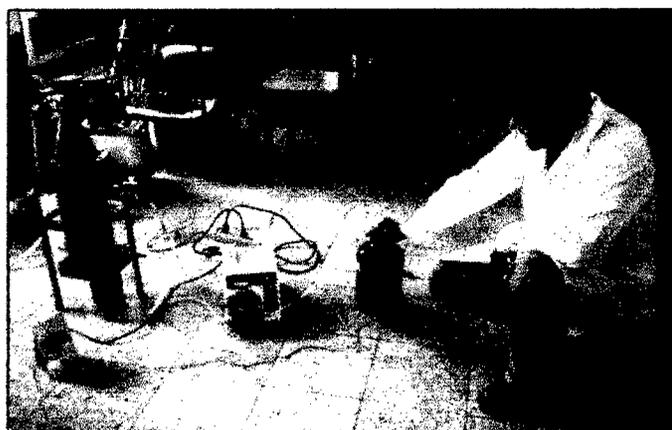


Figura 42: Prueba de hermeticidad de líquidos y gases en la UEAEP-04

4.5. Puesta en Marcha de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto (UEAEP)

Para poder iniciar la marcha en la UEAEP, se debe tener en cuenta lo siguiente:

4.5.1. Acondicionamiento de la muestra

- Las semillas que se van a tratar pasarán por un proceso de molienda, en este caso será en un molino a mano, para lograr la trituración de ellas.
- Se procederá a realizar la selección de las semillas partidas por medio del tamizado, con un haz de luz 3 mm.

4.5.2. Preparación de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto (UEAEP)

La preparación de la UEAEP consiste en:

- 1) Al inicio de cada jornada y término de cada jornada, el interior de cada componente de la UEAEP debe ser lavado con alcohol de 96°; asegurando que no acumule restos sólidos o sustancias oleosas que afecten el proceso.
- 2) Posterior al lavado e ingresado la muestra, las tapas deben ser cerradas herméticamente para evitar fugas durante el proceso, para esto los pernos de ajuste deben tener suficiente apriete.
- 3) Las mangueras que interconectan los componentes, debe ser aseguradas correctamente con las abrazaderas inoxidable, para esto el perno de la abrazadera debe tener suficiente apriete.

- 4) El tanque de almacenamiento de solvente puro, se debe cargar con hexano al 95%, para tal fin se utiliza una bomba peristáltica.
- 5) Llenar de agua el equipo de baño maría y programar el calentamiento a 50°C.

4.5.3. Puesta en marcha y parada de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto (UEAEP)

4.5.3.1. Puesta en marcha de la UEAEP

Se debe seguir los siguientes pasos:

- 1) Con ayuda de una bomba peristáltica, suministrar el fluido calefactor a la cámara de extracción (UEAEP-01), programar el caudal a 3.30 Lt/min.
Esperar 10 minutos antes de continuar con el siguiente paso
- 2) Con ayuda de la bomba peristáltica, extraer el solvente necesario del tanque de almacenamiento (UEAEP-05) y cargar la cámara de extracción (UEAEP-01).
- 3) Activar el sistema de agitación en el tablero de control.
- 4) El proceso tardará 60 minutos a partir del encendido del sistema de agitación.
- 5) Pasado los 60 minutos, aperturar la válvula superior del tanque receptor de miscela (UEAEP-02) y luego aperturar la válvula inferior de la cámara de extracción (UEAEP-01). El tanque receptor de miscela procederá a llenarse.

- 6) En simultáneo se debe aperturar la válvula superior del destilador de miscela (UEAEP-03) y luego aperturar la válvula inferior del tanque receptor de miscela (UEAEP-04), de tal forma que el flujo de miscela no se detenga.
- 7) Cuando toda la miscela de la cámara de extracción (UEAEP-01) haya pasado por el filtro del tanque receptor de miscela (UEAEP-02) y llenado el desolventizador de miscela, cerrar todas las válvulas.
- 8) Retirar la torta desgrasada de la cámara de extracción (UEAEP-01) e ingresarla al desolventizador de torta desgrasada (UEAEP-04).

En este punto el proceso se bifurca hacia el destilador de miscela (UEAEP-03) y hacia el desolventizador de torta desgrasada (UEAEP-04). Proceder de la siguiente manera:

En el Destilador de Miscela (UEAEP-03)

- 9) Conectar la entrada de agua en el niple inferior del condensador y la salida de agua en el niple superior.
- 10) Acoplar un recipiente hermético a la salida del serpentín del condensador para recibir el condensado del hexano.
- 11) Una vez cerrada todas las válvula, conectar la resistencia eléctrica a una fuente de energía. El termostato, permite que la temperatura se eleve hasta $80^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ y luego se apague automáticamente.

- 12) Se iniciará la evaporación del hexano. Se podrá distinguir cuando culmina de evaporar el hexano, por la gráfica de temperatura en la computadora; ya que al no existir más solvente en la miscela, la temperatura se eleva a más de 100 °C en un lapso de 1 minuto.
- 13) Al registrar dicha temperatura, se debe desconectar la resistencia eléctrica, dejar enfriar a temperatura ambiente. No cerrar la entrada de agua, hasta que todo el recipiente se haya enfriado.
- 14) Una vez frío la UEAEP-03, proceder a retirar el aceite por la válvula inferior.
- 15) Cerrar la entrada de agua al condensador.

En el Desolventización de Torta (UEAEP-04)

- 16) Conectar la entrada de agua en el niple inferior del condensador y la salida de agua en el niple superior.
- 17) Acoplar un recipiente hermético a la salida del serpentín del condensador para recibir el condensado del hexano.
- 18) Activar la cocinilla eléctrica y dejar calentar el sistema hasta $72^{\circ}\text{C} \pm 3$, se iniciará la evaporación del hexano.
- 19) Se podrá distinguir cuando culmina de evaporar el hexano, por la gráfica de temperatura en la computadora; ya que al no existir más solvente en la torta, la temperatura se eleva hasta $85^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ en un tiempo de 1 minuto.

- 20) Al registrar dicha temperatura, se debe desconectar la cocinilla eléctrica, dejar enfriar a temperatura ambiente. No cerrar la entrada de agua, hasta que todo el recipiente se haya enfriado.
- 21) Una vez frío la UEAEP-04, proceder a retirar la torta desolventizada.
- 22) Cerrar la entrada de agua al condensador.

4.5.3.2. Parada de la UEAEP:

- 1) Desconectar los elementos eléctricos.
- 2) Cerrar todas las válvulas.
- 3) Proceder a destapar los recipientes y dejar enfriar, si hiciera falta.
- 4) Ejecutar la limpieza correspondiente.

4.5.4. Operación de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto

Las muestras utilizadas para probar el funcionamiento y la eficiencia de la unidad de extracción de aceite, fueron semillas trituradas de Castaña (*Bertholletia excelsa*) y Soya (*Glycine max*).

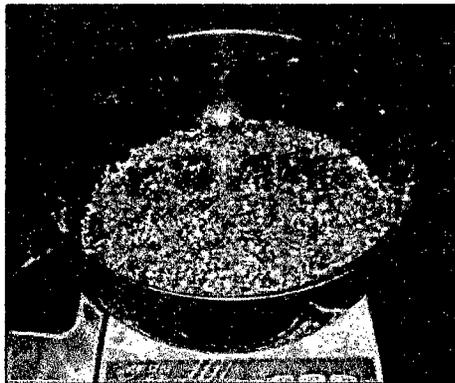


Figura 43: Semilla triturada de Castaña (*Bertholletia excelsa*)

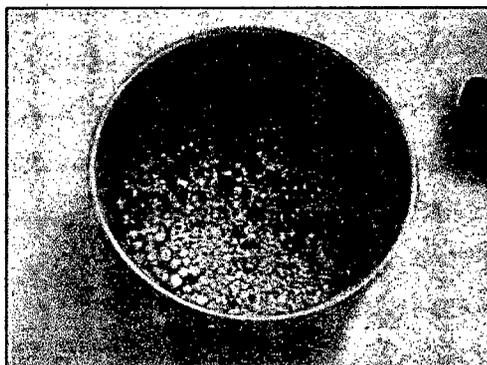


Figura 44: Semilla triturada de Soya (*Glycine max*).

Para el proceso de extracción, se consideró un diámetro mínimo de partícula de 3 mm, a esto, Bernardini (1986) afirma que cualquiera sea el método de extracción empleado, generalmente la materia prima (sólido) que contiene al soluto debe acondicionarse (corte, trituración, molienda) para propiciar el contacto con el solvente y facilitar su extracción. Las partículas pequeñas crean una mayor área interfacial entre el sólido y el líquido y una distancia más corta para que el soluto se difunda a través de la partícula y alcance la superficie, lo cual reduce el tiempo de extracción. Pero si el tamaño de partícula es demasiado pequeño se forman conglomerados que impiden la circulación de solvente entre las partículas y dificultan su separación de solvente provocando que las partículas de sólido puedan ser arrastradas con el solvente. Considerando esto último, se utilizaron dos filtros: en la cámara de extracción (UEAEP-01, malla con un haz de luz de 1 mm) y en el tanque receptor de miscela (UEAEP-02, malla con una haz de luz de 0.5 mm).

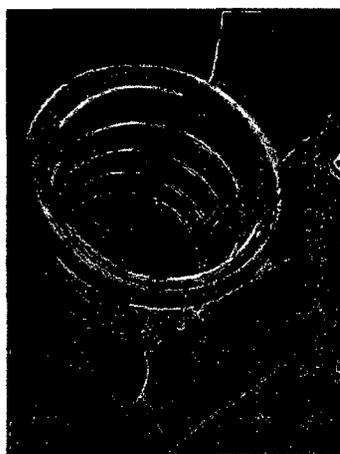


Figura 45: Canastilla forrada con malla de 1 mm de haz de luz, en cámara de extracción (UEAEP-01)

Las pruebas de operación de la UEAE, se realizaron en el laboratorio de Operaciones y Procesos Unitarios. Se siguieron los pasos de puesta en marcha y para del prototipo.

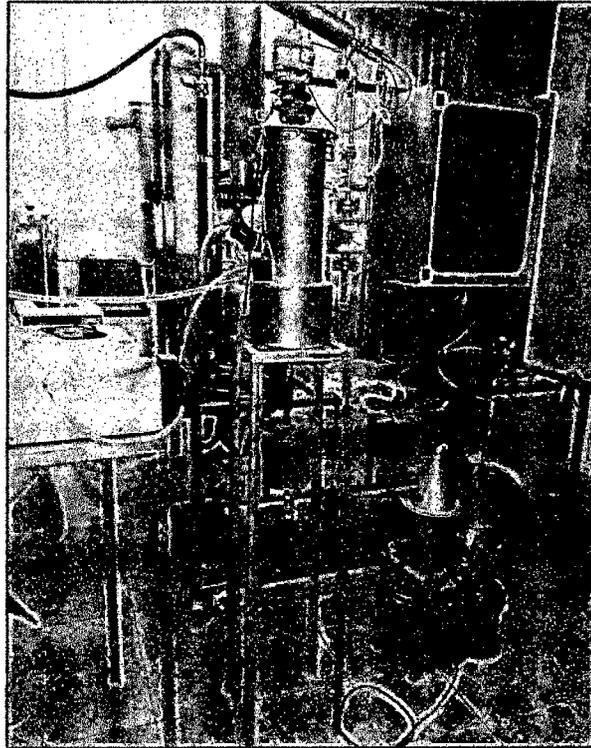


Figura 46: Unidad de extracción de aceite escala piloto, instalada y operando

4.5.4.1. Parámetros de Operación

Con la finalidad de comprobar el funcionamiento de la unidad, así como de determinar su eficiencia, los parámetros de operación en la cámara de extracción son constantes para ambas muestras y se aprecian en el Cuadro 31.

Cuadro 31: Parámetros de Operación para la Muestra A (Castaña) en la UEAEP-01

DETALLE	PARAMETRO
Cantidad de Muestra	500 gr
Temperatura de extracción	50°C ± 3°C
Caudal de bomba calefacción	3.30 Lt/min
Velocidad de agitación	15 RPM
Tiempo Total	60 min
Volumen de solvente	2.5 Lt

Nuestro sustento para seleccionar y fijar dichos parámetros de operación se basan en lo siguiente:

LA TEMPERATURA

La temperatura del proceso de extracción es determinante, por lo siguiente: Aumenta la solubilidad del soluto en el solvente y aumenta el coeficiente de difusión del solvente en las partículas del sólido; lo que provoca una mayor velocidad de extracción, sin embargo, temperaturas muy elevadas pueden deteriorar el producto y provocar la evaporación del solvente (Bailey, 1984).

Debido a que el solvente utilizado para el proceso de extracción es el hexano, cuya temperatura de ebullición es de 69°C, de acuerdo a su hoja de seguridad, se estableció que la temperatura de operación sea de 50°C ± 3°C, para evitar la evaporación de solvente en la cámara de extracción. Para llevar a cabo este control, se utilizó sensores automáticos y se fijó el caudal de calefacción del agua para el calentamiento de la chaqueta a 3.30 Lt/min.

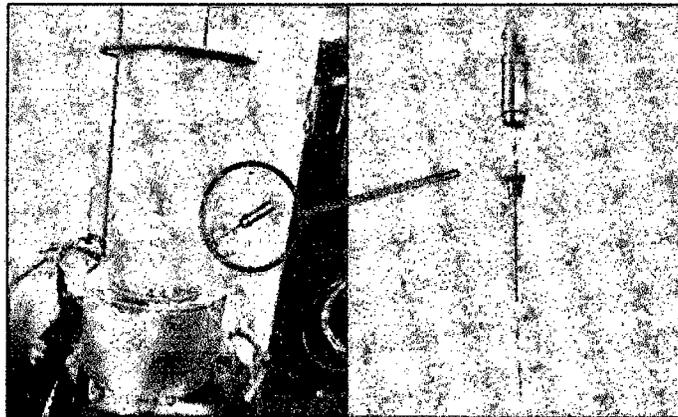


Figura 47: Sensor de temperatura marca DATA TRACE, modelo M4T11801.

Utilizado en la UEAEP-01

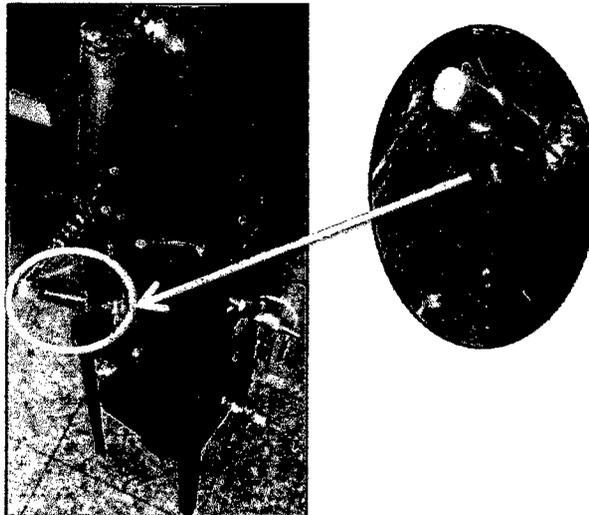


Figura 48: Sensor de temperatura marca DATA TRACE, modelo M4T11801. Utilizado en la UEAEP-04

EL TIEMPO

El tiempo de extracción tiene una importancia fundamental sobre la cantidad de aceite extraído de una semilla, para nuestro proceso se tomó un tiempo constante de 1 h, considerando que la mayor parte extraída del aceite se da a los 30 minutos de la extracción (Bernardini, 1986).

LA VELOCIDAD

La agitación otorga una mayor eficiencia en la extracción debido a que disminuye la resistencia a la difusión, eliminando la película de fluido que cubre la superficie del sólido en reposo (Bernardini, 1986). Para reducir el tiempo de extracción se instaló un sistema de agitación mediante un sistema de paletas con un motorreductor monofásico de 220V, otorgando una agitación constante de 15rpm, el cual es accionado y controlado mediante una caja de control.

4.5.5. Reporte de las Curvas de Temperatura durante la operación de la UEAEP

Los sensores de temperatura permitieron monitorear constantemente la temperatura en todo el proceso, registrando las fluctuaciones de temperatura mediante el computador.

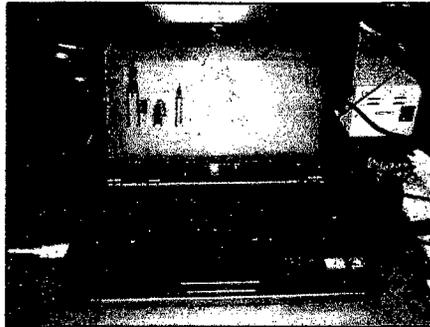


Figura 49: Computadora utilizada para el registro de temperaturas del proceso de extracción de aceite en la UEAEP

EN LA CAMARA DE EXTRACCION

En la Figura 50, se aprecia que a un caudal de 3.30 Lt/min y a $50^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, el fluido calefactor tarda entre 10-12 minutos elevar la temperatura dentro de la cámara de extracción.

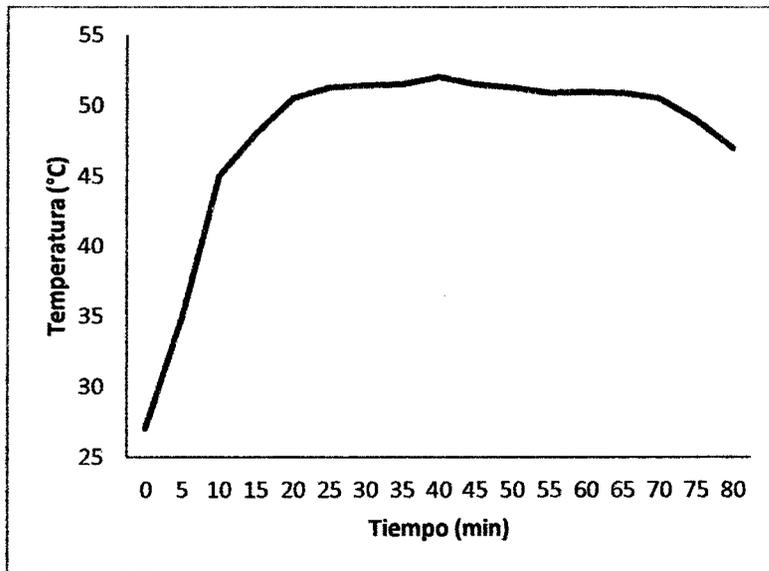


Figura 50: Control de temperatura con respecto al tiempo en la cámara de extracción (UEAEP-01), Prueba con Castaña.

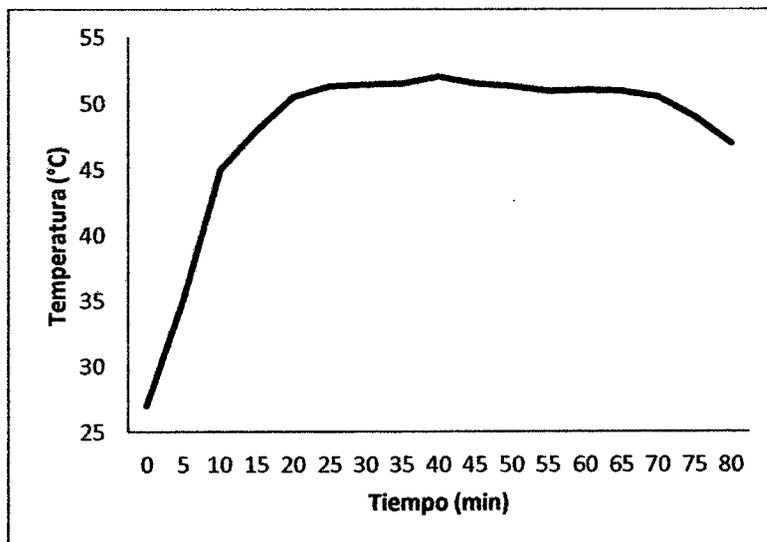


Figura 51: Control de temperatura con respecto al tiempo en la cámara de extracción (UEAEP-01), Prueba con Soya.

EN EL DESTILADOR DE MISCELA

En las Figuras 52 y 53, se puede apreciar las etapas típicas del proceso de destilación. En la etapa (A) sucede el levante de temperatura hasta el punto de evaporación del hexano, en la etapa (B) se inicia la evaporación del hexano y en la etapa (C) se produce el agotamiento del hexano y aumento de temperatura; Bailey (1984), explica que al ser la destilación, un proceso de separación de dos sustancias de distintos puntos de ebullición, al agotarse el solvente, el calor es transfiriéndose hacia el segundo componente de la mezcla (en este caso el aceite, con un punto de ebullición superior a 180°C) originando que la temperatura se eleve hasta conseguir el equilibrio del sistema.

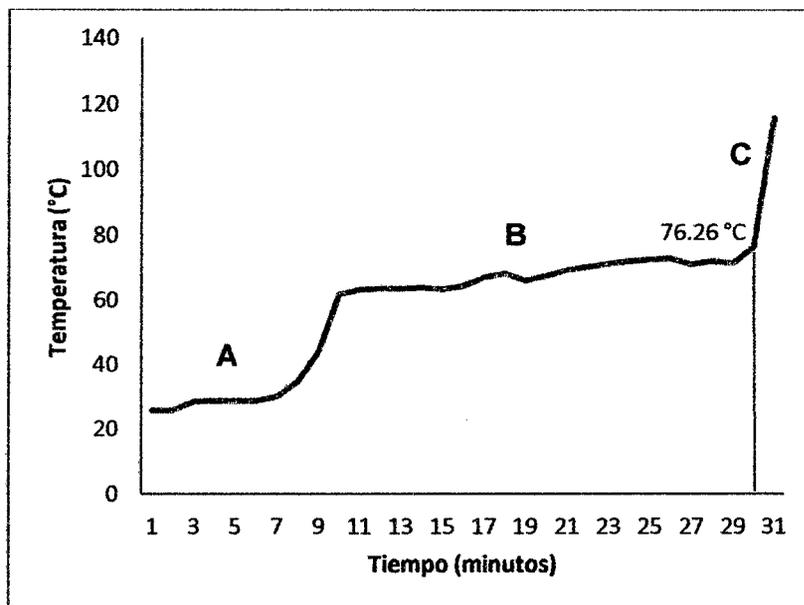


Figura 52: Variación de temperatura con respecto al tiempo en el destilador de miscela (UEAEP-03), Prueba con Castaña.

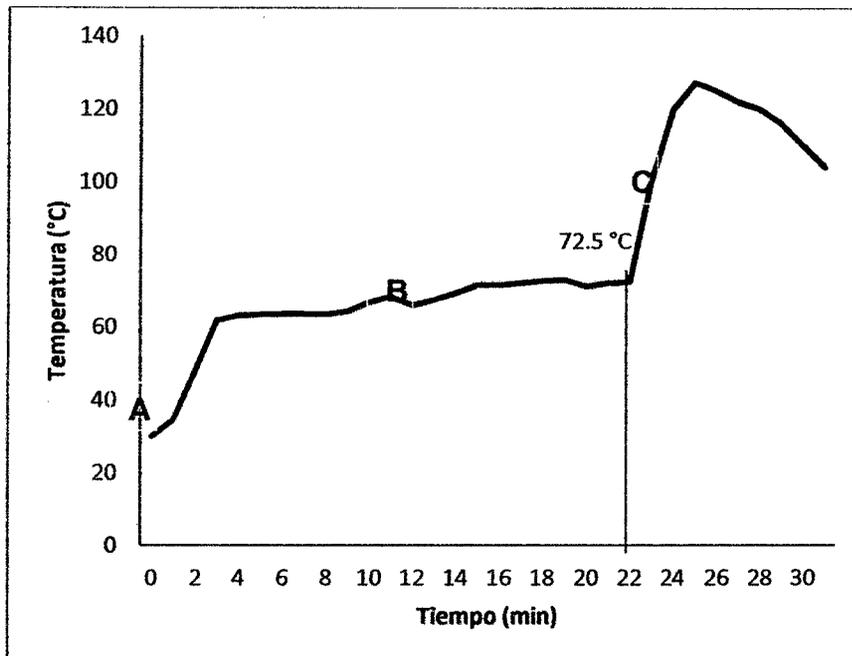


Figura 53: Variación de temperatura con respecto al tiempo en el destilador de miscela (UEAEP-03), Prueba con Soya.

Adicionalmente, se puede determinar que el proceso de destilación en el destilador de miscela (UEAEP-03) tarda 30 minutos.

4.5.6. Volumen de Aceite Extraído

PRUEBA CON CASTAÑA

Habiendo utilizado 500 gr. de semillas de castaña y luego de culminar con el proceso de extracción y destilación, se obtuvo 340ml de aceite sin refinar, un rendimiento del 68.0%. El resultado está dentro del rango teórico de 65-70 por ciento de rendimiento en la castaña (Baltazar, 2011).



Figura 54: Aceite de castaña obtenido en la UEAEP

PRUEBA CON SOYA

Habiendo utilizado 500 gr. de semillas de soya y luego de culminar con el proceso de extracción y destilación, se obtuvo 90ml de aceite sin refinar, un rendimiento del 18 por ciento. Salunkhe et. al (1992), manifiesta que el valor teórico del rendimiento es del 20 por ciento.



Figura 55: Aceite de soya obtenido en la UEAEP

4.5.7. Recuperación de Hexano

La recuperación total de hexano, involucra el destilador de miscela UEAEP-03) y el desolventizador de torta desgrasada (UEAEP-04), está en el rango de 90 – 94.2 por ciento, mientras que un equipo Soxhlet, de laboratorio, tiene una recuperación de solvente cercana al 100 por ciento (Recinos, 2004).

4.5.8. Análisis de Costos de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto (UEAEP)

Este análisis nos permite determinar la cantidad de recursos económicos necesaria para la realización del proyecto. Se toma en cuenta los costos directos como los indirectos.

Los costos directos comprenden:

- Costos de materiales directos.
- Costos de elementos normalizados.
- Costo de maquinado.
- Costo de montaje.

Los costos indirectos comprenden:

- Costos de materiales indirectos.
- Costos de energía.
- Otros.

4.5.8.1. Análisis de Costos Directos de la UEAEP

A) Costos de Materiales Directos: Los materiales directos son los materiales necesarios para construir los elementos que constituyen la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto.

Cuadro 32: Costos de los materiales directos para la confección de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto

Material	Dimensiones	Cantidad	Costo unit. (S/.)	Costo total (S/.)
Plancha de hierro galv.	1m x 2m x 2mm	2	60.00	120.00
Fierro angular ASTM A-36	1" x 1" x 3m	2	25.00	50.00
Tubería aluminio	Ø 6mm x 3400mm	1	100.00	100.00
Eje de acero inox. 304	Ø 6mm x 540mm	1	15.00	15.00
Placa de acero inox. 304	2mm x 70mm x 30mm	1	10.00	10.00
Bocina bronce hilo interior	Ø _{ext} 44mm x Ø _{int} 540mm x 20mm	1	25.00	25.00
Bocina acero inox. 304	Ø 6.5mm x 40mm	1	30.00	30.00
			Subtotal (S/.)	350.00

B) Costos de Elementos Normalizados: Son aquellos elementos que se comercializan y no necesitan ser modificados para usarse. Los costos de los elementos normalizados que se utilizaron para la construcción de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 33: Costos de los materiales normalizados para la confección de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto

Elemento	Cantidad	Costo unit. (S/.)	Costo total (S/.)
Motorreductor de 15 RPM	1	150.00	150.00
Resistencia eléctrica 2000 w	1	50.00	50.00
Cocinilla eléctrica de 220 V.	1	18.00	18.00
Niple escamado bronce Ø ¼ "	9	5.00	45.00
Niple escamado bronce Ø ½ "	4	5.00	20.00
Niple escamado bronce Ø 1- ½ " para manguera de Ø ¼ "	2	6.00	12.00
Unión Simple galv. Ø ¼ " x 1"	7	1.80	12.60
Unión Simple galv. Ø 1- ½ " x 2"	1	2.50	2.50
Unión galvanizado Ø ½ " x 1- ½ "	4	3.00	12.00
Codo galv. Ø 1- ½ " x 90°	1	3.50	3.50
Codo galv. Ø ¼ " x 90°	1	3.50	3.50
Niple galvanizado Ø ¼ " x 2"	3	3.00	9.00
Niple galvanizado Ø ¼ " x 35mm	3	3.00	9.00
Válvula de bola acero Ø ¼ cierre rápido	6	8.00	48.00
Pernos hexagonales galv. Ø ¼ " x 1" con tuerca	58	0.50	29.00
Abrazaderas inox. Ø ½ "	12	1.00	12.00
Empaquetadura neopreno 3mm x 1m ²	1	50.00	50.00
Mangueras plást. transparentes Ø ¼ " (m)	3	21.00	14.00
		Subtotal (S/.)	500.10

C) Costo de Maquinado: Referidos al costo de mano de obra por maquinado más el costo de hora-máquina y consumibles, se detalla a continuación:

Cuadro 34: Costos por maquinado en la construcción de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto

Operación	Tiempo total (h) o longitud (m)	Costo x hora o metro (S/.)	Costo total (S/.)
Soldadura	3 (h)	45.00	135.00
Corte con plasma	2 (m)	40.00	80.00
Rolado de planchas	2 (h)	40.00	80.00
Doblado de tubería	1 (h)	20.00	20.00
Corte	1 (h)	10.00	10.00
Esmerilado	1 (h)	10.00	10.00
Rectificado	0.5 (h)	15.00	7.50
Taladrado	0.5 (h)	15.00	7.50
Subtotal (S/.)			350.00

Los costos directos totales para la construcción de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto, fue de **S/. 1,200.00**

Cuadro 35: Costos directos totales en la construcción de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto

Componentes de los costos directos	Costo total (S/.)
Costos de materiales directos	350.00
Costos de elementos normalizados	500.10
Costos de maquinado	350.00
Subtotal (S/.)	1,200.00

4.5.8.2. Análisis de Costos Indirectos de la UEAEP

A) Costos de los materiales indirectos: Se detallan a continuación:

Cuadro 36: Costos de materiales indirectos en la construcción de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto

Material	Cantidad	Costo unit. (S/.)	Costo total (S/.)
Thinner	1 Gln	20.00	20.00
Pintura anticorrosiva a+b	1 Lt	20.00	20.00
Pintura aluminio	1 Lt.	15.00	15.00
Lija para fierro #40	3	4.00	12.00
Trapo industrial	1 Kg	1.50	1.50
Varios			30.00
Subtotal (S/.)			98.50

B) Costos materiales para operación

Involucra las muestras que serán procesadas en la UEAEP, así como los reactivos a utilizar.

Cuadro 37: Costos de materiales para operación de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto

Material	Cantidad	Costo unit. (S/.)	Costo total (S/.)
Castaña	1 Kg	30.00	30.00
Soya	1 Kg	4.00	4.00
Hexano al 95%	5 Lt.	100.00	500.00
Alcohol 96°	5 Lt	4.00	20.00
Subtotal (S/.)			554.00

C) Otros: Estos costos se relacionan con el transporte de materiales y movilización de las personas involucradas en la construcción de la UEAEP. Se realizó un gasto de S/. 150.00.

Los costos indirectos totales para la construcción de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto, fue de **S/. 802.50**.

Cuadro 38: Costos indirectos totales en la construcción de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto

Componentes de los costos indirectos	Costo total (S/.)
Costos de materiales indirectos	98.50
Costos de materiales para operación	554.00
Otros	150.00
Subtotal (S/.)	802.50

4.5.8.3. Costo Total de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto

En el siguiente cuadro se aprecia el costo total de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto:

Cuadro 39: Costo total de la Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto

Componentes del costo total	Costo total (S/.)
Costos directos	1,200.00
Costos indirectos	802.50
Total (S/.)	2002.50

5. CONCLUSIONES

- Se diseñó y construyó un prototipo para la extracción de aceite de semillas oleaginosas por inundación de solvente, que cumple con las condiciones de operar de forma discontinua, que utilice hexano como solvente y con una capacidad de carga de 500gr. de muestra.
- Se comprobó la factibilidad de poder diseñar y construir un prototipo para la extracción de aceite de semillas oleaginosas por inundación de solvente.
- Con el prototipo construido, se realizó la extracción de 340ml de aceite de castaña y 90ml de aceite de soya, a partir de 500gr de muestra respectivamente.
- En la selección del material, se determinó que para un prototipo a escala piloto, el acero galvanizado cumple con las consideraciones propuestas.
- Se determinó que, el prototipo para la extracción de aceite de semillas oleaginosas por inundación de solvente, tiene una recuperación de hexano entre el 90-94.2 por ciento.
- Para diseñar, construir y hacer la puesta en marcha, del prototipo para la extracción de aceite de semillas oleaginosas por inundación de solvente, se realizó una inversión de S/. 2,002.50.
- Al prototipo se procedió a denominar Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto.
- El diseño permite la presencia de anomalías durante el proceso: Obstrucción de los conductos por los finos de las semillas.

6. RECOMENDACIONES

- Mejorar el sistema de cerrado de los recipientes, ya que el uso de pernería retrasa el proceso de extracción.
- Colocar aislante a los recipientes donde exista calentamiento para el proceso de extracción de aceite, tales como Cámara de Extracción (UEAEP-01), Destilador de Miscela (UEAEP-03) y Desolventizador de Torta Desgrasada (UEAEP-04).
- Instalar un variador de frecuencia al sistema de agitación de la cámara de extracción (UEAEP-01), con la finalidad de poder realizar estudios en la extracción de aceite variando la velocidad de agitación.
- En próximos estudios, realizar más pruebas o corridas variando los parámetros de operación (tiempo, velocidad de agitación y temperatura), con la finalidad de optimizar el proceso de extracción de aceite en el prototipo.
- Realizar pruebas o corridas con diferentes solventes, con el fin de buscar alternativas al uso del hexano en el proceso de extracción de aceite.

7. BIBLIOGRAFIA

- ACESCO. Manual Técnico del Acero Galvanizado. [En línea] Colombia, 2000.
[Fecha de consulta: 15 de Abril de 2015]. URL disponible en:
www.acesco.com/downloads/manual/M-Galvanizado.pdf
- Augstburger F.; Berger, J.; Censkowsky, U.; Heid, P.; Milz, J. et al. Agricultura Orgánica en el tropic y subtrópico. En: Guía de 18 cultivos. 1era Edición. Alemania, 2000.
- Bailey, A. E. Aceites y Grasas Industriales. 1ra ed., Editorial Reverté. España, 1984.
- Baltazar Vela, O. Estudio etnobotánico y de mercado de productos forestales no maderables extraídos del bosque y áreas afines en la ciudad de Pucallpa-Perú. [Tesis de Grado]. Pucallpa, Perú: Universidad Nacional de Ucayali, 2011.
- Bernardini E. Tecnología de Aceite y Grasas. Alhambra Universidad. Madrid, 1986.
- Brossard Gonzáles, C.; Ferrari, R.A.; Pighinelli, A.L.; Park, K.J. Evaluación preliminar del etanol anhidro como solvente en la extracción de aceite de semillas de jatrofa (*Jatropha curcas* L.). Sao Paulo, Brasil. Grasas y Aceites. 2010; 61 (3): 295-302.
- Cao, E. Transferencia de Calor en Ingeniería de Procesos. 1ra ed., Eduardo Cao. Argentina, 2004.
- Cross, N. Development in design methodology. John Wily y Son. Londres, 1984.

- Dym, C.; and Little, P. El proceso de diseño en Ingeniería. Cómo desarrollar soluciones efectivas. Limusa-Wiley. México, 2002.
- Erickson, D.R. Formulación de shortening y margarinas con aceite de soja utilizando un programa de bases hidrogenadas en stock. Alimentación, Equipos y Tecnología. IX (5). 1990
- Grasso, F.V. Diseño del proceso: Pretratamiento enzimático para extracción de aceites vegetales en un extractor de columna. [Tesis de Grado]. Argentina: Universidad Nacional de la Plata, 2013.
- Holman, J.P. Transferencia de Calor. 10° Edición, McGraw Hill Book Company, México, 1999.
<http://ibce.org.bo/>
- Incropera, F.D.; Witt, D.P. de. Fundamentos de transferencia de calor. 4° Edición, Prentice Hall, México 1999.
- Instituto Boliviano de Comercio Exterior. Informe de mercado potencial: Castaña en el Reino Unido. [En línea]. La Paz, 2009. [Fecha de consulta: 15 de Enero de 2015]. URL disponible en:
- Kern, D. Q. Procesos de transferencia de calor. 13° ed, McGraw Hill Book Company, Mexico, 1999.
- M.L. de Souza; H.C. Menezes. Processamentos de amêndoa e torta de castanha-do-brasile farinha de mandioca: Parâmetros de qualidade. Ciênc. Tecnol. Aliment., vol.24, no.1, p.120-128.

- Peña, P. La Castaña y la Shiringa en Madre de Dios: Análisis del marco legal y propuestas participativas para su mejora-Cuaderno de Investigación N°3. Sociedad Peruana de Derecho Ambiental., Perú, 2010.
- Pryde, E.H. Composition of soybean oil. In Handbook of soy oil processing and utilization. Erikson, D.R.; Pryde, E.H.; Brekke, O.L.; Mounts, T.L. and Falb, R.A. 5ta ed. American Soybean Association and American Oil Chemists Society, 1990.
- Recinos Mendoza, G.A. Evaluación del rendimiento de concretos obtenidos en la secuencia extractiva por lixiviación mediante técnica Soxhlet con tres solventes (Hexano, etanol y agua) a partir de frutos de Arrayán (*Myrica cerifera L.*) recolectado de los bosques naturales del área Nor-Central de Guatemala. [Tesis de Grado]. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2004.
- Salunkhe, D.K.; Chavan, J.K., Adsule, R.N. y Kadam, S.S. World oilseeds: Chemistry, technology and utilization. New York: Van Nostrand. Reinhold. 1992.
- Salvat Editores. Enciclopedia Salvat. Salvat ed. Barcelona, 1997.
- Sotero, V.; Silva, L.; Merino Zegarra, C.; Maco, M.; Dávila, E.; Ramirez, W.; García, D. Evaluación de la actividad antioxidante de seis frutales amazónicos: Anona, castaña, chope, huasaí, huito y uvilla. Folia Amazonica. 20(1-2): 59-66, 2011.
- Suh, N.P. The principles of design. Oxford series on advanced of manufacturing. Oxford University Press. New York, 1990.

8. ANEXOS

ANEXO 1

CALCULO PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE SOLVENTE PURO

A. Para determinar el volumen teórico de Solvente

De acuerdo a la ecuación 04 se tiene que:

$$V_{teórico} = \frac{\pi * \phi^2}{4} * h \quad \dots ec. (05)$$

Donde:

- $\phi = 150\text{mm}$
- $h = 470\text{mm}$

Entonces:

$$V_{teórico} = \frac{\pi * (150\text{mm})^2}{4} * 470\text{mm} \frac{1L}{10^6\text{mm}^3}$$

$V_{teórico} = 8.31 \text{ Litros}$

ANEXO 2

CALCULO PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL EXTRACTOR DE ACEITE

A. Para determinar el volumen de trabajo

Si:

$$V_{\text{trabajo}} = V_{\text{hexano}} + V_{\text{torta}} \dots \text{ec. (05)}$$

Donde:

- $V_{\text{hexano}} = 2.5 \text{ L}$
- $V_{\text{torta}} = \frac{0.5\text{Kg}}{0.77\frac{\text{Kg}}{\text{L}}}$

Entonces:

$$V_{\text{torta}} = \frac{m_{\text{torta}}}{\rho_{\text{torta}}} = \frac{0.5\text{Kg}}{0.77\frac{\text{Kg}}{\text{L}}} \rightarrow V_{\text{torta}} = 0.65 \text{ L}$$

$$V_{\text{trabajo}} = 2.5\text{L} + 0.65\text{L} \rightarrow \boxed{V_{\text{trabajo}} = 3.15\text{L}}$$

B. Para determinar las dimensiones del tanque

Si:

$$V_t = \pi * \frac{(\phi_{int})^2}{4x10^6} * H \text{ [L]}$$

Donde:

- ϕ_{int} : Diámetro interior del recipiente [mm].
- H : Altura del recipiente [mm].
- V_t : Volumen teórico de trabajo [L]

Entonces:

$$H = \frac{4x10^6 * V_t}{\pi * (\phi_{int})^2} [mm]$$

$$H = \frac{4 * 10^6 * 3.15}{\pi * 150^2} [mm]$$

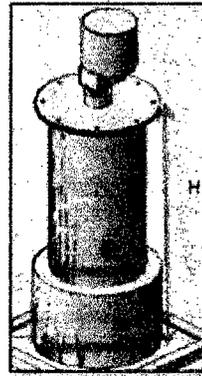
$$H = 178.25mm$$

ANEXO 3

CALCULO DE CALOR PARA LA CAMARA DE EXTRACCIÓN ENCHAQUETADA

A. Datos y medidas del extractor

Dimensión	Medida [m]
H	0.494
D	0.20
d	0.15



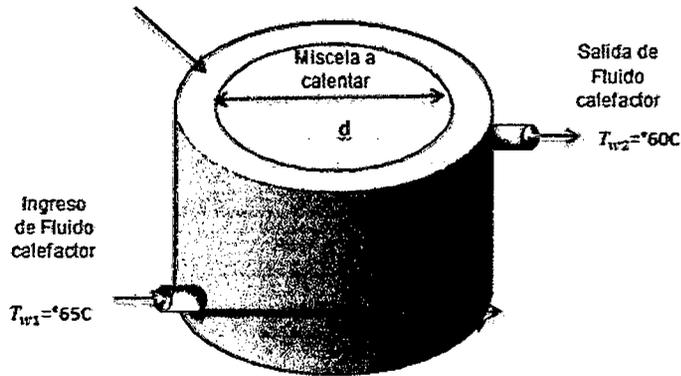
Dimensiones del tanque extractor.

Detalles del material

- Tipo de material: Ferro galvanizado.
- Emisividad del material: $\epsilon=0.7$
- Conductividad del material: $K=36W/mC$
- Espesor del material: $e_A = 1/16''$.

Detalles de la chaqueta calefactora del Extractor

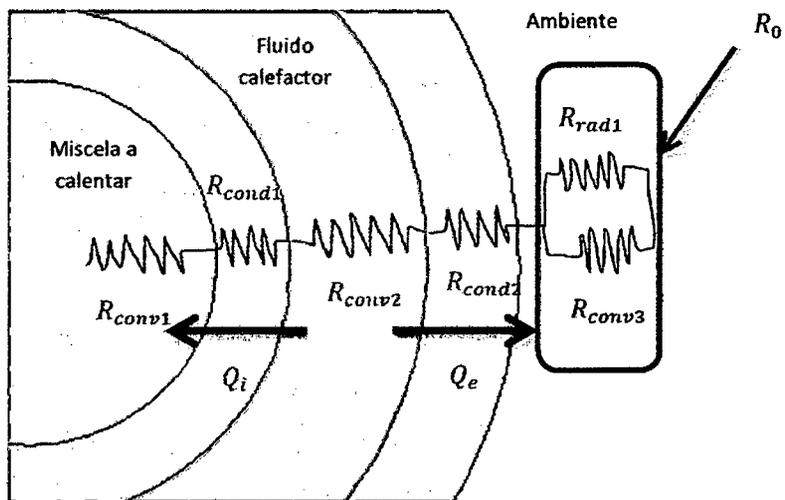
Fluido calefactor



Dimensión	Medida [m]
h	0.15
D	0.20
d	0.15

Detalle de chaqueta calefactora.

Perfil de transferencia de calor generado en la chaqueta del extractor



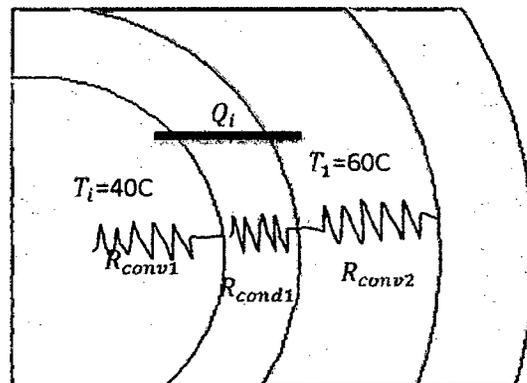
Perfil de transferencia de calor en chaqueta.

$$Q_{\text{calefactor}} = Q_i - Q_e$$

Donde:

- $Q_{\text{calefactor}}$: Flujo calórico útil [W].
- Q_i : Flujo Calórico para calentar el hexano y la torta [W].
- Q_e : Flujo Calórico disipado al ambiente por radiación y convección.

B. Determinando el flujo calorífico para calentar el hexano y la torta



Perfil de transferencia de calor en chaqueta.

$$Q_i = U_{Di} \cdot A_i \cdot (T_1 - T_i) \dots \text{(ec. 08)}$$

Donde:

- U_{Di} : Coeficiente global de transferencia de calor interno [W].
- A_i : Área interna de transferencia de calor [m²].
- T_1 : Temperatura de Líquido calefactor [°C]
- T_i : Temperatura de fluido a calentar [°C].

Áreas de la chaqueta calefactora

Diametros	[m]	A [m ²]
D ₁	0.15	A _i =A ₁ =0.0707
D ₂	0.1516	A ₀ = A ₂ = 0.0714
D ₃	0.177	A ₃ = 0.0834
D ₄	0.1786	A ₄ = 0.0842

Datos del material de la chaqueta

K _A	96.8956	W/m.C
e _A	0.0016	m

Determinando el U_{Di} (Coeficiente global de transferencia de calor interno)

$$U_{Di} = \frac{1}{\frac{A_i}{h_0 A_0} + \frac{e_A A_i}{A_{mIA} k_A} + \frac{1}{h_i} + R_c + R_F}$$

Donde:

- **h₀** : Coeficiente de convección del fluido caliente.
- **e_A** : Espesor del material [0.0016m]
- **A_{mIA}** : Area media logarítmica.
- **R_c** : Factor de ensuciamiento del fluido caliente [0.00021 m².C/W].
- **R_F** : Factor de ensuciamiento del fluido frío [0.000264 m².C/W]

En la ecuación existen variables a despejar, tales como el área media logarítmica A_{mLA} , el coeficiente de convección del fluido caliente h_o y el coeficiente del fluido a calentar h_i

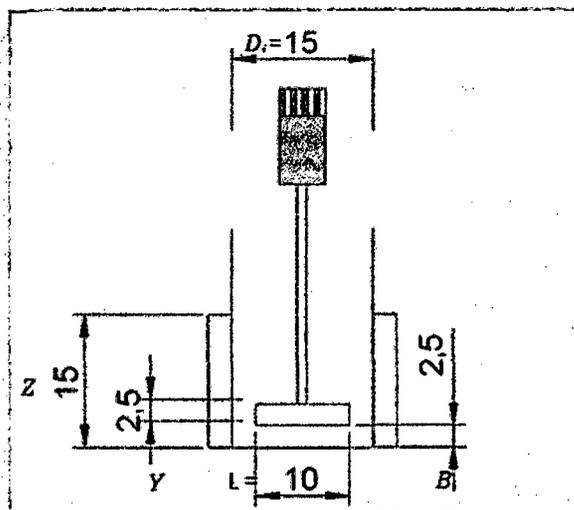
Se procede a determinar el área media logarítmica A_{mLA}

$$A_{mLA} = \frac{A_o - A_i}{\ln\left(\frac{A_o}{A_i}\right)} = \frac{0.0714 - 0.0707}{\ln\left(\frac{0.0714}{0.0707}\right)} \rightarrow A_{mLA} = 0.0711m^2$$

Hallando el coeficiente de convección dentro de la chaqueta h_o , para esto las dimensiones esenciales para el cálculo son:

- Z: Altura de proporción húmeda del recipiente.
- D_i : Diámetro del recipiente.
- L: Longitud de la paleta del agitador.
- B: Altura del fondo de la paleta hasta el fondo del recipiente.

Dimensiones	[Pie]
D_i	0.49213
Z	0.49213
B	0.08202
Y	0.08202
L	0.32808
N	900



Dimensiones dentro de la chaqueta

Se usará las siguientes fórmulas:

$$\frac{h_0 D_i}{k} = 0.36 \left(\frac{L^2 N \rho}{\mu} \right)^{2/3} \left(\frac{C_p \mu}{k} \right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14}$$

y

$$Re_j = \frac{L^2 N \rho}{\mu}$$

Donde:

- L** : Longitud de la paleta [0.08202 Pies].
- N** : números de revoluciones [900rph].
- ρ** : La densidad promedio. [62.5 Lb/Pie³]. (Dato obtenido por tabla)
- μ** : Viscosidad del Líquido. [1.1616 Lb/(pie.h)]. (Dato obtenido por tabla)
- k** : Conductividad del fluido calefactor [0.381 Btu/(h.pie.F)]. (Dato obtenido por tabla).

Despejando h_0 :

$$h_0 = \frac{0.36k(Re_j)^{2/3} \left(\frac{C_p \mu}{k} \right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14}}{D_i}$$

$$Re_j = \frac{L^2 N \rho}{\mu} = \frac{(0.3281 \text{ pie})^2 \cdot 900 \text{ rph} \cdot 62.5 \frac{\text{Lb}}{\text{pie}^3}}{0.4921 \text{ pie}} \rightarrow Re_j = 5212$$

$$h_0 = \frac{0.36 \cdot 0.381 \frac{\text{BTU}}{\text{h.pie.F}} (5212)^{2/3} \left(\frac{1 \frac{\text{BTU}}{\text{Lb.F}} \cdot 1.1616 \frac{\text{Lb}}{\text{Pie.h}}}{0.381 \frac{\text{BTU}}{\text{h.Pie.F}}} \right)^{1/3} \left(\frac{1.1616}{1.1616} \right)^{0.14}}{0.4921 \text{ Pie}}$$

$$h_0 = 121.4933 \frac{\text{BTU}}{\text{h.Pie}^2.F} \rightarrow h_0 = 689.8755 \frac{\text{W}}{\text{m}^2.C}$$

Hallando el coeficiente del fluido a calentar h_i

$$h_i = \frac{1.86k \left[(Re_j) \left(\frac{C_{p,x}\mu}{k} \right) \left(\frac{D_i}{h} \right) \right]^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14}}{D_i}$$

Dónde:

Re : Reynolds modificado [5212].

μ : Viscosidad del Líquido. [0.00085Pa.s]. (Dato obtenido por tabla)

C_{px} : Capacidad calorífica de hexano y torta [2.322KJ/Kg.C]

K_{hexano} : Conductividad del hexano a calentar [0.6W/(m.C)]. (Dato obtenido por tabla).

D_i : Diámetro de tanque agitado [0.15m].

h : altura del tanque agitado [0.15m].

$$h_i = \frac{1.86 * 0.6 \frac{W}{m.C} \left[(5212) \left(\frac{2.322 \frac{KJ}{Kg.C} * 0.85 * 10^{-3} Pa.s}{0.6 * 10^{-3} \frac{W}{m.C}} \right) \left(\frac{0.15m}{0.15m} \right) \right]^{1/3} (1)^{0.14}}{0.15m}$$

$$h_i = 191.4899 \frac{W}{m^2.C}$$

Reemplazando A_{mLA} , h_o y h_i en U_{Di}

$$U_{Di} = \frac{1}{\frac{0.0707m^2}{389.8755 \frac{W}{m^2.C} * 0.0714m^2} + \frac{0.0016m^2 * 0.0707m^2}{0.0711m^2 * 96.8956 \frac{W}{m.C}} + \frac{1}{191.4899 \frac{W}{m^2.C}} + (0.21 + 0.264) * 10^{-3} \frac{m^2.C}{W}}$$

$$U_{Di} = 140.1135 \frac{W}{m^2.C}$$

Reemplazando este valor en Q_i

$$Q_i = 140.1135 \frac{W}{m^2.C} * 0.0707m^2 * (40 - 20)C$$

$$Q_i = 198.0812 W$$

C. Determinando el flujo calorífico disipado al ambiente Q_e .

e_B	0,0016	m
d_i	0,2024	m
d_o	0,204	m
h	0,15	m
A_i	0,0954	m ²
A_o	0,0961	m ²
A_{mIB}	0,0958	m ²
K_B	96.8956	W/(m.C)

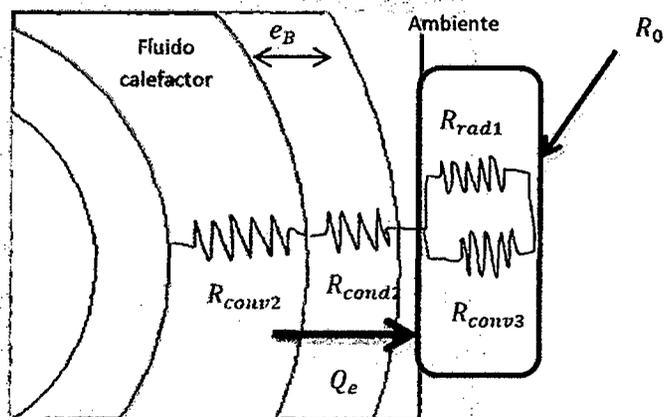


Figura 18: Datos tanque extractor-chaqueta calefactora

Se utilizará la siguiente fórmula:

$$Q_e = U_e A_o (T_1 - T_{00}) \dots (A)$$

Donde:

Q_e : Flujo Calórico disipado al ambiente por radiación y convección [W].

U_e : Coeficiente de transferencia de calor al ambiente.

A_o : Área de transferencia de calor [m²].

T_1 : Temperatura del fluido calefactor (60°C).

T_{00} : Temperatura ambiental (25°C)

Como se puede apreciar, en la ecuación falta despejar el valor de Q_e (Coeficiente de transferencia de calor al ambiente), para lo cual se aplicará la siguiente fórmula:

$$U_e = \frac{1}{\frac{A_o}{h_o A_i} + \frac{e_B A_4}{A_{mIB} k_B} + \frac{1}{h_o'}} \dots (B)$$

Donde:

h_0' : Coeficiente combinado de convección y radiación [$W/m^2.C$].

h_0 : Coeficiente de convección en el fluido de calefacción [$W/m^2.C$].

Desarrollando:

$$h_0' = h_{conv,3} + h_{rad,1}$$

$$h_{conv,3} = 1.32 * \left(\frac{\Delta T}{d}\right)^{0.25} = 1.32 * \left(\frac{40 - 20}{0.0.204}\right)^{0.25} \rightarrow h_{conv,3} = 4.7773 \frac{W}{m^2.C}$$

$$h_{rado} = 0.7 * 5.676 * \left[\frac{\left(\frac{333.15}{100}\right)^4 + \left(\frac{298.15}{100}\right)^4}{333.15 - 298.15} \right] \frac{W}{m^2.C} \rightarrow h_0 = 5.0136 \frac{W}{m^2.C}$$

$$\rightarrow h_0' = 9.7909 \frac{W}{m^2.C}$$

Remplazando los valores en (B):

$$U_e = \frac{1}{\frac{0.0961m^2}{689.8755 \frac{W}{m^2.C}} + \frac{0.0016m * 0.0961m^2}{0.0958m^2 * 96.8956 \frac{W}{m.C}} + \frac{1}{9.7909 \frac{W}{m^2.C}}}$$

$$\rightarrow U_e = 9.5613 \frac{W}{m^2.C}$$

Remplazando los valores en (A)

$$Q_e = 9.5613 \frac{W}{m^2.C} (0.0961m^2)(60 - 25)C$$

$$Q_e = 324733 W$$

D. Determinando el caudal del fluido calefactor

$$m_{agua} = \frac{Q_i + Q_e}{C_{p,w}(T_{w,1} - T_{w,2})}$$

Donde:

m_{agua} : Flujo másico del agua para calefacción [Kg/min]

$C_{p,w}$: Capacidad calorífica del agua [4190 J/KgC].

$T_{w,1}$: Temperatura al ingreso del agua de calefacción [65°C].

$T_{w,2}$: Temperatura de salida del agua de calefacción [60°C]

$$m_{agua} = \frac{(198.0812 + 32.4733) \frac{J}{s}}{4190 \frac{J}{Kg \cdot C} (65 - 60) C}$$

$$m_{agua} = 3.3015 \frac{Kg}{min}$$

E. Determinando el tiempo requerido para el calentamiento del sistema

$$\theta = \frac{Q_T}{Q_{útil}}$$

Donde:

Q_T : Calor necesario para calentar el sistema [KJ].

$Q_{útil}$: Flujo Calórico utilizado para el calentamiento [W]

Datos:

Calor específico de los materiales de trabajo

	masa [Kg]	Cp [KJ/Kg.C]	Q _π [KJ]
Hexano	1,4471	2,322098	67,2065319
Torta	0,5	2,0357	20,3569303
Equipo	12	0,486	116,64
		Q _T =	204.2035

Para el diferencial de temperatura se considera T₁: 20°C y T₂: 40°C

$$\theta = \frac{204.2035KJ}{(198.0812 + 32.4733) \frac{J}{seg} \times \frac{60seg}{1000K}}$$

$$\rightarrow \theta = 20.55 \text{ min}$$

ANEXO 4

CALCULO PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL DESTILADOR DE MISCELA

A. Para determinar las dimensiones del destilador de miscela

$$V_t = \frac{(\phi_{int})^2 * \pi}{4 * 10^6} * H$$

Donde:

- ϕ_{int} : Diámetro interior del recipiente [mm].
H : Altura del recipiente [mm].
 V_t : Volumen teórico de trabajo [L]

Por similitud en dimensionamiento de componentes del equipo, se considera el diámetro interior (150mm), por la cual determinamos la altura del recipiente:

$$H = \frac{4x10^6 * V_t}{(\phi_{int})^2 * \pi} [L] = \frac{4x10^6 * 4.5}{(150)^2 * \pi} L$$

$$H = 254.65mm$$

ANEXO 5

CALCULO DE CALOR PARA EL DESTILADOR DE MISCELA

Para determinar el calor total necesario para evaporar el hexano se utilizará la siguiente fórmula:

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 \dots (A)$$

Dónde:

Q_T = Calor total necesario para la evaporación del hexano.

Q_1 = Calor Absorbido por el hexano.

Q_2 = Calor absorbido por el equipo (destilador de miscela).

Q_3 = Calor disipado al ambiente (radiación y convección).

La ecuación presenta variables que deben ser halladas, tales como el calor absorbido por el hexano Q_1 , el calor absorbido por el destilador y el calor disipado al ambiente Q_3 .

A. Determinando el calor absorbido por el hexano Q_1

$$Q_1 = C_{p,hex} * (T_{s2} - T_{s1}) * m_{hex} + \gamma_{hex} * m_{hex} \dots (B)$$

Dónde:

$C_{p,hex}$: Calor específico del hexano [KJ/Kg.C]

T_{s2} : Temperatura final del hexano [70°C].

T_{s1} : Temperatura inicial del hexano [20°C].

M_{hex} : masa del hexano [Kg].

γ_{hex} : Calor latente del hexano [KJ/Kg].

Hallando el valor de T:

$$T = \frac{T_{s2} + T_{s1}}{2} = \frac{70 + 20}{2} \rightarrow T = 45C$$

Hallando el valor del calor específico del hexano:

$$C_{p,hex} = 0.5227 + 0.0007 * T - 4x10^{-19} * T^2$$

$$C_{p,hex} = 0.5227 + 0.0007 * 45 - 4x10^{-19} * 45^2$$

$$C_{p,hex} = 2.3221 \frac{KJ}{Kg.C}$$

Hallando el calor latente de vaporización:

$$\gamma_{hex} = 91.897 - 4x10^{-6}T^3 + 0.0008T^2 - 0.2399T$$

$$\gamma_{hex} = 91.897 - 4x10^{-6}(45)^3 + 0.0008(45)^2 - 0.2399(45)$$

$$\gamma_{hex} = 345.0458 \frac{KJ}{Kg}$$

Hallando la masa del hexano (se utilizó datos de la ficha técnica):

$$\rho_{hex} = 0.6548Kg/L$$

$$m_{hex} = 0.6548 \frac{Kg}{L} (4L)$$

$$m_{hex} = 2.61.92Kg$$

Reemplazamos valores en (B):

$$Q_1 = 2.321 \frac{KJ}{KgC} * (70 - 20)C * 2.6192Kg + 345.0758 \frac{KJ}{Kg} * 2.6192Kg$$

$$Q_1 = 1207.9246KJ$$

B. Determinando el calor absorbido por el destilador de miscela Q_2

$$Q_2 = m_{\text{equipo}} * C_{p,\text{equi}} * (T_{2e} - T_{1e}) \dots (C)$$

Donde:

- m_{equipo} : Masa del equipo a calentar [12.13Kg].
- $C_{p,\text{equi}}$: Calor específico del material del equipo [0.486KJ/Kg.°C].
- T_{2e} : Temperatura del equipo al final del calentamiento [72°C].
- T_{1e} : Temperatura del equipo al inicio del proceso [20°C].

Remplazando valores en (C):

$$Q_2 = 12.13Kg * 0.486 \frac{KJ}{Kg.C} * (72 - 20)$$

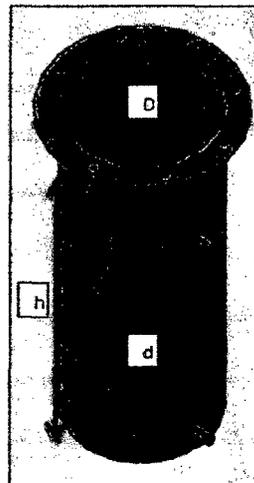
$$Q_2 = 306.56KJ$$

C. Determinando el calor disipado al ambiente Q_3

$$Q_3 = Q_{cilindrico} + Q_{cónico} \dots (D)$$

Calculando la transferencia que se da en la parte cilíndrica:

Dimensión	Medida [m]
h	0.35
D	0.20
d	0.15



Dimensiones de parte cilíndrica del destilador

$$Q_{cilindro} = U_{cilindro} * A_{cilindro} * (T_i - T_o) \dots (E)$$

Donde el área del cilindro $A_{cilindro}$ es:

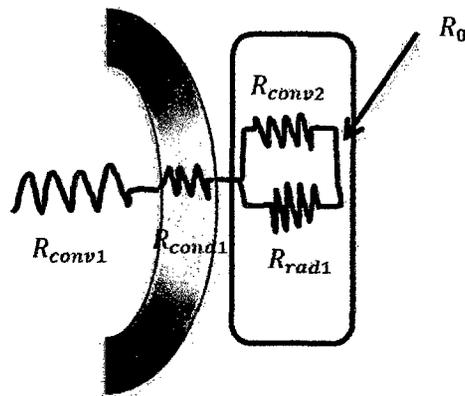
$$A_{cilindro} = \frac{\pi d^2}{4} + \pi dh + \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$$

$$\rightarrow A_{cilindro} = 0.1964m^2$$

En cuanto al coeficiente global de transferencia de calor $U_{cilindrico}$, se debe hallar con la siguiente fórmula:

$$U_{cilindrico} = \frac{1}{R_{conv1} + R_{cond1} + R_0} = \frac{1}{R_0}$$

Tomando el criterio de $R_{conv1} = R_{cond1} = 0$



Coeficiente global de transferencia de calor del cilindro.

Un dato importante tomado en las pruebas es la temperatura exterior del tanque ($T_0=72^\circ\text{C}$), y la temperatura del ambiente ($T_{00}=20^\circ\text{C}$).

$$R_0 = \frac{1}{h_0 + h_{rad0}}$$

Donde:

$$h_0 = 1.32 * \left(\frac{\Delta T}{d}\right)^{0.25} = 1.32 * \left(\frac{72 - 20}{0.15}\right)^{0.25} \rightarrow h_0 = 5.6958 \frac{W}{m^2C}$$

$$h_{\text{rado}} = \varepsilon * 5.676 * \left[\frac{\left(\frac{T_0}{100}\right)^4 + \left(\frac{T_{00}}{100}\right)^4}{T_0 - T_{00}} \right]$$

$$\rightarrow h_{\text{rado}} = 0.7 * 5.676 * \left[\frac{\left(\frac{345.15}{100}\right)^4 + \left(\frac{293.15}{100}\right)^4}{345.15 - 293.15} \right] \frac{W}{m^2C} \rightarrow h_0 = 5.2007 \frac{W}{m^2C}$$

Entonces reemplazando para hallar R_0 :

$$R_0 = \left(\frac{1}{5.6958 + 5.2007} \right) \frac{m^2C}{W}$$

$$R_0 = 0.0918 \frac{m^2C}{W}$$

Por lo tanto:

$$U_{\text{cilindrico}} = \frac{1}{0.0918 \frac{m^2C}{W}} \rightarrow U_{\text{cilindrico}} = 10.8964 \frac{W}{m^2C}$$

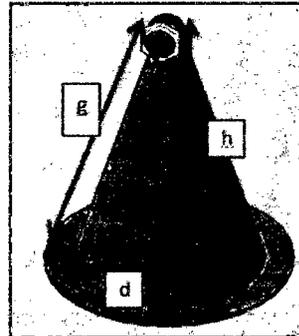
Reemplazando los valores en la ecuación (E):

$$Q_{\text{cilindro}} = 10.8964 \frac{W}{m^2C} (0.1964m^2)(72 - 20)C$$

$$Q_{\text{cilindro}} = 111.2546W$$

Calculando el calor disipado en la sección cónica

Dimensión	Medida
	[m]
h	0.15
g	0.20
d	0.15
D	0.20



Dimensiones de la sección cónica del destilador.

$$Q_{cono} = U_{cono} * A_{cono} * (T_i - T_0) \dots (F)$$

Donde:

$$A_{cono} = \pi * r * g + \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \rightarrow A_{cono} = \pi * 0.075m * 0.2m + \frac{\pi}{4} (0.2^2 - 0.15^2)m^2$$

$$A_{cono} = 0.0609m^2$$

Podemos considerar $U_{cono} = U_{cilindro}$, entonces reemplazando en (F)

$$Q_{cono} = 10.8964 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} (0.0609m^2) * (72 - 20)^\circ C$$

$$Q_{cono} = 34.51 W$$

Por ultimo reemplazando en (D)

$$Q_3 = 145.7546 W \rightarrow Q_3 = 0.1458 KJ$$

Remplazando los valores de (B), (C) y (D) en (A), se tiene que el calor total necesario para evaporar el hexano es igual a:

$$Q_T = 1514.6304 KJ \rightarrow Q_T = 0.42kW.h$$

ANEXO 6

CALCULO DE CALOR PARA EL CONDENSADOR

El modelo de condensador será de serpentín enchaquetado, por el cual fluirá agua a temperatura ambiente y la función es de recuperar el hexano que se encuentra en forma gaseosa.

Para lo cual se realizó el siguiente cálculo:

$$Q_{condensación} = m_{solv} [\gamma_{solv} + q_{enfriamiento}] \dots (A)$$

Donde:

- $Q_{condensación}$: Calor de condensación (KJ/h).
- m_{solv} : Caudal de solvente (Kg/h).
- γ_{solv} : Calor latente del hexano (KJ/Kg).
- $q_{enfriamiento}$: Calor de enfriamiento (KJ/Kg).

Determinando el caudal de solvente (m_{solv})

$$m_{solv} = V_{solvente} * \rho_{solv}$$

Donde:

- m_{solv} : Masa de solvente (Kg/Batch).
- $V_{solvente}$: Volumen de solvente por Batch (L/Batch).
- ρ_{solv} : Densidad del hexano (660 Kg/m³)

Se tuvo la siguiente consideración para el cálculo $V_{solvente} = 4.5 \text{ L/ Batch}$

$$m_{solv} = 4.5 \frac{\text{L}}{\text{Batch}} \times 660 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times \frac{1 \text{m}^3}{1000 \text{L}}$$

$$\rightarrow m_{solv} = 2.97 \frac{\text{Kg}}{\text{Batch}}$$

Determinando el calor latente del hexano (γ_{solv})

Para determinar el calor latente del hexano, se utilizará la siguiente fórmula:

$$\gamma_{solv} = 91.897 - 4 \times 10^{-6} T^3 + 0.0008 T^2 - 0.2399 T$$

Donde:

γ_{solv} : Calor latente del hexano (Kcal/Kg).

T : Temperatura de ebullición (69°C)

$$\gamma_{solv} = [91.897 - 4 \times 10^{-6} (69)^3 + 0.0008 (69)^2 - 0.2399 (69)] \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}} \times 4.19 \frac{\text{KJ}}{\text{Kcal}}$$

$$\rightarrow \gamma_{solv} = 326.144 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

Determinando el calor de enfriamiento ($q_{enfriamiento}$)

$$q_{enfriamiento} = C_p * (T_{s2} - T_{s1})$$

Donde:

$q_{enfriamiento}$: Calor de enfriamiento (Kj/Kg)

C_p : Calor específico de solvente (Kj/Kg°C)

T_{s1} : Temperatura inicial de solvente (20°C)

T_{s2} : Temperatura de ebullición (95°C)

$$C_p = 0.5227 + 0.0007T - 4 \times 10^{-19} T^2$$

El valor de temperatura para el cálculo del calor específico, será el promedio de la temperatura inicial y ebullición del solvente.

$$T = \frac{T_{s1} + T_{s2}}{2} = \frac{(20 + 69)^\circ\text{C}}{2} \rightarrow T = 44.5^\circ\text{C}$$

$$C_p = [0.5227 + 0.007(44.5) - 4 \times 10^{-19}(44.5^2)] \frac{\text{KJ}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C}} \rightarrow C_p = 2.3206 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$q_{enfriamiento} = 2.3206 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C}} * (69 - 20)^\circ\text{C}$$

$$\rightarrow q_{enfriamiento} = 113.711 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

Ahora se reemplaza los valores en la (ec. 20)

$$Q_{condensación} = 2.97 \frac{Kg}{Batch} [326.144 + 113.711] \frac{KJ}{Kg}$$

$$Q_{condensación} = 1306.369 \frac{KJ}{Batch}$$

Determinando el tiempo de proceso

Para determinar el tiempo necesario para realizar el proceso de extracción de aceite, se utilizará la siguiente fórmula:

$$\theta = \frac{Q_{condensación}}{m_{H_2O} * (h_{Ta2} - h_{Ta1})}$$

Donde:

$Q_{condensación}$: Calor de enfriamiento (Kj/Batch)

θ : Tiempo de proceso (min)

m_{H_2O} : Flujo másico del agua para refrigeración (4Kg/min)

h_{Ta1} : Entalpía del agua a 20°C (83.96Kj/Kg)

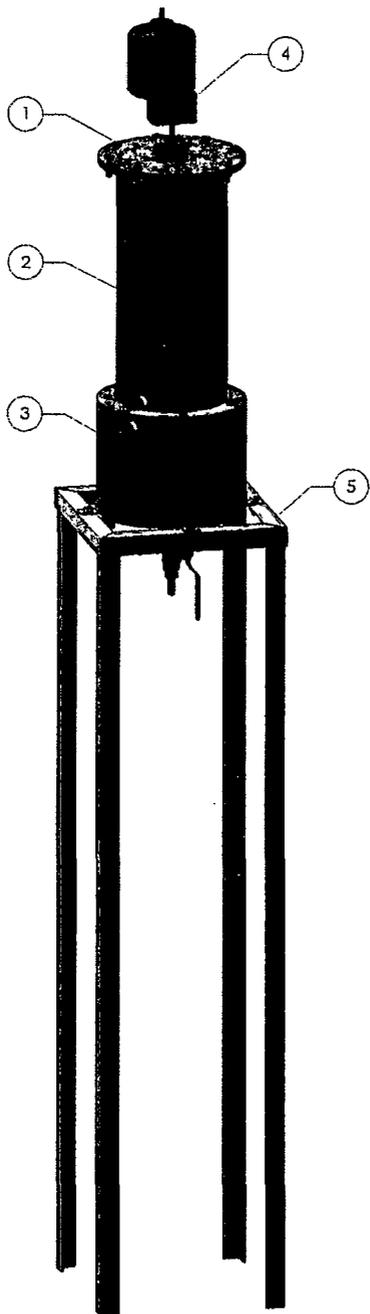
h_{Ta2} : Entalpía del agua a 23°C (95.52Kj/Kg)

$$\theta = \frac{1306.369 \frac{KJ}{Batch}}{4 \frac{Kg}{min} * (95.52 - 83.96) \frac{KJ}{Kg}}$$

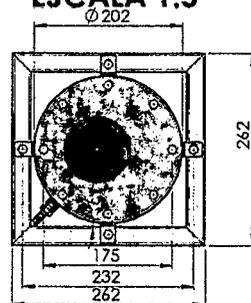
$$\rightarrow \theta = 28.25 \frac{min}{Batch}$$

ANEXO 7
PLANOS DEL EXTRACTOR DE ACEITE

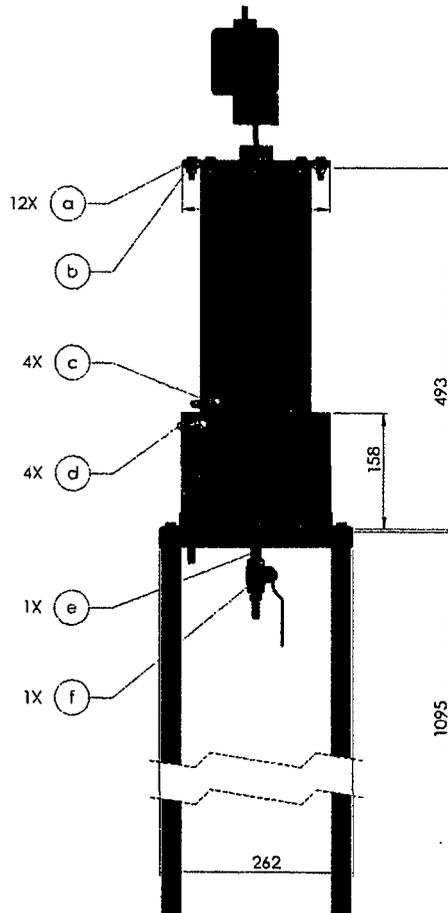
VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA 1:5



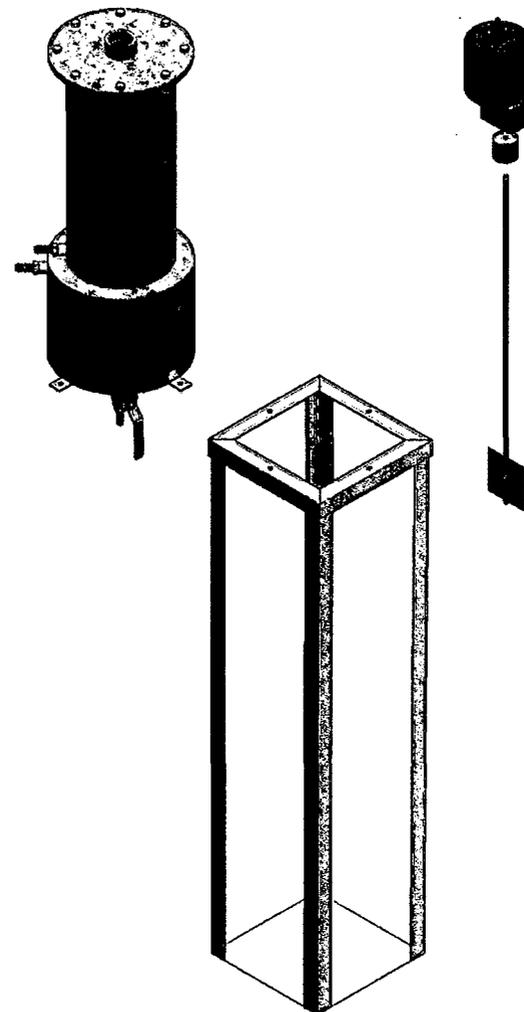
VISTA DE PLANTA
ESCALA 1:5



VISTA FRONTAL
ESCALA 1:5



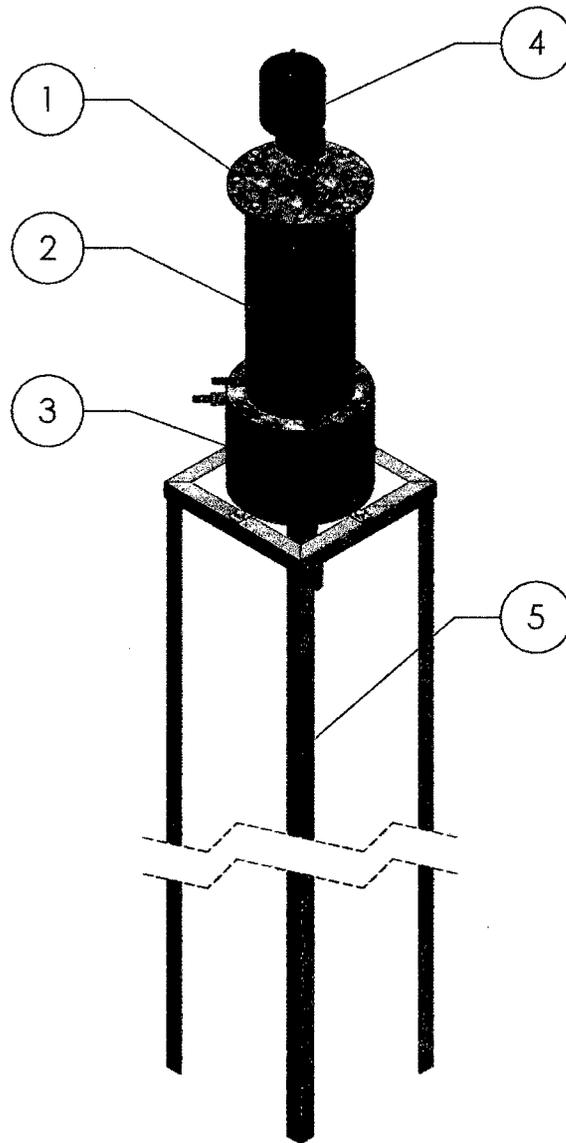
DESPIEZE DE COMPONENTES DE LA
CÁMARA DE EXTRACCIÓN DE ACEITE



SI NO SE INDICÓ CONTRA: LAS COTAS SE ESPERAN EN MM				ACABADO: BASE EPOXI-1 Y PIELMA ESM-111	FINICION DE SU ADRIAL: LQUID-DURA EUCRIZAL-111	PROYECTO: CÁMARA DE EXTRACCIÓN DE ACEITE	REVISIÓN:
ACABADO ESPECIAL: IMPRESA LACONICA Y MANUAL				MATERIAL: FERRO GALVANIZADO		Nº DE DIBUJO: 01-00-UEAEP-2015-REV 0	
CMU:	A.C.V.:	FORMA:	ELABO:			A2	
YMW:	E.C.D.:						

TABLA DE MATERIALES

ITEM	CANT.	UND.	MAT.	DESCRIPCIÓN
1	01	PZA	GALV.	TAPA BRIDA CIEGA 3mm Øext. 202mm X Øint. 8mm.
2	01	PZA	GALV.	CUERPO CILÍNDRICO Ø150mm X 493mm
3	01	PZA	GALV.	CHAQUETA DE CALEFACCIÓN Øext. 202mm X Øint.150mm.
4	01	PZA	---	SISTEMA DE AGITACIÓN.
5	01	PZA	GALV.	ESTRUCTURA SOPORTE PARA CÁMARA EXTRACCIÓN.



NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN
0

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM

ACABADO SUPERFICIAL:
LIMPIEZA MECÁNICA Y MANUAL

ACABADO:
BASE EPÓXICA Y RESINA ESMALTE

PROCESO DE SOLDADURA:
SOLDADURA ELÉCTRICA SMAW

TÍTULO:

**LISTA DE MATERIALES DE LA CÁMARA
DE EXTRACCIÓN DE ACEITE**

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.	A.O.V.		
VERIF.	S.C.G.		
APROB.	A.O.V.		

MATERIAL:
FIERRO GALVANIZADO

N.º DE DIBUJO

01-00-UEAEP-2015-REV 0

A4

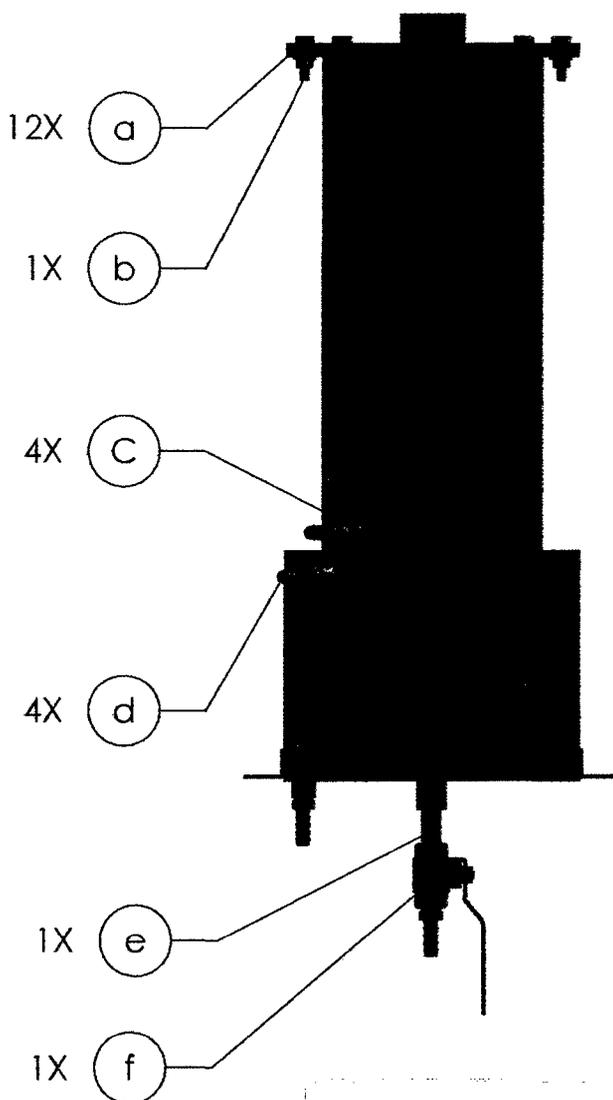
PESO:

ESCALA:

HOJA 2 DE 3

TABLA DE ACCESORIOS

ITEM	CANT.	UND.	MAT.	DESCRIPCIÓN
a	12	PZA	GALV.	PER. HEX. Ø1/4" X 1", CON TUERCA Y A/P.
b	01	PZA	NEOPRENE	EMPAQUETADURA 3mm X Øext. 202mm X Øint. 150mm.
c	04	PZA	GALV.	UNIÓN SIMPLE Ø1/4" X 1".
d	04	PZA	BRONCE	NIPLE ESCAMADO Ø1/4".
e	01	PZA	GALV.	NIPLE Ø1/4" X 2" ROCA AMBOS LADOS.
f	01	PZA	ACERO	VÁLVULA DE BOLA Ø1/4", CIERRE RÁPIDO



NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN
0

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM

ACABADO SUPERFICIAL:
LIMPIEZA MECÁNICA Y MANUAL

ACABADO:
BASE EPÓXICA Y RESINA ESMALTE

PROCESO DE SOLDADURA:
SOLDADURA ELÉCTRICA SMAW

TÍTULO:

**LISTA DE ACCESORIOS
CÁMARA DE EXTRACCIÓN DE ACEITE-CUERPO**

N.º DE DIBUJO

01-00-UEAEP-2015-REV 0

A4

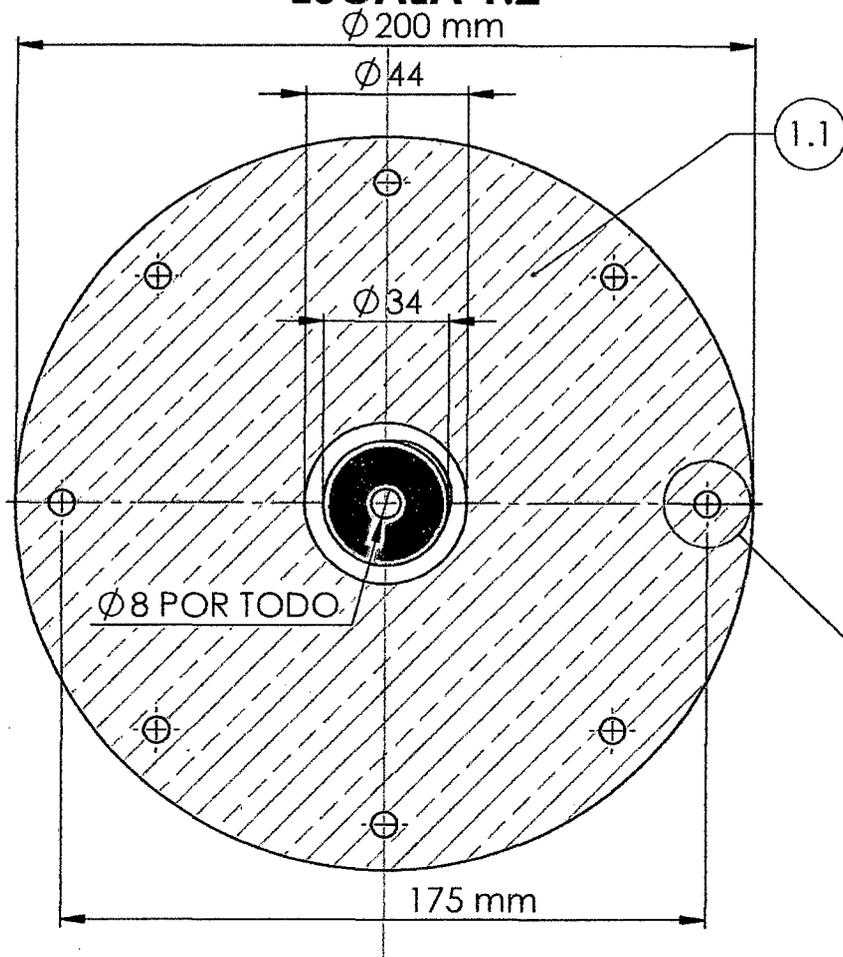
NOMBRE: A.O.V.
 FIRMA: _____
 FECHA: _____
 DIBUJ.: A.O.V.
 VERIF.: S.C.G.
 APROB.: A.O.V.

MATERIAL:
 FIERRO GALVANIZADO
 PESO: _____

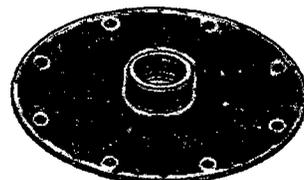
ESCALA:

HOJA 3 DE 3

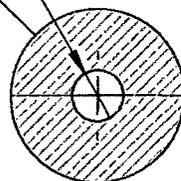
**VISTA DE PLANTA
ESCALA 1:2**



**VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA 1:5**

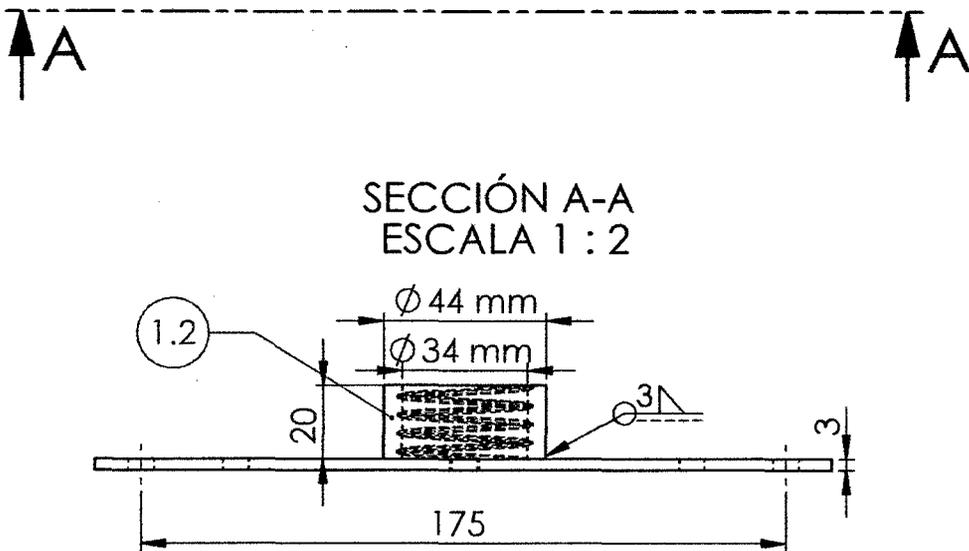


Ø7 POR TODO



**DETALLE B
ESCALA 1:1**

**SECCIÓN A-A
ESCALA 1:2**



NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN
0

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM

ACABADO SUPERFICIAL:
LIMPIEZA MECÁNICA Y MANUAL

ACABADO:
BASE EPÓXICA Y RESINA ESMALTE
PROCESO DE SOLDADURA:
SOLDADURA ELÉCTRICA SMAW

TÍTULO:

**TAPA BRIDA CIEGA-CÁMARA DE
EXTRACCIÓN DE ACEITE**

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.	A.O.V.		
VERIF.	S.C.G.		
APROB.	A.O.V.		

MATERIAL:
FIERRO GALVANIZADO

N.º DE DIBUJO

01-01-UEAEP-2015-REV 0

A4

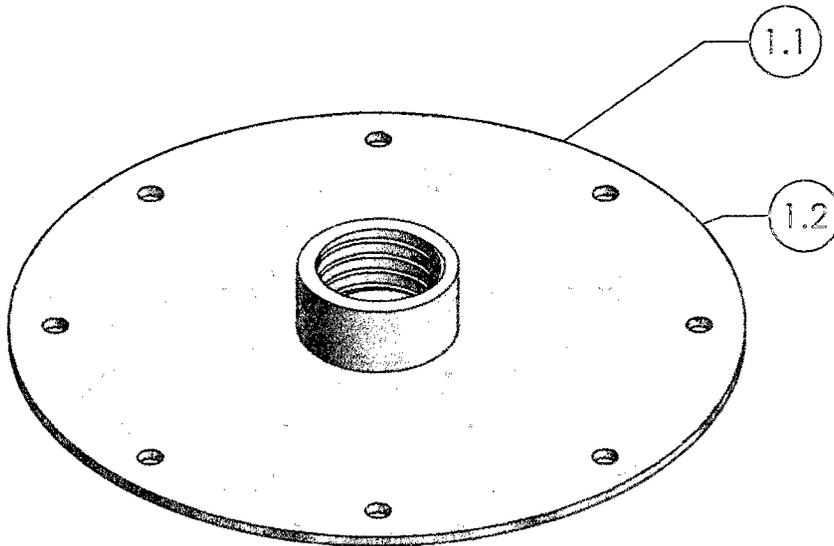
PESO:

ESCALA:

HOJA 1 DE 2

TABLA DE MATERIALES

ITEM	CANT.	UND.	MAT.	DESCRIPCIÓN
1.1	01	PZA	GALV.	BRIDA CIEGA 3mm x Øext. 202mm X Øint. 8mm. CON 8 AGUJEROS Ø8mm.
1.2	01	PZA	BRONCE	BOCINA CON HILO INTERIOR Øext. 44mm X Øint.34mm X 20mm.



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM

ACABADO SUPERFICIAL:
LIMPIEZA MECÁNICA Y MANUAL

ACABADO:
BASE EPÓXICA Y RESINA ESMALTE

PROCESO DE SOLDADURA:
SOLDADURA ELÉCTRICA SMAW

MATERIAL:
FIERRO GALVANIZADO

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN
0

TÍTULO:

**LISTA DE MATERIALES
TAPA BRIDA CIEGA-CÁMARA DE
EXTRACCIÓN DE ACEITE**

N.º DE DIBUJO

01-01-UEAEP-2015-REV 0

ESCALA:

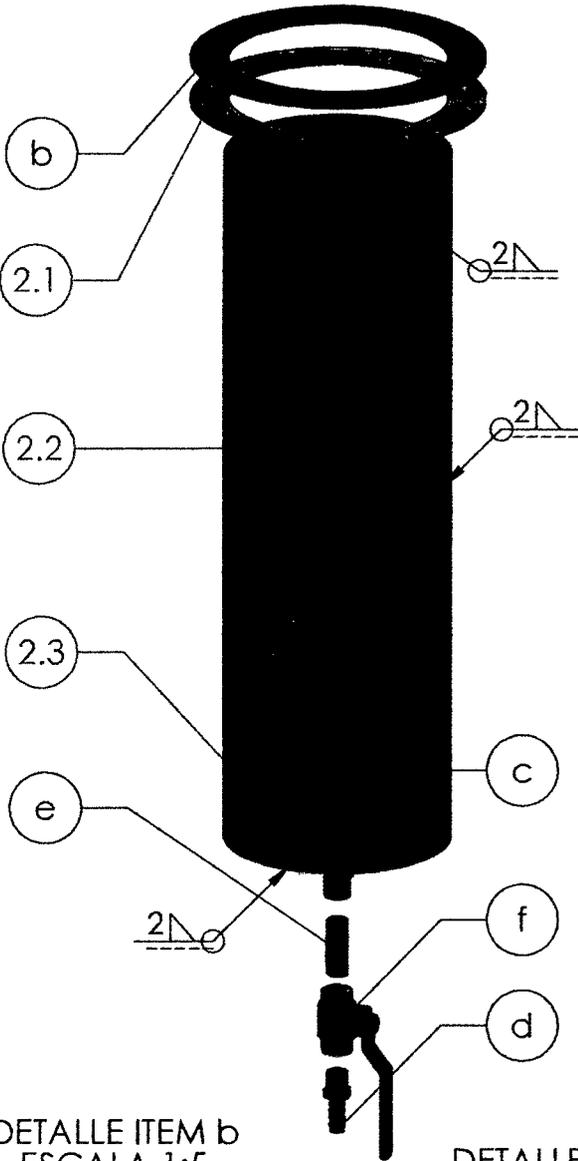
HOJA 2 DE 2

NOMBRE FIRMA FECHA
DIBUJ. A.O.V.
VERIF. S.C.G.
APROB. A.O.V.

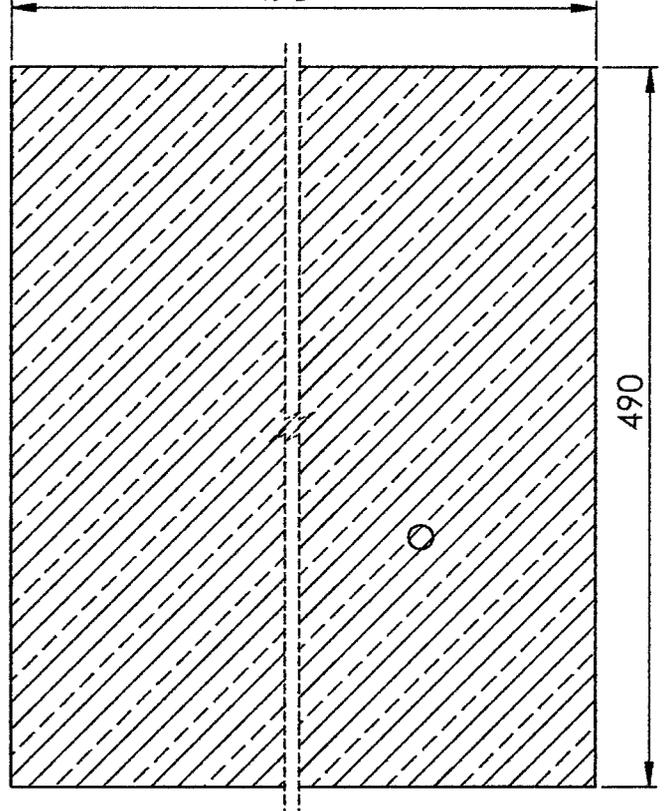
PESO:

A4

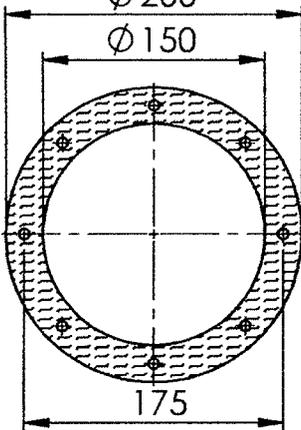
**VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA 1:5**



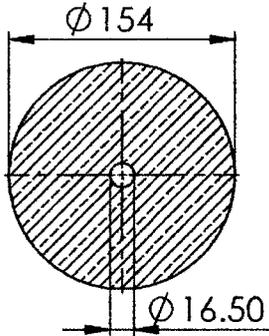
**DETALLE ITEM 2.2
ESCALA 1:5
DESARROLLO DE PLANCHA**
478



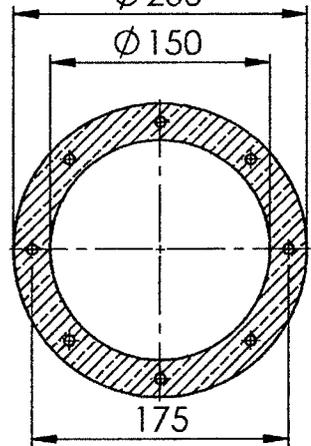
**DETALLE ITEM b
ESCALA 1:5
EMPAQUETADURA**
Ø 200



**DETALLE ITEM 2.3
ESCALA 1:5
FONDO DEL TK**



**DETALLE ITEM 2.1
ESCALA 1:5
BRIDA SLIP ON**
Ø 200



NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN
0

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM

ACABADO SUPERFICIAL:
LIMPIEZA MECÁNICA Y MANUAL

ACABADO:
BASE EPÓXICA Y RESINA ESMALTE

PROCESO DE SOLDADURA:
SOLDADURA ELÉCTRICA SMAW

TÍTULO:

**CASCO CILINDRICO DE LA CÁMARA DE
EXTRACCIÓN DE ACEITE**

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.	A.O.V.		
VERIF.	S.C.G.		
APROB.	A.O.V.		

MATERIAL:
FIERRO GALVANIZADO

N.º DE DIBUJO

01-02-UEAEP-2015-REV 0

A4

ESCALA:

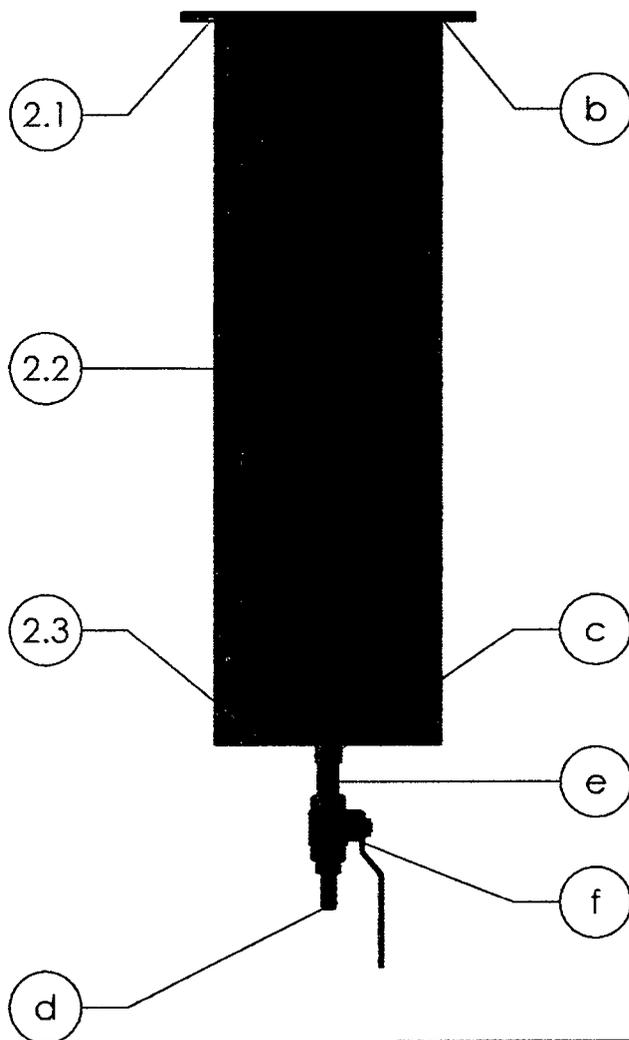
HOJA 1 DE 2

TABLA DE MATERIALES

ITEM	CANT.	UND.	MAT.	DESCRIPCIÓN
2.1	01	PZA	GALV.	BRIDA SLIP ON 3mm X Øext. 200mm X ØINT. 150mm.
2.2	01	PZA	GALV.	PL. 2mm X 490mm X 478mm.
2.3	01	PZA	GALV.	PL. 3mm X Øext. 154mm X Øint. 16.5mm.

TABLA DE ACCESORIOS

ITEM	CANT.	UND.	MAT.	DESCRIPCIÓN
b	01	PZA	NEOPRENE	EMPAQUE 3mm X Øext. 200mm X Øint. 150mm.
c	02	PZA	GALV.	UNIÓN SIMPLE Ø1/4" X 1"
d	02	PZA	BRONCE	NIPLE ESCAMADO Ø1/4".
e	01	PZA	GALV.	NIPLE Ø1/4" X 2" ROCA AMBOS LADOS.
f	01	PZA	ACERO	VÁLVULA DE BOLA Ø1/4", CIERRE RÁPIDO



NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN
0

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM

ACABADO SUPERFICIAL:
LIMPIEZA MECÁNICA Y MANUAL

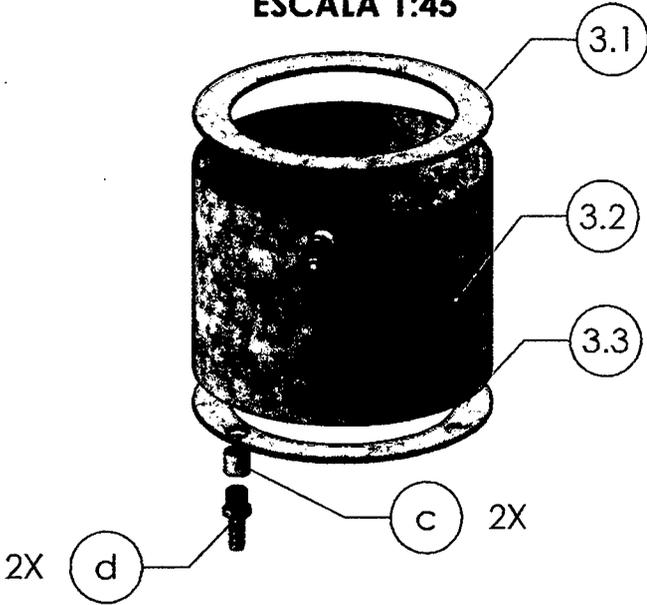
ACABADO:
BASE EPÓXICA Y RESINA ESMALTE

PROCESO DE SOLDADURA:
SOLDADURA ELÉCTRICA SMAW

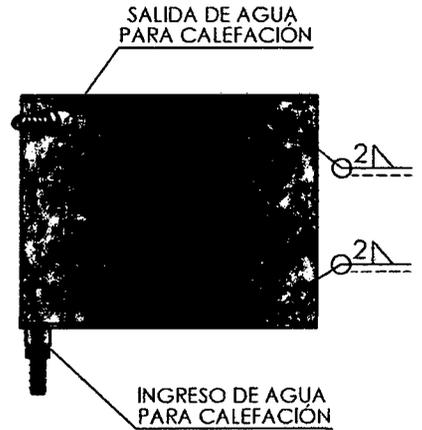
TÍTULO:
**LISTA DE MATERIALES Y ACCESORIOS
CASCO CILINDRICO DE LA CÁMARA DE
EXTRACCIÓN DE ACEITE**

DIBUJ.	NOMBRE A.O.V.	FIRMA	FECHA	MATERIAL: FIERRO GALVANIZADO	N.º DE DIBUJO 01-02-UEAEP-2015-REV 0	A4
VERIF.	S.C.G.				ESCALA:	
APROB.	A.O.V.			PESO:		HOJA 2 DE 2

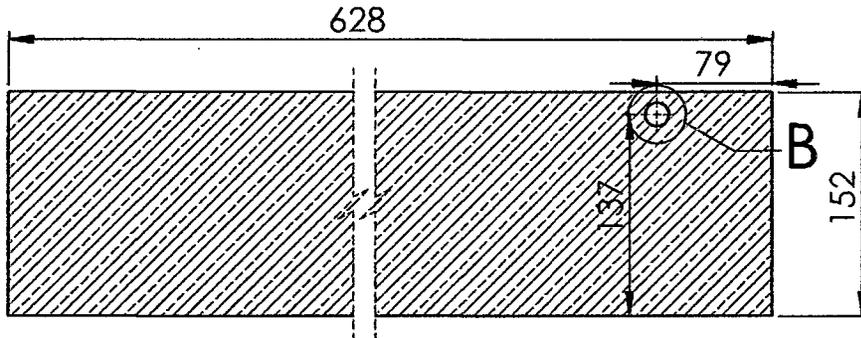
VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA 1:45



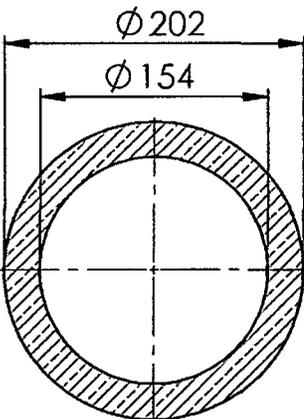
VISTA FRONTAL
ESCALA 1:5



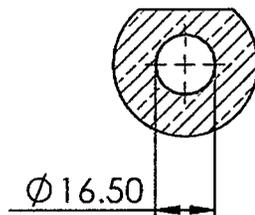
DESARROLLO DE PLANCHA ITEM 3.2
ESCALA 1:45



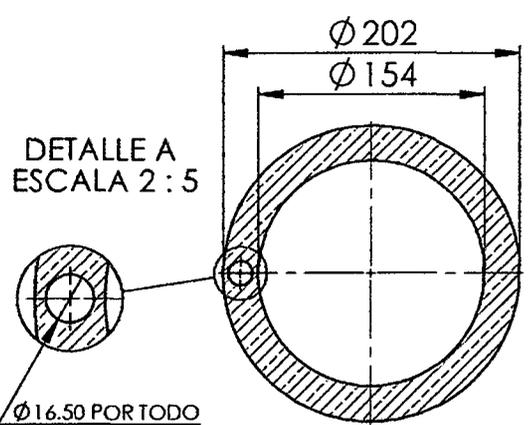
DETALLE ITEM 3.1
ESCALA 1:45



DETALLE B
ESCALA 1:2



DETALLE ITEM 3.3
ESCALA 1:45



NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN
0

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM

ACABADO SUPERFICIAL:
LIMPIEZA MECÁNICA Y MANUAL

ACABADO:
BASE EPÓXICA Y RESINA ESMALTE

PROCESO DE SOLDADURA:
SOLDADURA ELÉCTRICA SMAW

TÍTULO:

CHAQUETA PARA CALEFACCIÓN
CÁMARA DE EXTRACCIÓN DE ACEITE

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.	A.O.V.		
VERIF.	S.C.G.		
APROB.	A.O.V.		

MATERIAL:
FIERRO GALVANIZADO

N.º DE DIBUJO

01-03-UEAEP-2015-REV 0

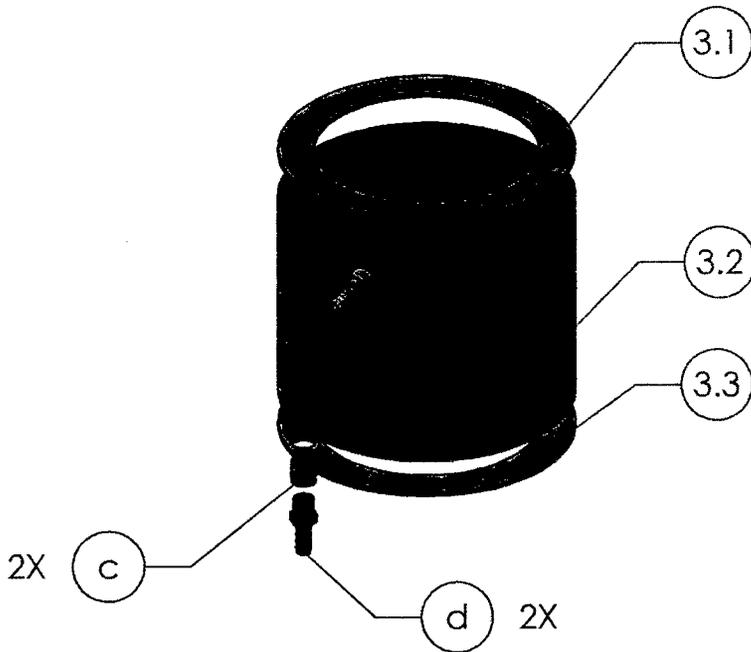
A4

PESO:

ESCALA:

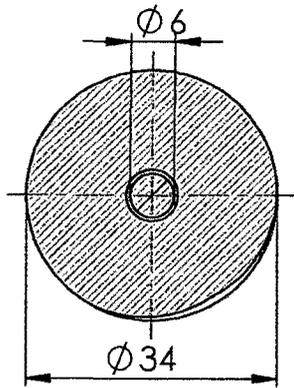
HOJA 1 DE 2

TABLA DE MATERIALES				
ITEM	CANT.	UND.	MAT.	DESCRIPCIÓN
3.1	01	PZA	GALV.	PL. 3mm X Øext.202mm X Øint. 154mm.
3.2	01	PZA	GALV.	PL. 2mm X 152mm X 628mm.
3.3	01	PZA	GALV.	PL. 3mm X Øext.202mm X Øint. 154mm.
TABLA DE ACCESORIOS				
ITEM	CANT.	UND.	MAT.	DESCRIPCIÓN
c	02	PZA	GALV.	UNIÓN SIMPLE Ø1/4" X 1".
d	02	PZA	BRONCE	NIPLE ESCAMADO PARA MANGUERA Ø1/4".

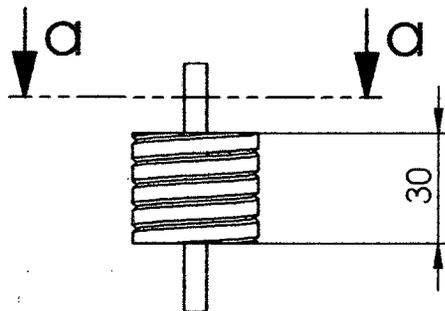


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM			ACABADO: BASE EPÓXICA Y RESINA ESMALTE		TÍTULO: LISTA DE MATERIALES Y ACCESORIOS CHAQUETA PARA CALEFACCIÓN- CÁMARA DE EXTRACCIÓN DE ACEITE		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN 0		
ACABADO SUPERFICIAL: LIMPIEZA MECÁNICA Y MANUAL			PROCESO DE SOLDADURA: SOLDADURA ELÉCTRICA SMAW		MATERIAL: FIERRO GALVANIZADO		N.º DE DIBUJO 01-03-UEAEP-2015-REV 0		A4		
DIBUJ.	NOMBRE A.O.V.	FIRMA	FECHA	PESO:		ESCALA:		HOJA 2 DE 2			
VERIF.	S.C.G.										
APROB.	A.O.V.										

DETALLE NIPLE AUTOROSCANTE
ESCALA 1:5

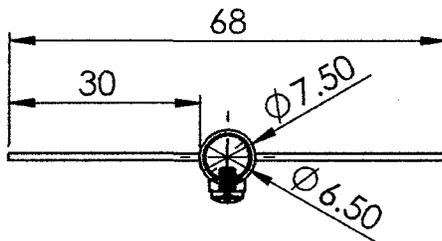


SECCIÓN a-a
ESCALA 1:1

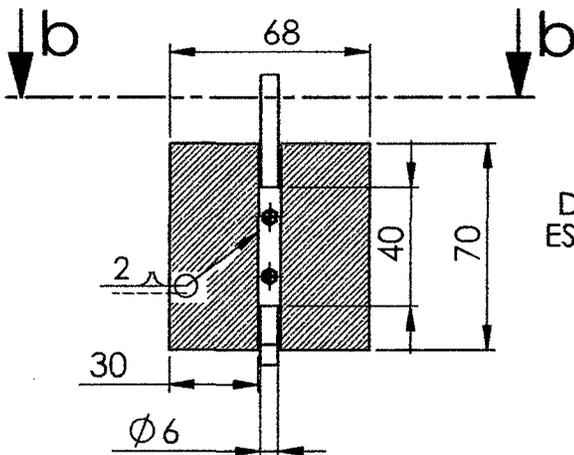


DETALLE B
ESCALA 1:1

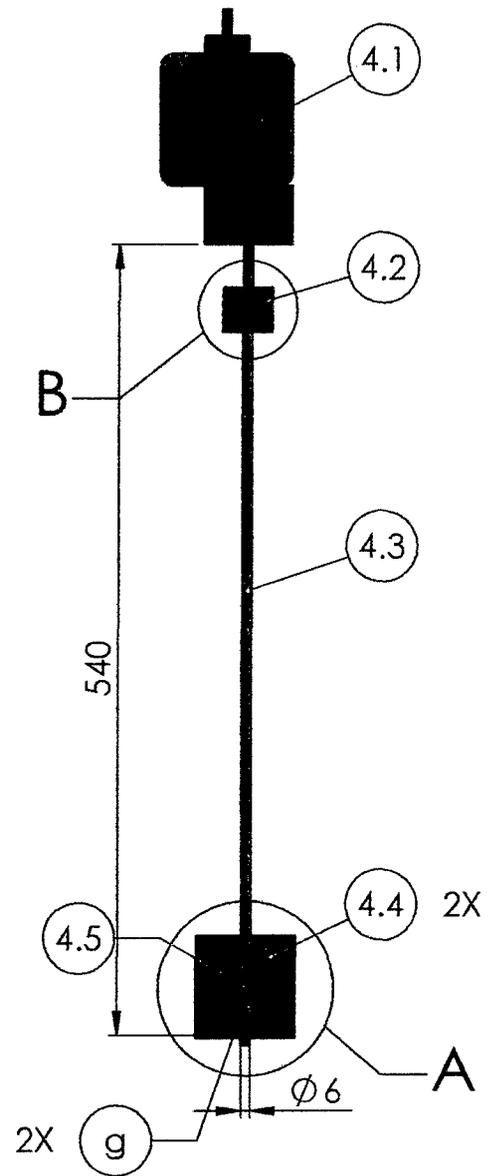
DETALLE DE PALETA
ESCALA 1:5



SECCIÓN b-b
ESCALA 1:1



DETALLE A
ESCALA 2:5



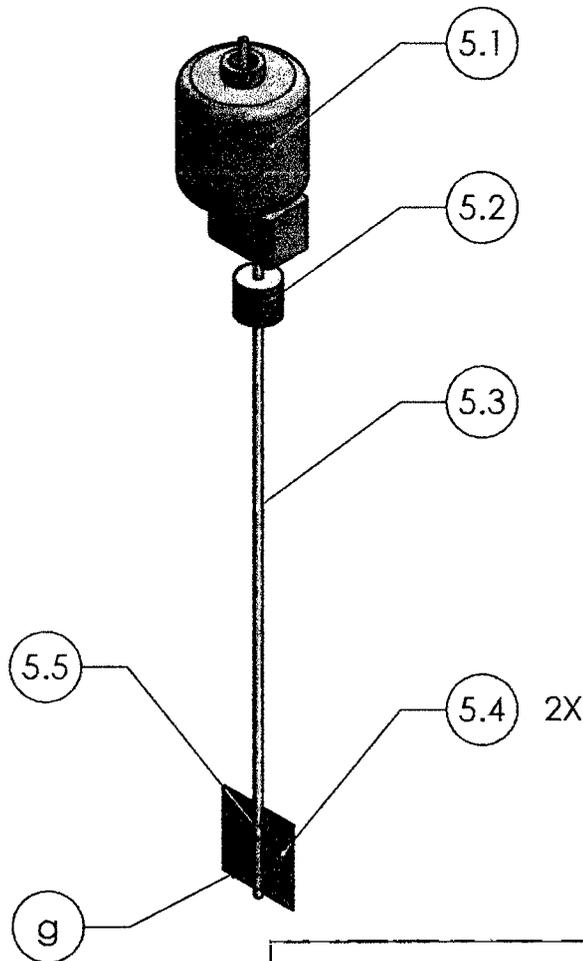
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM				ACABADO: PROCESO DE SOLDADURA: SOLDADURA ELÉCTRICA SMAW, SOLDADURA AUTÓGENA		TÍTULO: SISTEMA DE AGITACIÓN	
ACABADO SUPERFICIAL: LIMPIEZA MECÁNICA Y MANUAL				MATERIAL: FIERRO GALVANIZADO, ACERO INOXIDABLE Y BRONCE		N.º DE DIBUJO 01-04-UEAEP-2015-REV 0	
DIBUJ. A.O.V.		FIRMA		PESO:		ESCALA: HOJA 1 DE 2	
VERIF. S.C.G.		FECHA		MATERIAL:		A4	
APROB. A.O.V.		MATERIAL:		MATERIAL:		MATERIAL:	

TABLA DE MATERIALES

ITEM	CANT.	UND.	MAT.	DESCRIPCIÓN
4.1	1	PZA	FIERRO	MOTORREDUCTOR
4.2	1	PZA	BRONCE	NIPLE AUTORROCANTE Ø34mm x 30mm
4.3	1	PZA	INOX 304	EJE DE AGITACIÓN Ø 6mm x 540mm
4.4	2	PZA	INOX 304	PALETA DE AGITACIÓN PL. 2mm x 70 x 30mm
4.5	1	PZA	INOX	BOCINA PARA PALETA DE AGITACIÓN Øint. 6.5mm X 40mm

TABLA DE MATERIALES

ITEM	CANT.	UND.	MAT.	DESCRIPCIÓN
g	2	PZA	INOX	TORNILLO Ø3mm X 2mm CON TUERCA.



NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN
0

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM

ACABADO SUPERFICIAL:
LIMPIEZA MECÁNICA Y MANUAL

ACABADO:

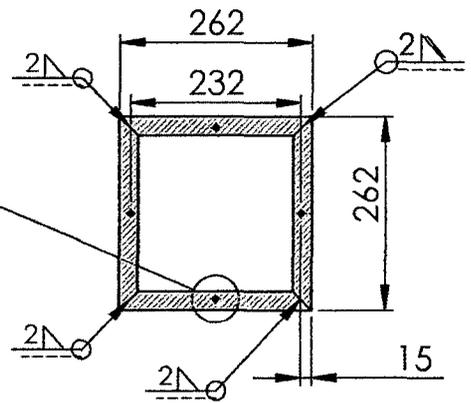
PROCESO DE SOLDADURA:
SOLDADURA ELÉCTRICA SMAW.
SOLDADURA AUTOGENA

TÍTULO:

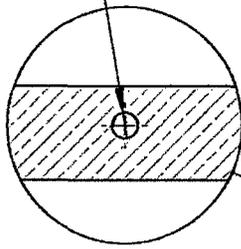
**LISTA DE MATERIALES Y ACCESORIOS
SISTEMA DE AGITACIÓN**

	NOMBRE	FIRMA	FECHA	MATERIAL:	N.º DE DIBUJO	
DIBUJ.	A.O.V.			FIERRO GALVANIZADO, ACERO INOXIDABLE Y BRONCE	01-04-UEAEP-2015-REV 0	A4
VERIF.	S.C.G.					
APROB.	A.O.V.			PESO:	ESCALA:	HOJA 2 DE 2

**VISTA DE PLANTA
ESCALA: 1:10**

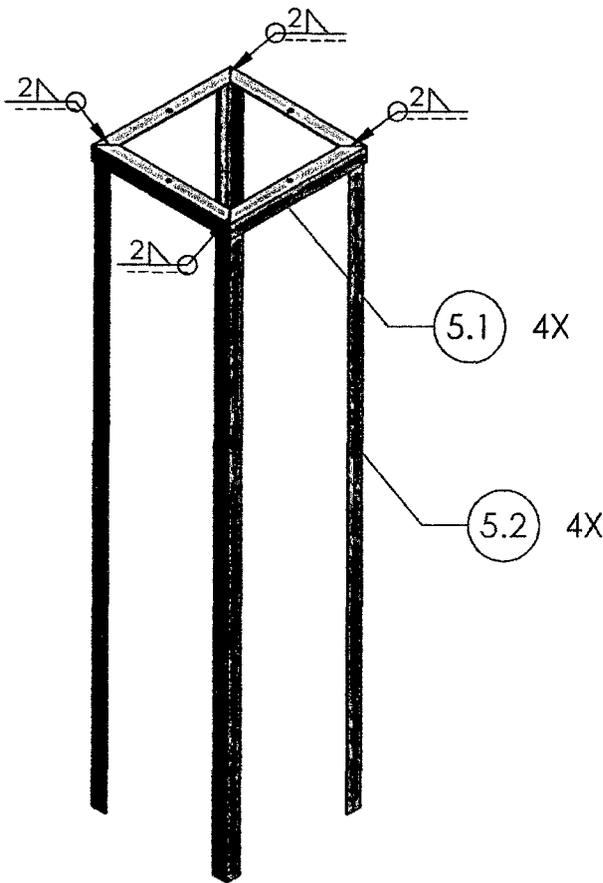


Ø7 POR TODO

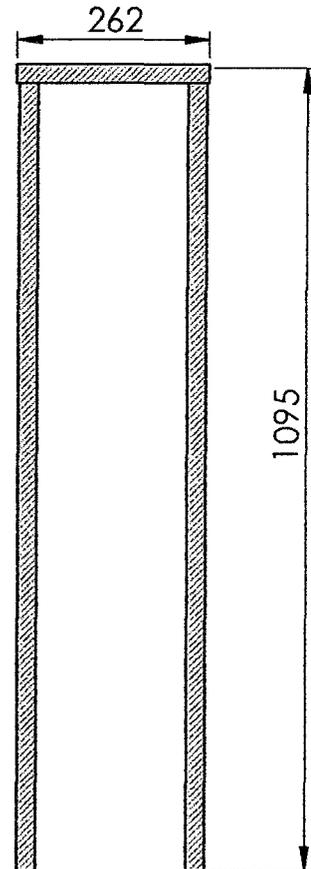


DETALLE A
ESCALA 1:2

**VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA: 1:10**



**VISTA DE ELEVACIÓN
ESCALA: 1:10**



NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN 0
TÍTULO: ESTRUCTURA SOPORTE - CÁMARA DE EXTRACCIÓN DE ACEITE		
MATERIAL: HIERRO ANGULAR		N.º DE DIBUJO 01-05-UEAEP-2015-REV 0
PESO:		ESCALA: HOJA 1 DE 2

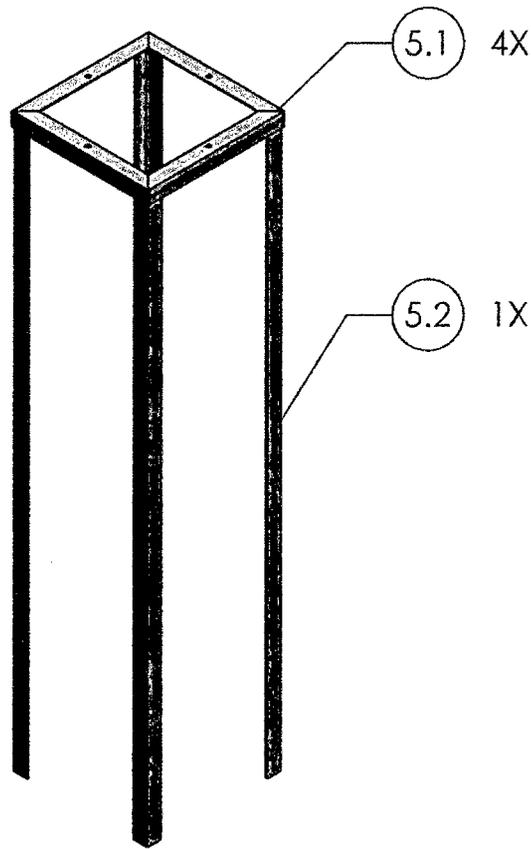
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM

ACABADO SUPERFICIAL:
LIMPIEZA MECÁNICA Y MANUAL

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.	A.O.V.		
VERIF.	S.C.G.		
APROB.	A.O.V.		

TABLA DE MATERIALES

ITEM	CANT.	UND.	MAT.	DESCRIPCIÓN
5.1	04	PZA	ASTM A-36	HIERRO ANGULAR 1" X 1" X 262mm.
5.2	04	PZA	ASTM-36	HIERRO ANGULAR 1" X 1" X 1095mm.

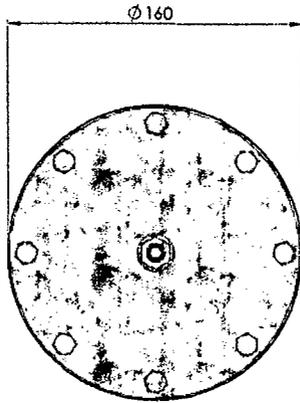


				NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN 0	
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: LIMPIEZA MECÁNICA Y MANUAL			ACABADO: BASE EPÓXICA Y RESINA ESMALTE PROCESO DE SOLDADURA: SOLDADURA ELÉCTRICA SMAW	TÍTULO: LISTA DE MATERIALES ESTRUCTURA SOPORTE - CÁMARA DE EXTRACCIÓN DE ACEITE		
	NOBRE	FRMA	FECHA	MATERIAL: HIERRO ANGULAR	N.º DE DIBUJO 01-05-UEAEP-2015-REV 0	A4
DIBUJ.	A.O.V.					
VERIF.	S.C.G.					
APROB.	A.O.V.			PESO:	ESCALA:	HOJA 2 DE 2

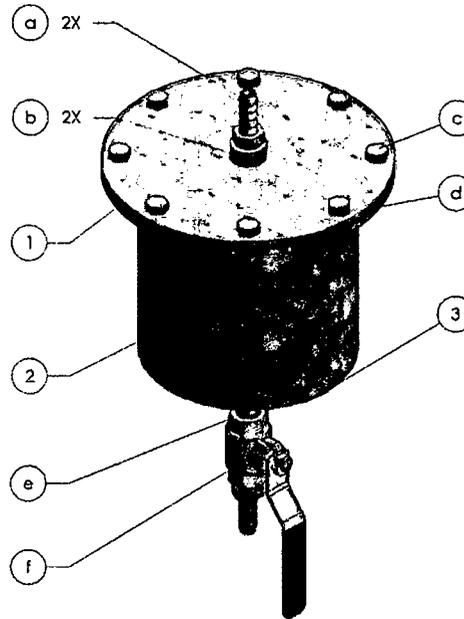
ANEXO 8

PLANOS DEL TANQUE RECEPTOR DE MISCELA

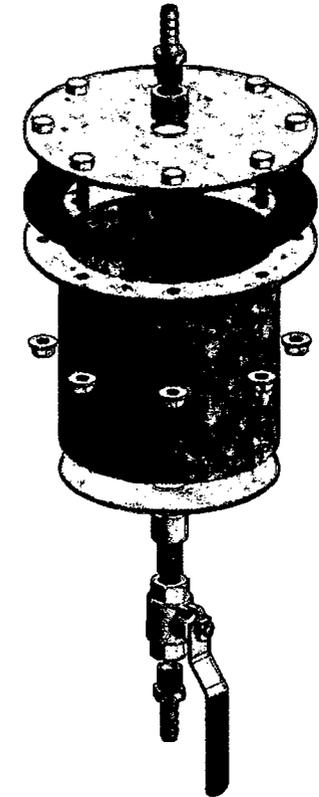
VISTA DE PLANTA
ESCALA 1:2



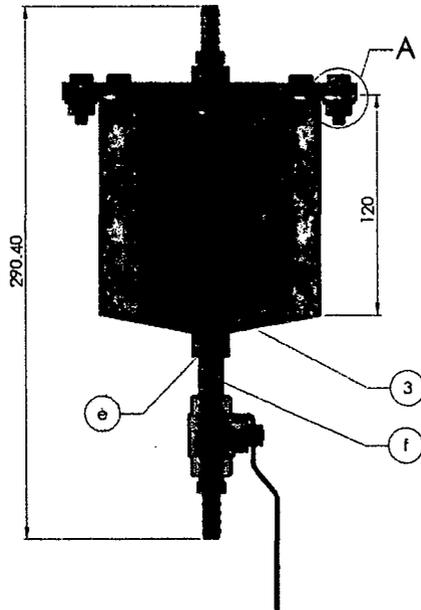
VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA 1:2



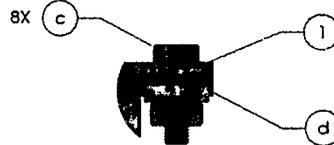
VISTA EXPLOSIONADA DE ACCESORIOS
ESCALA 1:2



VISTA FRONTAL
ESCALA 1:2



DETALLE A
ESCALA 1:1



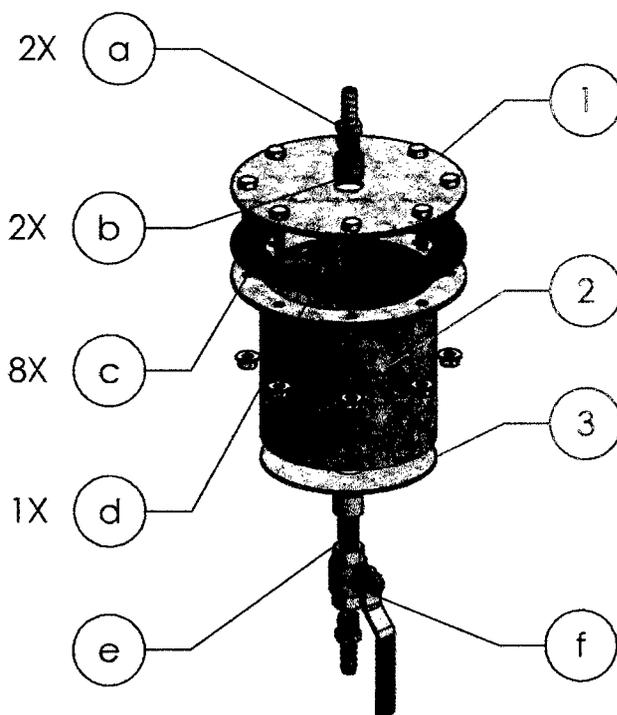
SI NO SE INDICÓ CONTRA: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM. ACABADO ESPECIAL: IMPRESA MECÁNICA Y MANUAL.				ACABADO: BAJE PROTECTOR Y PINTA EPOXIQUINA	PROCESO DE ACABADO: SOLDADURA ELÉCTRICA EN MM.	NO CAMBIA ESCALA	REVISIÓN 1
TÍTULO: TANQUE RECEPTOR DE MISCELA-ENSAMBLE GENERAL						Nº DE DISEÑO	A2
MATERIAL: FERRO GALVANIZADO						02-00-UEAEP-2015-REV 0	
INGENIERO	PROYECTO	FECHA	MATERIAL		PROCESO DE ACABADO	NO CAMBIA ESCALA	REVISIÓN 1
INGENIERO	PROYECTO	FECHA	MATERIAL		PROCESO DE ACABADO	NO CAMBIA ESCALA	REVISIÓN 1
INGENIERO	PROYECTO	FECHA	MATERIAL		PROCESO DE ACABADO	NO CAMBIA ESCALA	REVISIÓN 1

TABLA GENERAL

ITEM	CANT.	UND.	MAT.	DESCRIPCIÓN
1	1	PZA	GALV.	TAPA BRIDA CIEGA Ø160MM X 3MM
2	1	PZA	GALV.	CUERPO DEL TANQUE Ø120MM X 120MM
3	1	PZA	GALV.	FONDO CÓNICO Ø120MM X Ø16.5MM X 30MM

TABLA DE ACCESORIOS

ITEM	CANT.	UND.	MAT.	DESCRIPCIÓN
a	2	PZA	BRONCE	NIPLE ESCAMADO Ø 1/2" PARA MANGUERA 1/4"
b	2	PZA	GALV	UNIÓN Ø1/4" X 1", NPT.
c	8	PZA	GALV.	PER. HEX. Ø1/4" X 1", CON TUERCA Y A/P.
d	1	PZA	NEOPRENE	EMPAQUETADURA ØEXT 160MM X Ø110MM
e	1	PZA	GALV.	NIPLE Ø1/4" X 2", ROCADA AMBOS LADOS
f	1	PZA	---	VÁLVULA DE BOLA X Ø1/4", DE CIERRE RÁPIDO



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM

ACABADO SUPERFICIAL:
LIMPIEZA MECÁNICA Y MANUAL

ACABADO:
BASE EPÓXICA Y RESINA ESMALTE

PROCESO DE SOLDADURA:
SOLDADURA ELÉCTRICA SMAW

MATERIAL:
FIERRO GALVANIZADO

PESO:

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN
0

TÍTULO:

**LISTA DE MATERIALES Y ACCESORIOS
CUERPO DEL TANQUE RECEPTOR DE MISCELA**

N.º DE DIBUJO

02-00-UEAEP-2015-REV 0

ESCALA:

HOJA 2 DE 2

NOMBRE FIRMA FECHA

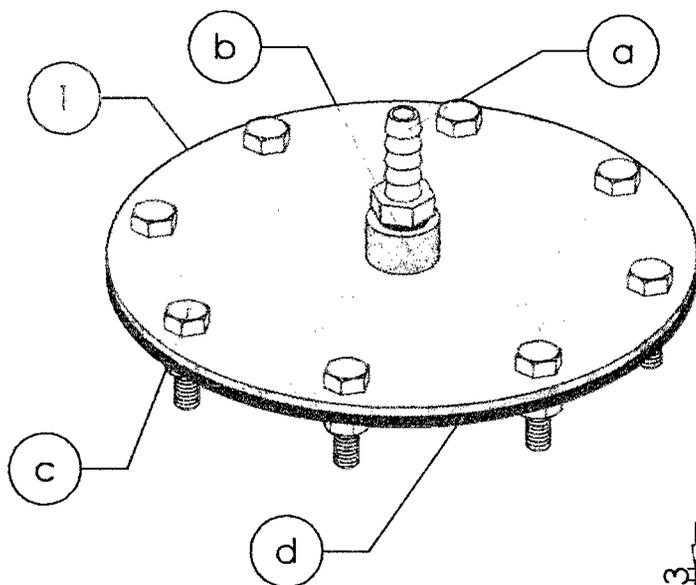
DIBUJ. A.O.V.

VERIF. S.C.G.

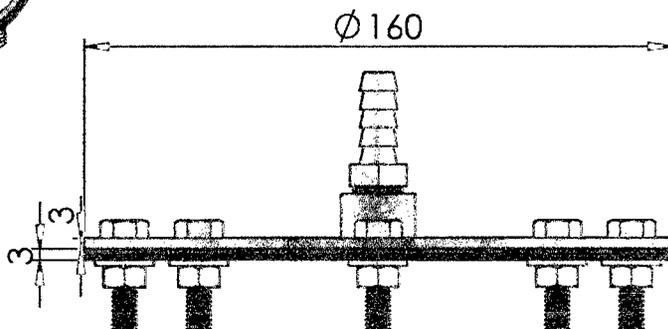
APROB. A.O.V.

A4

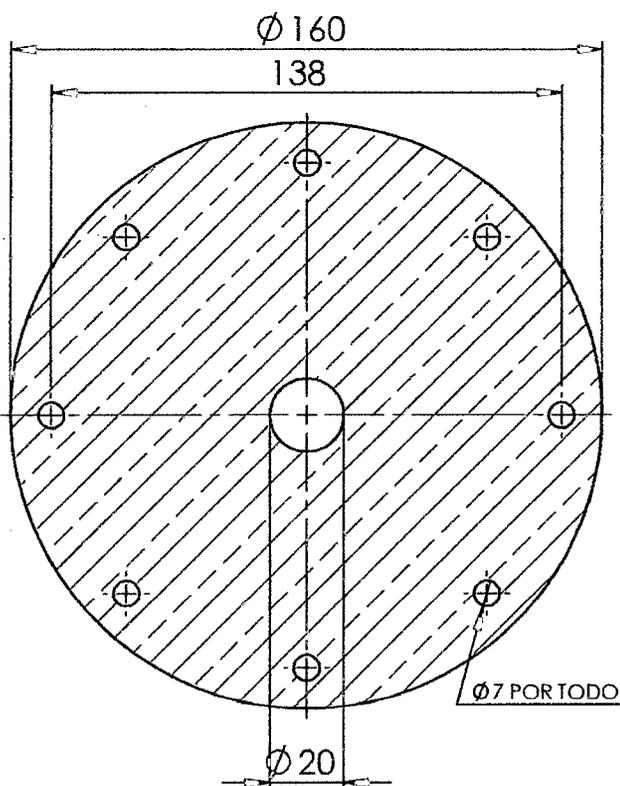
VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA 1:2



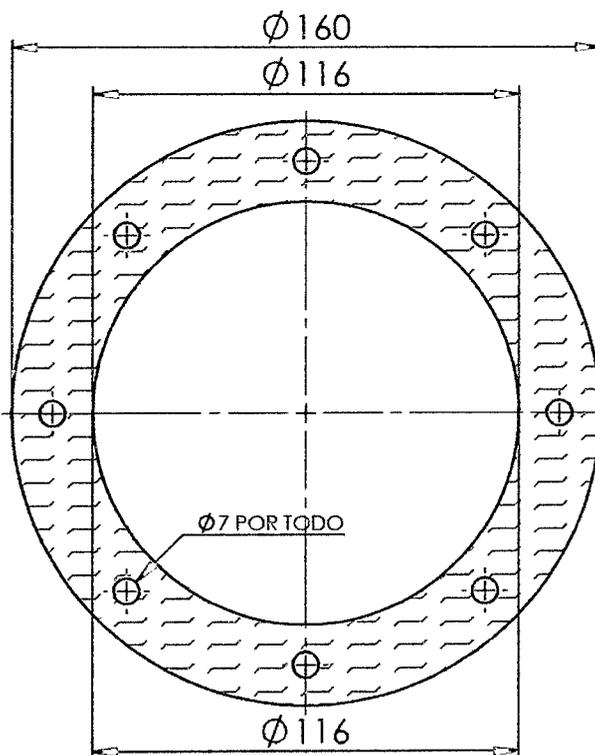
VISTA FRONTAL
ESCALA 1:2



DETALLE ITEM "1"
ESCALA 1:2



DETALLE ITEM "d"
ESCALA 1:2



NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN
0

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM

ACABADO SUPERFICIAL:
LIMPIEZA MECÁNICA Y MANUAL

ACABADO:
BASE EPÓXICA Y RESINA ESMALTE

PROCESO DE SOLDADURA:
SOLDADURA ELÉCTRICA SMAW

TÍTULO:

TAPA BRIDA CIEGA-TANQUE
RECEPTOR DE MISCELA

NOMBRE FIRMA

FECHA

MATERIAL:

N.º DE DIBUJO

02-01-UEAEP-2015-REV 0

A4

DIBUJ. A.O.V.

FIERRO GALVANIZADO

VERIF. S.C.G.

APROB. A.O.V.

PESO:

ESCALA:

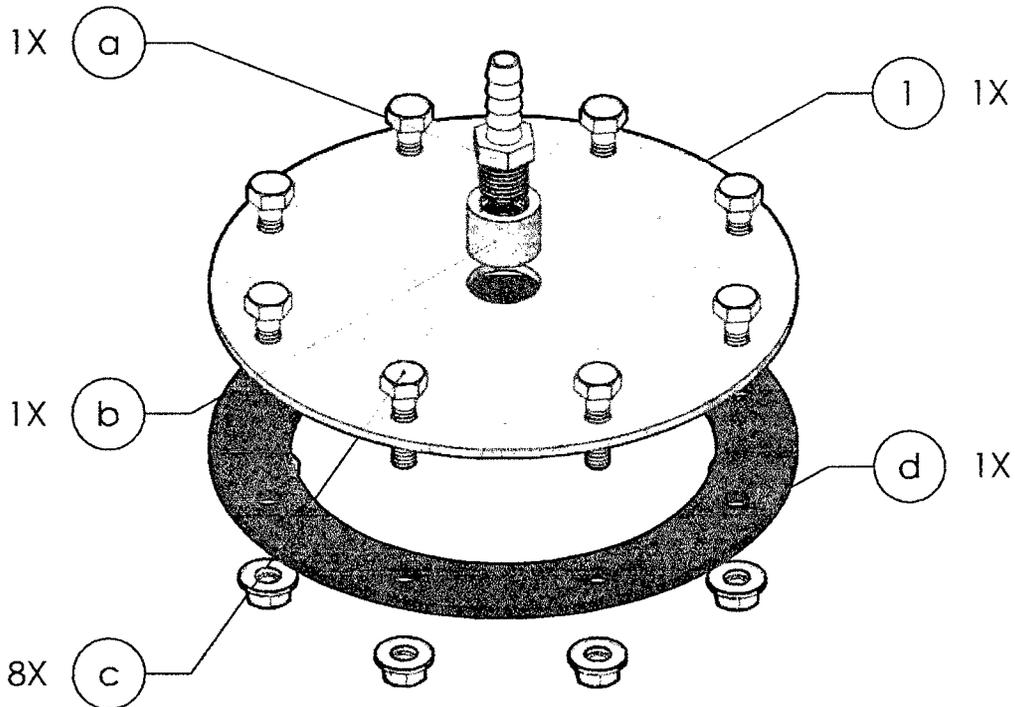
HOJA 1 DE 2

TABLA GENERAL

ITEM	CANT.	UND.	MAT.	DESCRIPCIÓN
1	1	PZA	GALV.	TAPA BRIDA CIEGA Ø160MM X 3MM

TABLA DE ACCESORIOS

ITEM	CANT.	UND.	MAT.	DESCRIPCIÓN
a	01	PZA	BRONCE	NIPLE ESCAMADO Ø 1/2" PARA MANGUERA 1/4".
b	01	PZA	GALV	UNIÓN Ø1/4" X 1", NPT.
c	8	PZA	GALV.	PER. HEX. Ø1/4" X 1", CON TUERCA Y A/P.
d	1	PZA	NEOPRENE	EMPAQUETADURA ØEXT 160MM X Ø110MM



NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN
0

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM

ACABADO SUPERFICIAL:
LIMPIEZA MECÁNICA Y MANUAL

ACABADO:
BASE EPÓXICA Y RESINA ESMALTE

PROCESO DE SOLDADURA:
SOLDADURA ELÉCTRICA SMAW

TÍTULO:

**LISTA DE MATERIALES Y ACCESORIOS
TAPA BRIDA CIEGA-TANQUE
RECEPTOR DE MISCELA**

	NOMBRE	FRMA	FECHA
DIBUJ.	A.O.V.		
VERIF.	S.C.G.		
APROB.	A.O.V.		

MATERIAL:
FIERRO GALVANIZADO

N.º DE DIBUJO

02-01-UEAEP-2015-REV 0

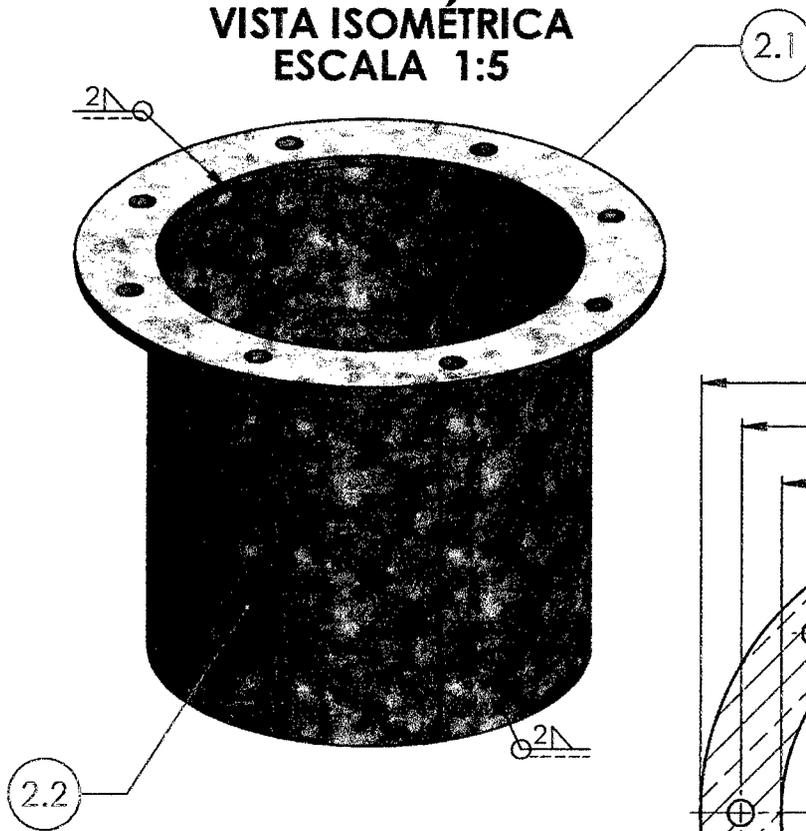
A4

PESO:

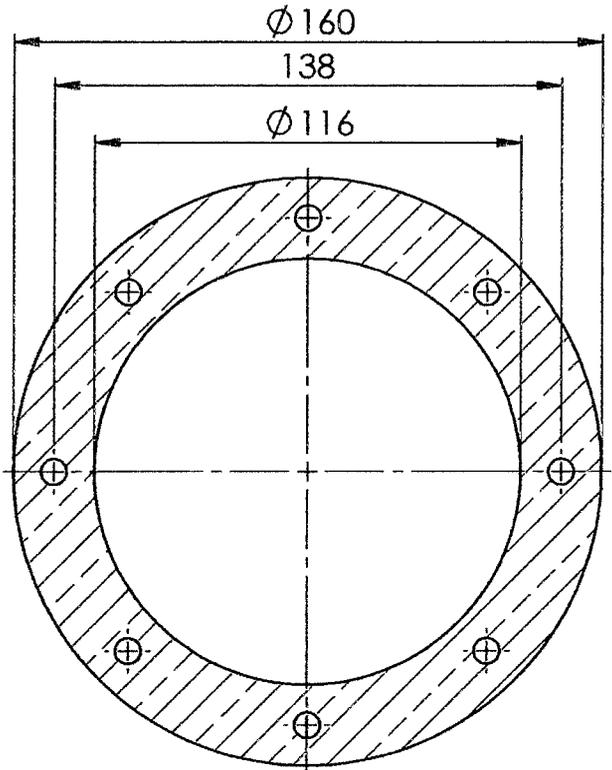
ESCALA:

HOJA 2 DE 2

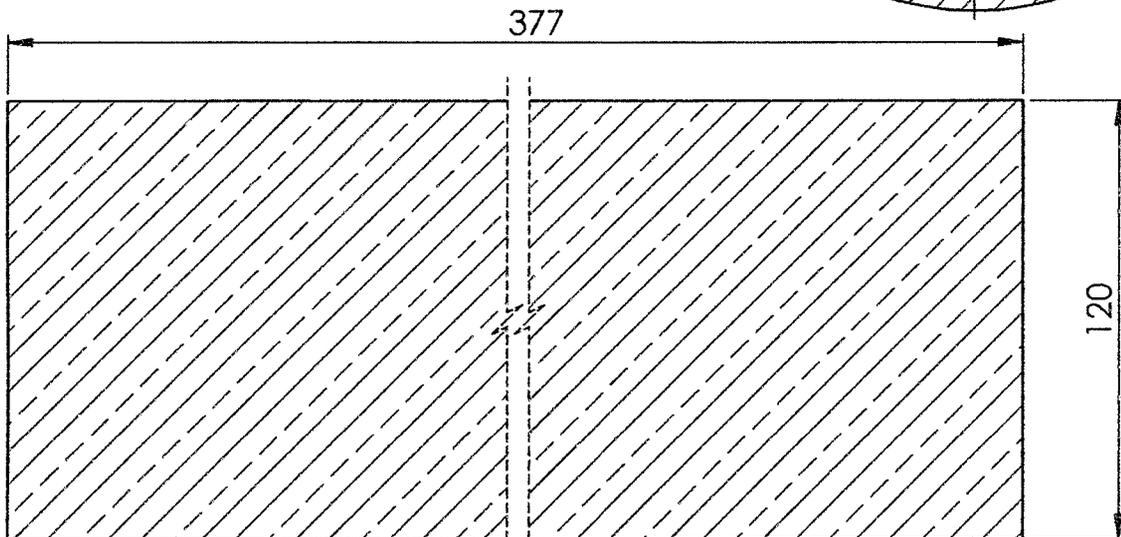
**VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA 1:5**



**DETALLE DEL ITEM 2.1
ESCALA 1:5**



**DESARROLLO DEL ITEM 2.2
ESCALA 1:5**



NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN
0

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM

ACABADO SUPERFICIAL:
LIMPIEZA MECÁNICA Y MANUAL

ACABADO:
BASE EPÓXICA Y RESINA ESMALTE

PROCESO DE SOLDADURA:
SOLDADURA ELÉCTRICA SMAW

TÍTULO:

**CUERPO DEL TANQUE
RECEPTOR DE MISCELA**

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.	A.O.V.		
VERIF.	S.C.G.		
APROB.	A.O.V.		

MATERIAL:
FIERRO GALVANIZADO

N.º DE DIBUJO

02-02-UEAEP-2015-REV 0

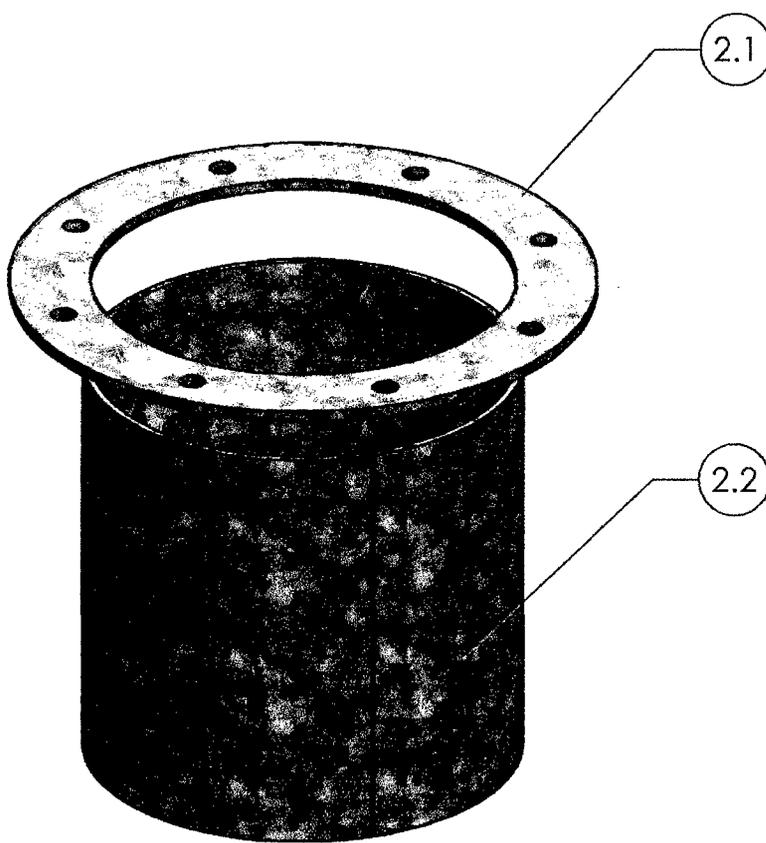
A4

ESCALA:

HOJA 1 DE 2

TABLA GENERAL

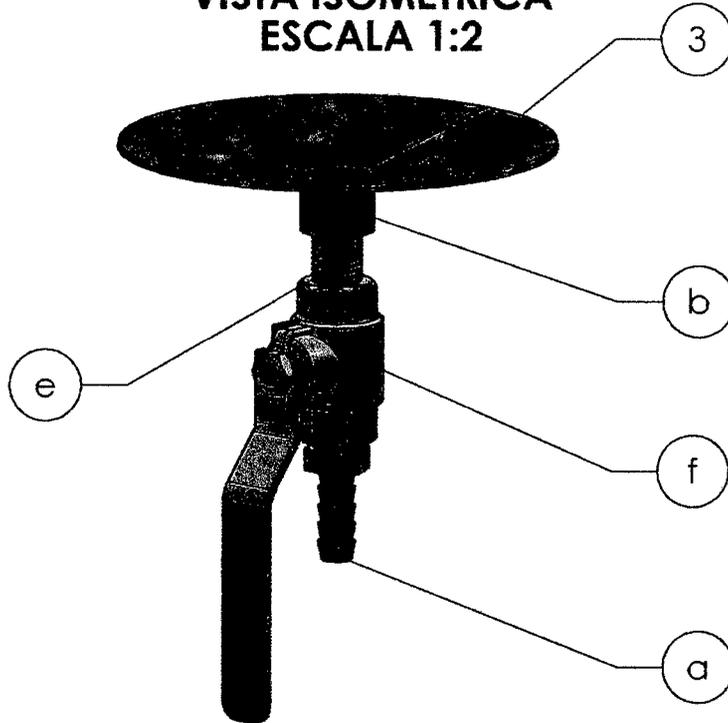
ITEM	CANT.	UND	MAT.	DESCRIPCIÓN
2.1	01	PZA	GALV.	BRIDA SLIP ON 3mm X Øext. 160mm X Øint. 116mm.
2.2	01	PZA	GALV.	PL. 2mm X 117mm X 371mm



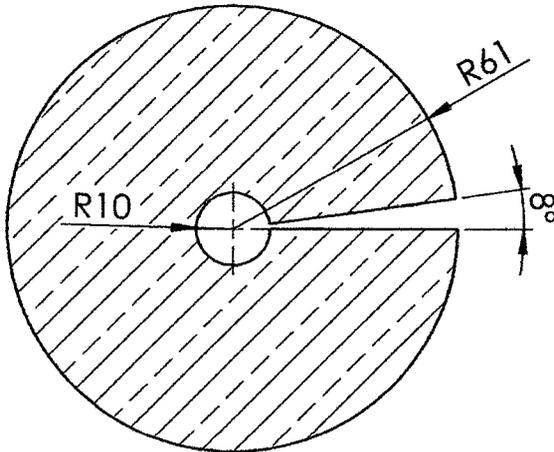
				NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN 0
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: LIMPIEZA MECÁNICA Y MANUAL				ACABADO: BASE EPÓXICA Y RESINA ESMALTE PROCESO DE SOLDADURA: SOLDADURA ELÉCTRICA SMAW	
				TÍTULO: LISTA DE MATERIALES CUERPO DEL TANQUE RECEPTOR DE MISCELA	
	NOMBRE	FRMA	FECHA	MATERIAL: FIERRO GALVANIZADO	N.º DE DIBUJO 02-02-UEAEP-2015-REV 0
DIBUJ.	A.O.V.				
VERIF.	S.C.G.				
APROB.	A.O.V.			PESO:	ESCALA:
					HOJA 2 DE 2

A4

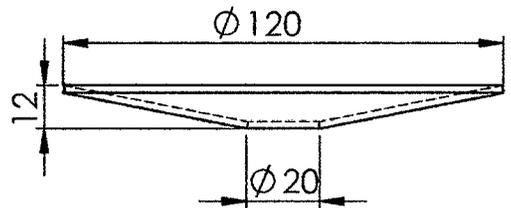
VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA 1:2



DESARROLLO DE CHAPA CÓNICA
ITEM "3"
ESCALA 1:2



VISTA DE PERFIL
ESCALA 1:2



NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN
0

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM

ACABADO SUPERFICIAL:
LIMPIEZA MECÁNICA Y MANUAL

ACABADO:
BASE EPÓXICO Y RESINA ESMALTE

PROCESO DE SOLDADURA:
SOLDADURA ELÉCTRICA SMAW

TÍTULO:

FONDO DE TANQUE RECEPTOR DE MISCELA

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.	A.O.V.		
VERIF.	S.C.G.		
APROB.	A.O.V.		

MATERIAL:
FIERRO GALVANIZADO

N.º DE DIBUJO

02-03-UEAEP-2015-REV 0

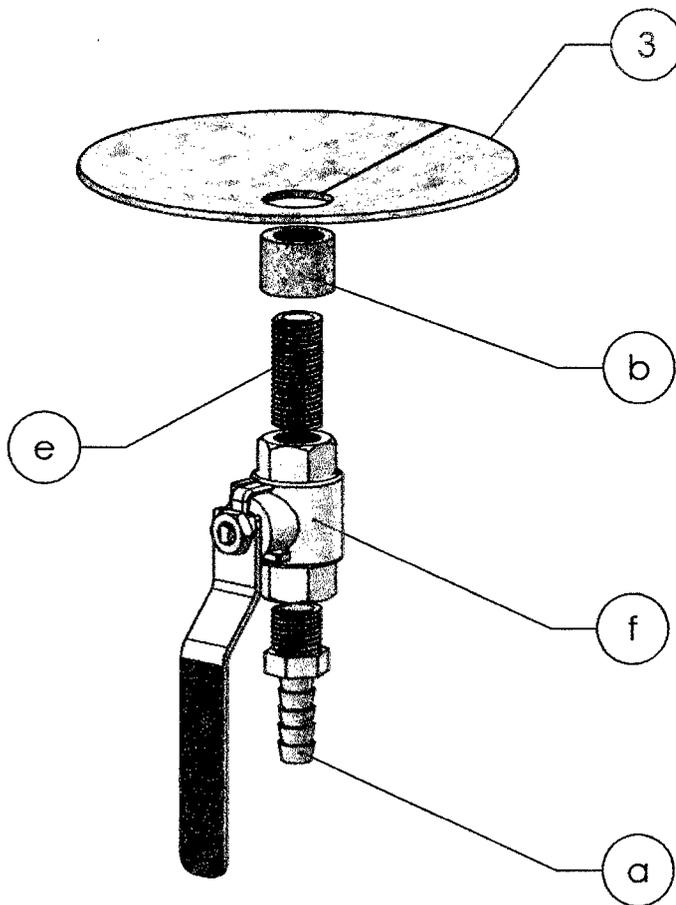
A4

PESO:

ESCALA:

HOJA 1 DE 2

TABLA GENERAL				
ITEM	CANT.	UND	MAT.	DESCRIPCIÓN
3	01	PZA	GALV.	FONDO CÓNICO Øext. 122mm X Øint. 20mm X 30mm
TABLA DE ACCESORIOS				
ITEM	CANT.	UND.	MAT.	DESCRIPCIÓN
a	01	PZA	BRONCE	NIPLE ESCAMADO Ø 1/2" PARA MANGUERA Ø1/4".
b	01	PZA	GALV	UNIÓN Ø1/4" X 1", NPT.
e	1	PZA	GALV.	NIPLE Ø1/4" X 2", ROSCA EXTERIOR.
f	1	PZA	—	VÁLVULA DE BOLA X Ø1/4", DE CIERRE RÁPIDO



NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN
0

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM

ACABADO SUPERFICIAL:
LIMPIEZA MECÁNICA Y MANUAL

ACABADO:
BASE EPÓXICO Y RESINA ESMALTE

PROCESO DE SOLDADURA:
SOLDADURA ELÉCTRICA SMAW

TÍTULO:

**LISTA DE MATERIALES Y ACCESORIOS
FONDO DE TANQUE RECEPTOR DE MISCELA**

N.º DE DIBUJO

02-03-UEAEP-2015-REV 0

A4

NOMBRE FIRMA FECHA
DIBUJ. A.O.V.
VERIF. S.C.G.
APROB. A.O.V.

MATERIAL:
 FIERRO GALVANIZADO

PESO:

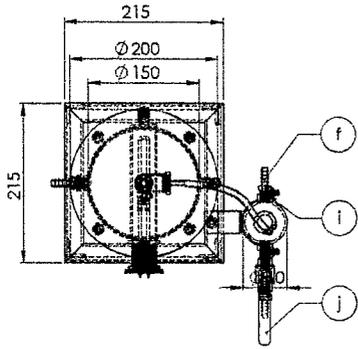
ESCALA:

HOJA 2 DE 2

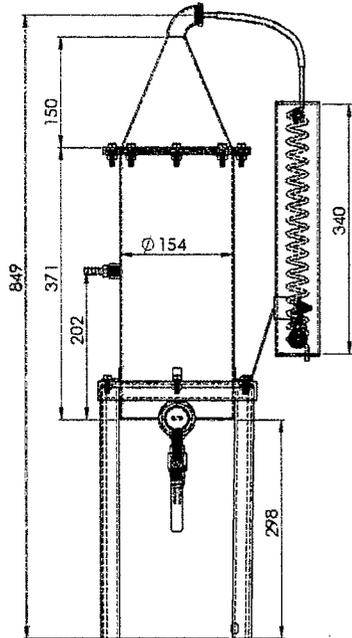
ANEXO 9

PLANOS DEL DESTILADOR DE MISCELA

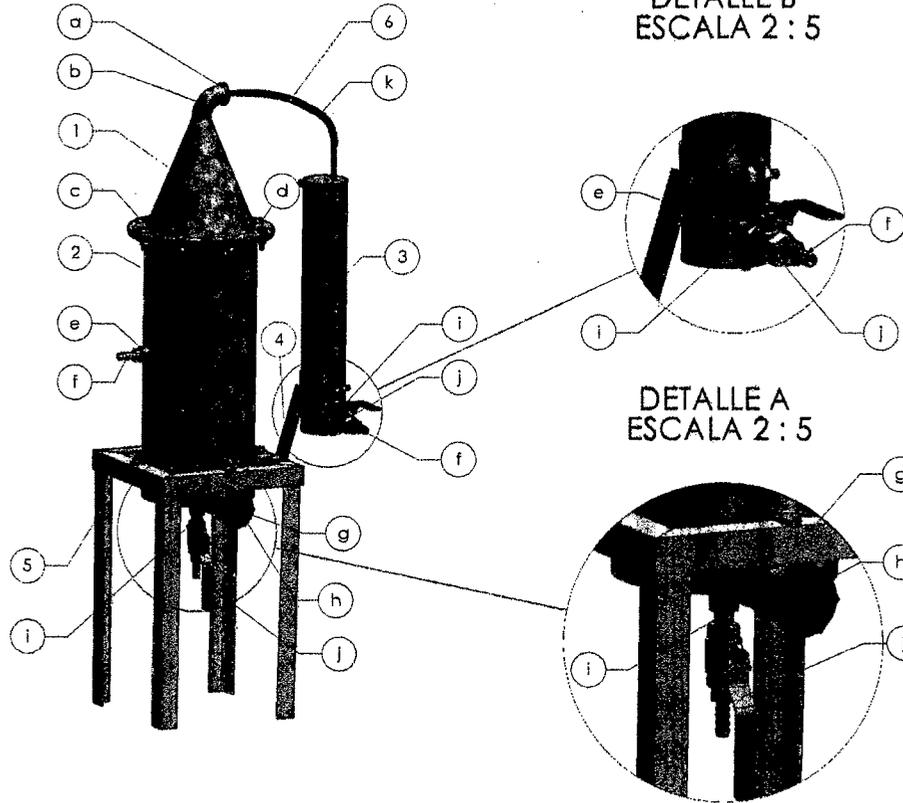
VISTADE PLANTA
ESCALA 1:5



VISTA FRONTAL
ESCALA 1:5



VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA 1:5



VISTA EXPLOSIONADA
ESCALA 1:5

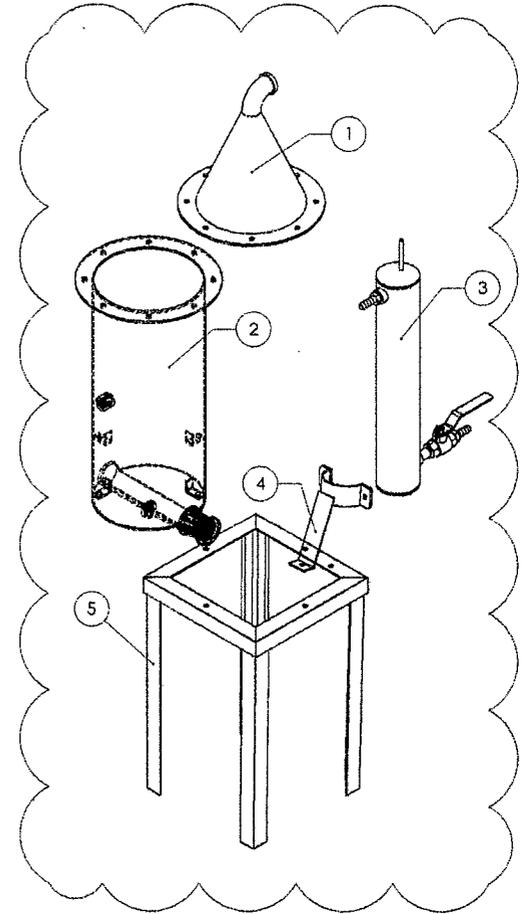


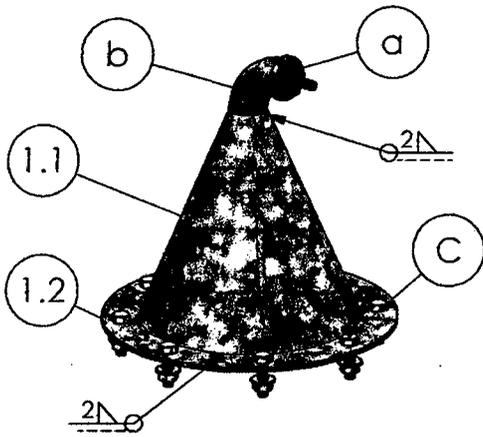
TABLA DE ACCESORIOS					
ITEM	CANT.	UND.	MAT.	DESCRIPCIÓN	
a	1	PZA	BRONCE	NIPLE ESCAMADO DE Ø1-1/2", PARA MANGUERA DE 1/4"	
b	1	PZA	GALV.	CODO Ø1-1/2" X 90	
c	16	PZA	GALV.	PER. HEX. Ø1/4" X 1", CON TUERCA Y A/P.	
d	1	PZA	NEOPREN	EMPAQUETADURA 3mm X Øext. 200mm X Øint. 150mm.	
e	4	PZA	GALV.	UNIÓN Øint 1/4" X 1"	
f	4	PZA	BRONCE	NIPLE ESCAMADO DE Ø1/4", PARA MANGUERA DE 1/4"	
g	1	PZA	GALV	UNIÓN Øint 1-1/2" X 2"	
h	1	PZA	COBRE	RESISTENCIA ELÉCTRICA 220V.	
i	2	PZA	GALV.	NIPLE Ø1/4" X 35mm, ROSCA EXTERIOR.	
j	2	PZA	—	VALVULA DE BOLA Ø1/4", DE CIERRE RÁPIDO	
k	200	mm	JEBE	MANGUERA Øint 6mm	

TABLA GENERAL					
ITEM	CANT.	UND.	MAT.	DESCRIPCIÓN	
1	1	PZA	A-36	TAPA CÓNICA Ø150mm X 15mm	
2	1	PZA	GALV.	CUERPO CILÍNDRICO DEL DESOLVENTIZADOR DE MISCELA	
3	1	PZA	GALV.	CONDENSADOR DEL DESOLVENTIZADOR DE MISCELA	
4	1	PZA	GALV.	SOPORTE DEL CONDENSADOR DE MISCELA.	
5	1	PZA	A-53	ESTRUCTURA SOPORTE PARA EQUIPO DESTILADOR DE MISCELA	

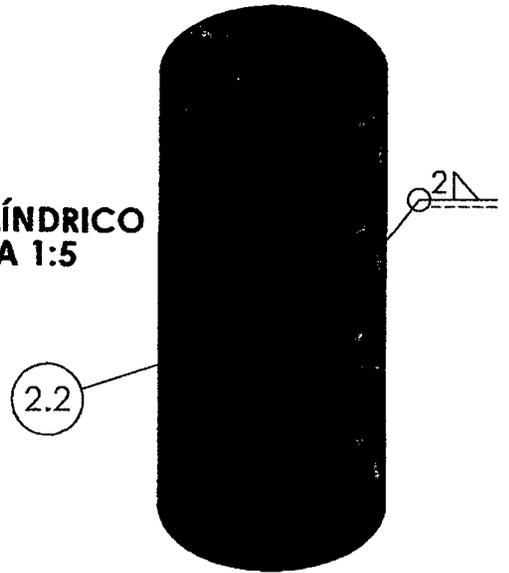
SI NO SE INDICÓ CONTRA: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM. ACABADO EXTERIOR: SUPERF. UNIFORME Y GENERAL.	ACABADO INTERIOR: FERRUGINOSO Y UNIFORME + FINO EN LOS + FINO EN LOS	PROCED. DE SOLDADURA: SOLDADURA ELÉCTRICA SHAW
NO. VISE: _____	FECHA: _____	MATERIAL: FIERRO GALVANIZADO
DIENI: _____	ACV: _____	
VER: _____	S.C.A.: _____	
APROX. _____	S.C.A.: _____	PROYECTO NO.

NO. CALIBRE DE CALA	REVISIÓN: 0
TÍTULO: DESTILADOR DE MISCELA-ENSAMBLE GENERAL	
NO. DE DIBUJO: 03-00-UEAEP-2015-REV 0	A2
PROYECTANTE	NO. DE DISEÑO

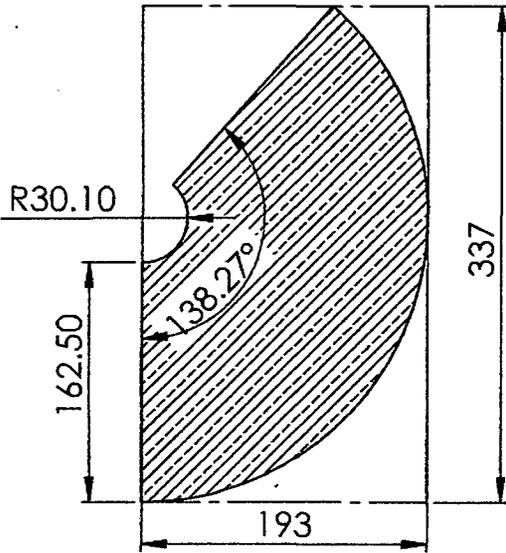
**CASCO CILÍNDRICO
ESCALA 1:5**



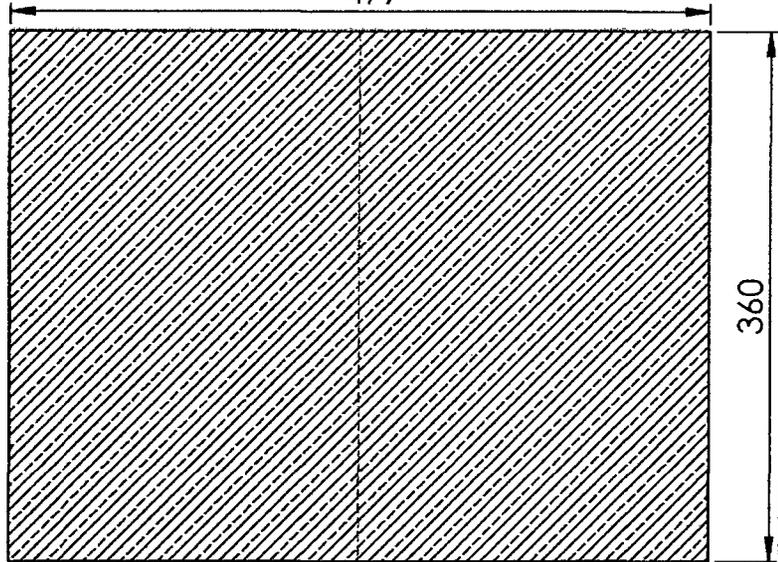
**CASCO CILÍNDRICO
ESCALA 1:5**



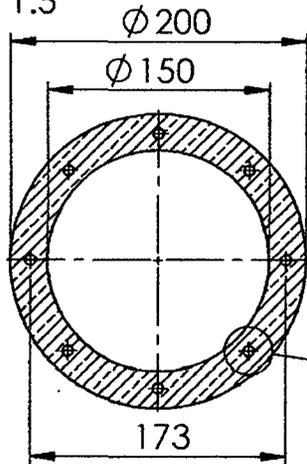
**DESARROLLO DE TAPA CÓNICA
ESCALA 1:5**



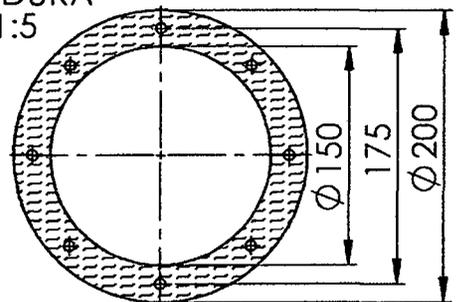
**DESARROLLO DE CASCO CILÍNDRICO
ESCALA 1:5
477**



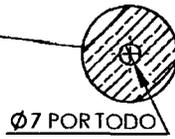
**BRIDA SLIP ON
ESCALA 1:5**



**EMPAQUETADURA
ESCALA 1:5**



**DETALLE B
ESCALA 2:5**



NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN: 0

TÍTULO:

**TAPA CÓNICA Y CASCO CILÍNDRICO -
DESTILADOR DE MISCELA**

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM

ACABADO SUPERFICIAL:
LIMPIEZA MECÁNICA Y MANUAL

ACABADO:
BASE EPOXICA Y RESINA ESMALTE.

PROCESO DE SOLDADURA:
SOLDADURA ELÉCTRICA SMAW.

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.	A.O.V.		
VERIF.	S.C.G.		
APROB.	A.O.V.		

MATERIAL:
FIERRO GALVANIZADO

PESO:

N.º DE DIBUJO

03-01-UEAEP-2015-REV 0

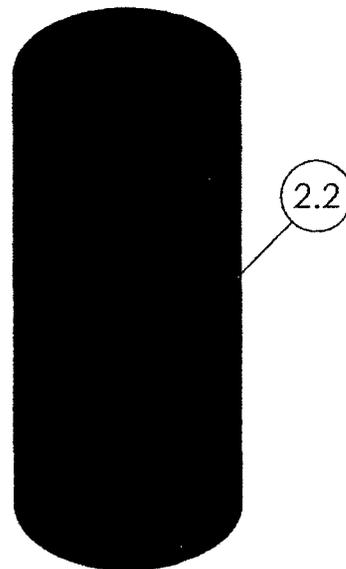
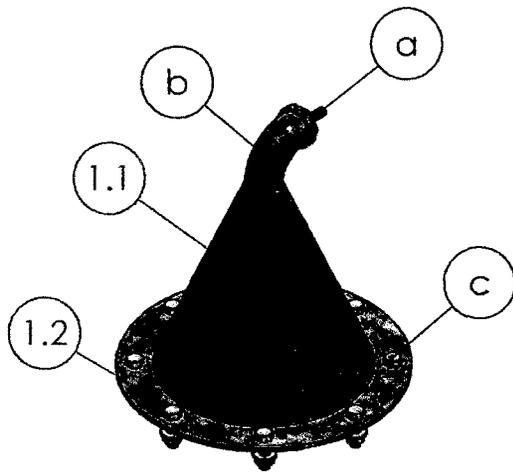
A4

ESCALA: 2:5

HOJA 1 DE 2

TABLA GENERAL				
ITEM	CANT.	UND.	MAT.	DESCRIPCIÓN
1.1	1	PZA	GALV.	CONO Øinf. 150mm X Øsup. 25mm X 150mm PL. 2mm X 193mm X 337mm.
1.2	1	PZA	GALV.	BRIDA SLIP ON Øext. 200mm X Øint.150mm. X 8AGUJEROS
2.2	1	PZA	GALV	CASCO CILÍNDRICO Øint 150mm X 360mm PL. 2mm X 360mm X 477mm

TABLA GENERAL				
ITEM	CANT.	UND.	MAT.	DESCRIPCIÓN
a	1	PZA	BRONC E	NIPLE ESCAMADO DE Ø1-1/2", PARA MANGUERA DE 1/4".
b	1	PZA	GALV.	CODO Ø1-1/2" X 90
c	16	PZA.	GALV.	PER. HEX. Ø1/4" X 1", CON TUERCA Y A/P.



NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN: 0

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM

ACABADO SUPERFICIAL:
LIMPIEZA MECÁNICA Y MANUAL

ACABADO:
BASE EPÓXICA Y RESINA ESMALTE
PROCESO DE SOLDADURA:
SOLDADURA ELECTRICA SMAW.

TÍTULO:

**LISTA DE MATERIALES Y ACCESORIOS
DESTILADOR DE MISCEL**

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.	A.O.V.		
VERIF.	S.C.G.		
APROB.	A.O.V.		

MATERIAL:
FERRO GALVANIZADO

N.º DE DIBUJO

03-01-UEAEP-2015-REV 0

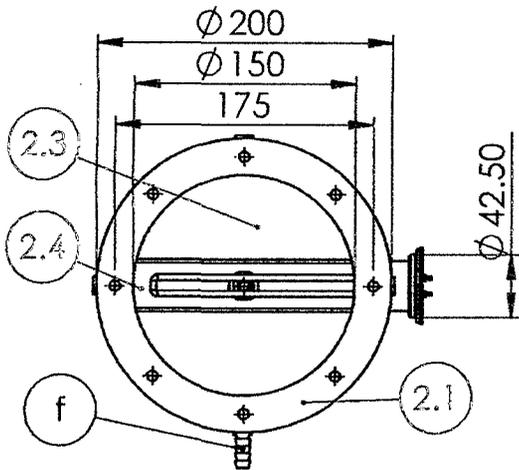
A4

PESO:

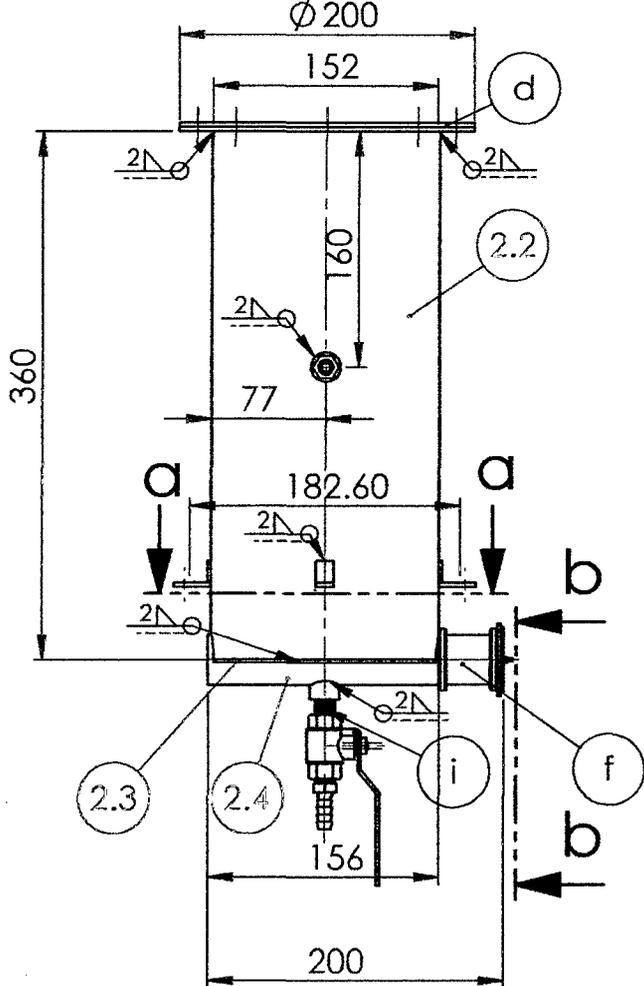
ESCALA: 2:5

HOJA 2 DE 2

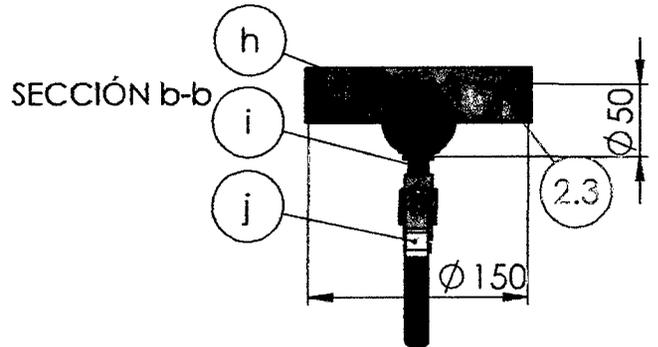
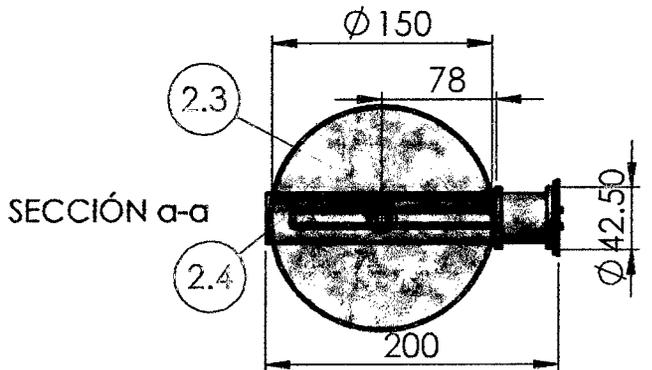
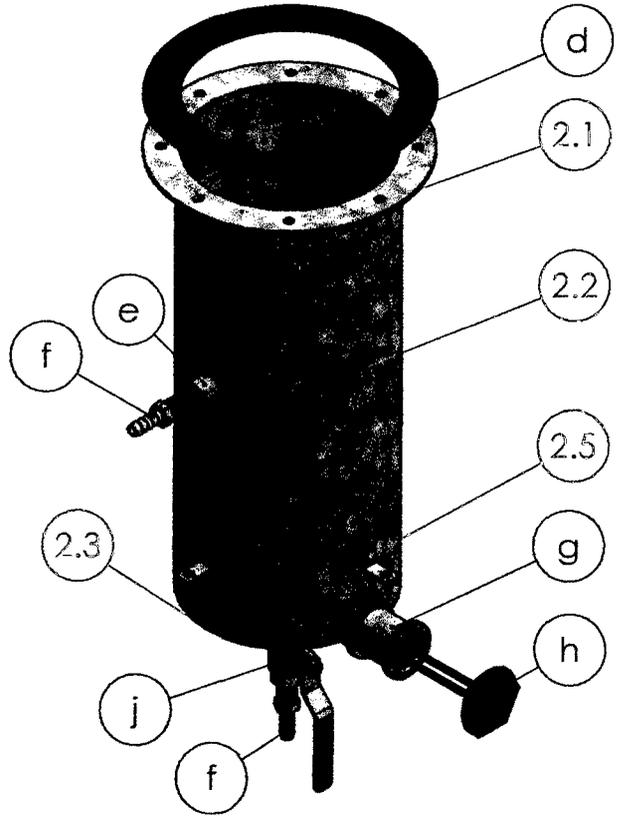
VISTA DE PLANTA
ESCALA 1:5



VISTA FRONTAL
ESCALA 1:5



VISTA ISOMÉTRICA EXPLOSIONADA
ESCALA 1:5



NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN: 1

TÍTULO:

DESTILADOR DE MISCELA-ENSAMBLE

N.º DE DIBUJO

03-02-UEAEP-2015-REV1

ESCALA:

HOJA 1 DE 2

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM

ACABADO SUPERFICIAL:
LIMPIEZA MECÁNICA Y MANUAL

ACABADO EXTERIOR:
BASE EPÓXICA Y RESINA ESMALTE

PROCESO DE SOLDADURA:
SOLDADURA ELECTRICA SMAW

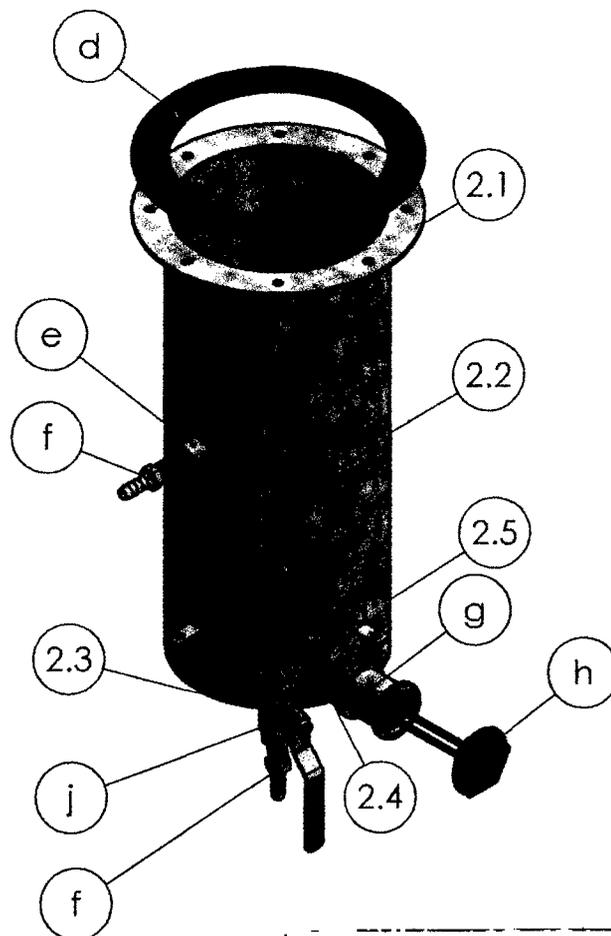
	NOMBRE	FIRMA	FECHA	MATERIAL:
DIBUJ.	A.O.V.			FERRO GALVANIZADO
VERIF.	S.C.G.			
APROB.	A.O.V.			PESO: 10KG

TABLA GENERAL

ITEM	CANT.	UND.	MAT.	DESCRIPCIÓN
2.1	1	PZA	A-53	BRIDA SLIP ON 3mm X Øext.200mm X Ø150mm.
2.2	1	PZA	GALV.	CASCO CILÍNDRICO Øint 150mm X 360mm
2.3	1	PZA	GALV.	FONDO 3mm X Ø154mm.
2.4	1	PZA	GALV.	TUBERÍA MEDIA CAÑA Ø1-1/2" X 156mm.
2.5	4	PZA	GALV.	PLATINA PLEGADA-SOPORTE 20mm X 15mm.

ACCESORIOS

ITEM	CANT.	UND.	MAT.	DESCRIPCIÓN
d	1	PZA	NEOPRENE	EMPAQUETADURA 3mm X Øext.200mm X Ø150mm.
e	2	PZA	GALV.	UNIÓN SIMPLE Ø1/4" X 1"
f	2	PZA	BRONCE	NIPLE ESCAMADO DE Ø1/4", PARA MANGUERA 1/4"
g	1	PZA	GALV	UNION Øint 1-1/2" X 2"
h	1	PZA	COBRE	RESISTENCIA ELÉCTRICA 220V.
i	1	PZA	GALV.	NIPLE Ø1/4" X 35mm, ROSCA EXTERIOR.
j	1	PZA	---	VALVULA DE BOLA Ø1/4", DE CIERRE RÁPIDO



NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN: 1

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:

ACABADO:
BASE EPÓXICA Y RESINA ESMALTE.

PROCESO DE SOLDADURA:
SOLDADURA ELECTRICA SMAW

TÍTULO:

LISTA DE MATERIALES Y ACCESORIOS
DESTILADOR DE MISCELA

NOMBRE
DIBUJ. A.O.V.
VERIF. S.C.G.
APROB. A.O.V.

FIRMA

FECHA

MATERIAL:
FIERRO GALVANIZADO

PESO: 10KG

N.º DE DIBUJO

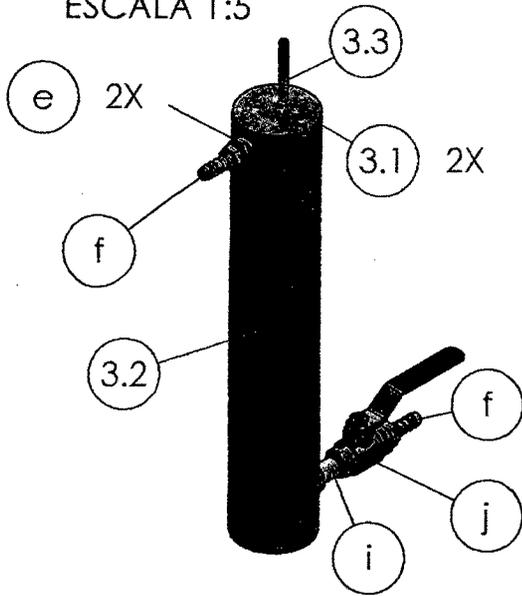
03-02-UEAEP-2015-REV 1

A4

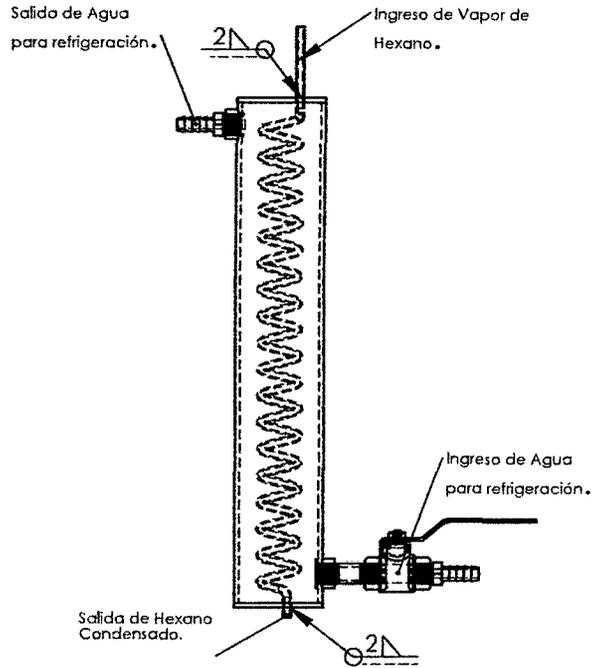
ESCALA: 1:5

HOJA 2 DE 2

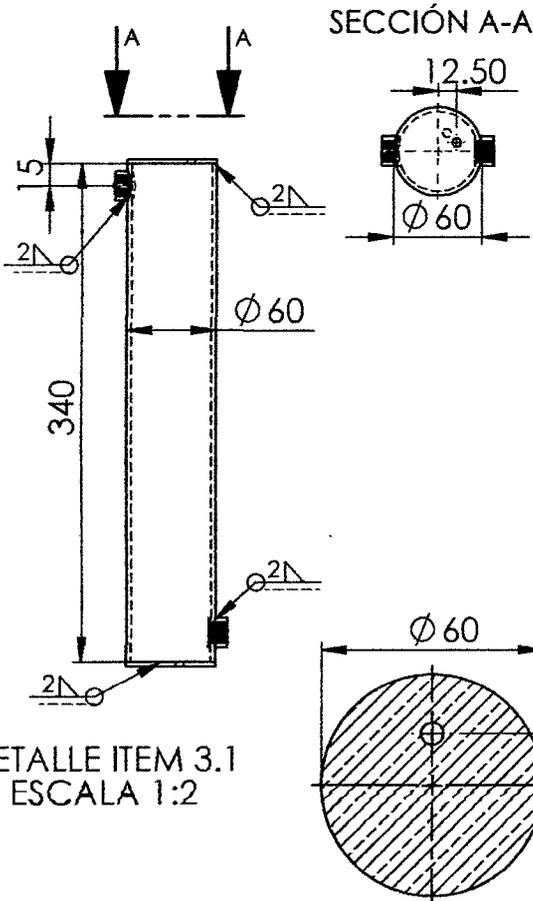
VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA 1:5



VISTA FRONTAL
ESCALA 1:5

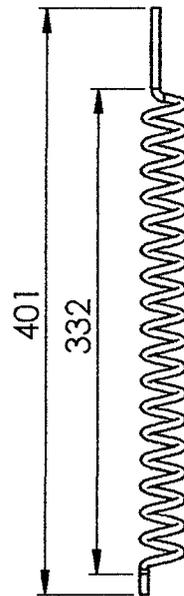


DETALLE DE CHAQUETA
DEL SERPENTIN
ESCALA 1:5

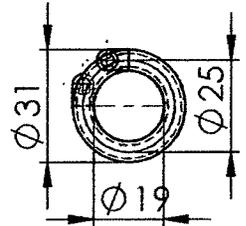


DETALLE ITEM 3.3
ESCALA 1:5

VISTA FRONTAL
ESCALA 1:5



VISTA DE PLANTA
ESCALA 1:5



DETALLE ITEM 3.1
ESCALA 1:2

DATOS DEL SERPENTIN	
Nº REV.	17.75
ØREV	25mm
ØSERPENTIN	6mm
ALTURA	320
PASO DE ROSCA	18

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN: 0

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:

ACABADO:

PROCESO DE SOLDADURA:
SOLDADURA ELÉCTRICA SMAW

TÍTULO:

CONDENSADOR-DESTILADOR DE MISCELA

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
IBUJ.	A.O.V.		
VERIF.	S.C.G.		
PROB.	A.O.V.		

MATERIAL:
FIERRO GALVANIZADO

N.º DE DIBUJO

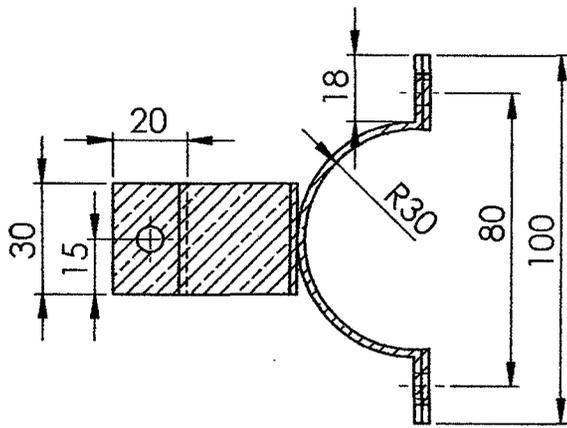
03-03-UEAEP-2015-REV 0

A4

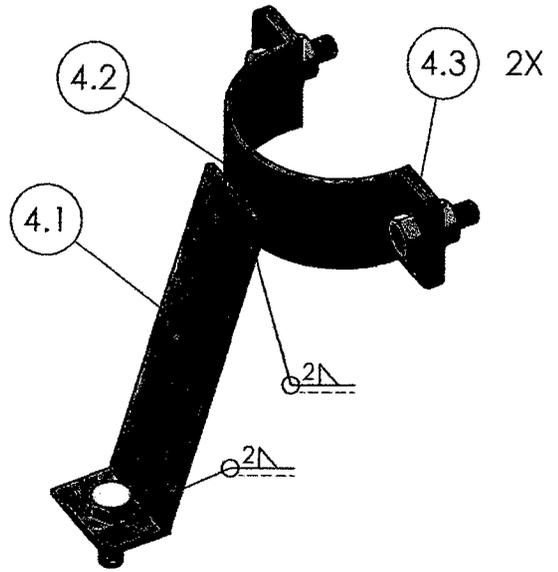
ESCALA:

HOJA 1 DE 2

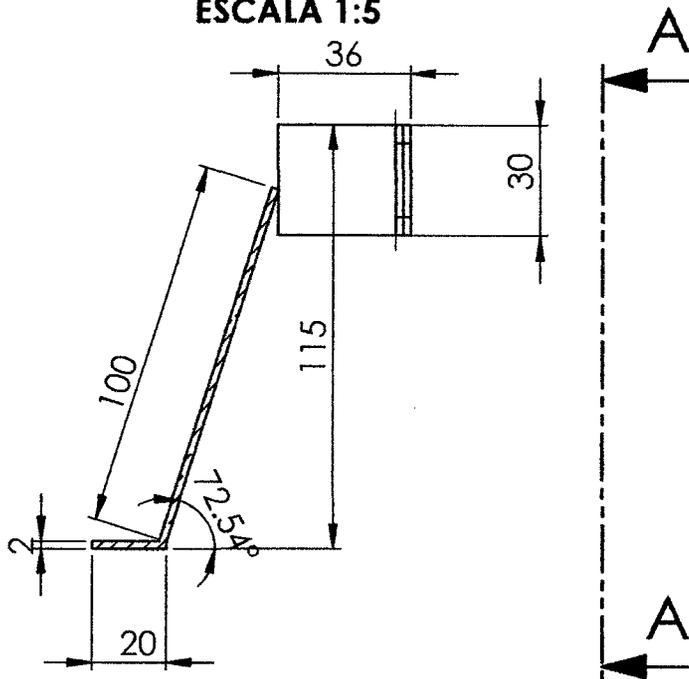
VISTA DE PLANTA
ESCALA 1:5



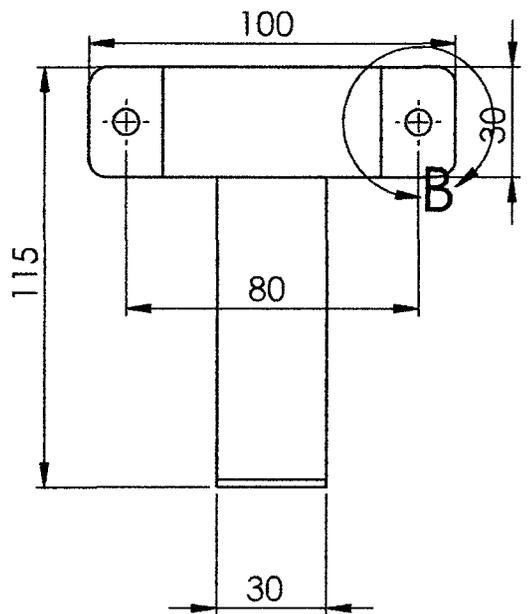
VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA 1:5



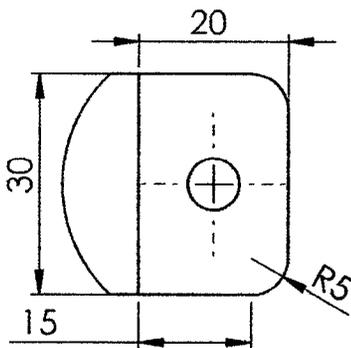
VISTA FRONTAL
ESCALA 1:5



SECCIÓN A-A



DETALLE B
ESCALA 1 : 1



NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN: 0

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM

ACABADO SUPERFICIAL:
LIMPIEZA MECÁNICA Y MANUAL.

ACABADO:
BASE EPÓXICA Y RESINA ESMALTE

PROCESO DE SOLDADURA:
SOLDADURA ELECTRICA SMAW

TÍTULO:

BASE SOPORTE DE CONDENSADOR
DESTILADOR DE MISCELA

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.	A.O.V.		
VERIF.	S.C.G.		
APROB.	A.O.V.		

MATERIAL:
FIERRO GALVANIZADO

N.º DE DIBUJO

03-04-UEAEP-2015-REV 0

A4

ESCALA: 1:5

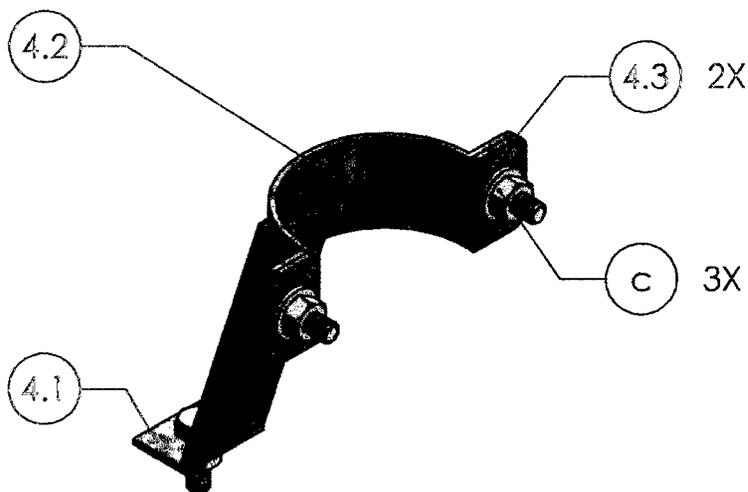
HOJA 1 DE 2

TABLA DE MATERIALES

ITEM	CANT.	UND.	MAT.	DESCRIPCIÓN
4.1	1	PZA	GALV.	PL. 2mm X 30mm X 120mm
4.2	1	PZA	GALV.	PL. 2mm X 30mm X 130mm
4.3	2	PZA	GALV.	PL. 2mm X 30mm X 20mm

TABLA DE ACCESORIOS

ITEM	CANT.	UND.	MAT.	DESCRIPCIÓN
c	03	PZA	GALV.	PER. HEX. Ø1/4" X 1", CON TUERCA Y A/P.



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM

ACABADO SUPERFICIAL:
LIMPIEZA MECÁNICA Y MANUAL

NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.	A.O.V.	
VERIF.	S.C.G.	
APROB.	A.O.V.	

MATERIAL:
FIERRO GALVANIZADO
 PESO:

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN: 0

TÍTULO:

**LISTA DE MATERIALES-BASE DEL
CONDENSADOR DESTILADOR DE
MISCELA**

N.º DE DIBUJO

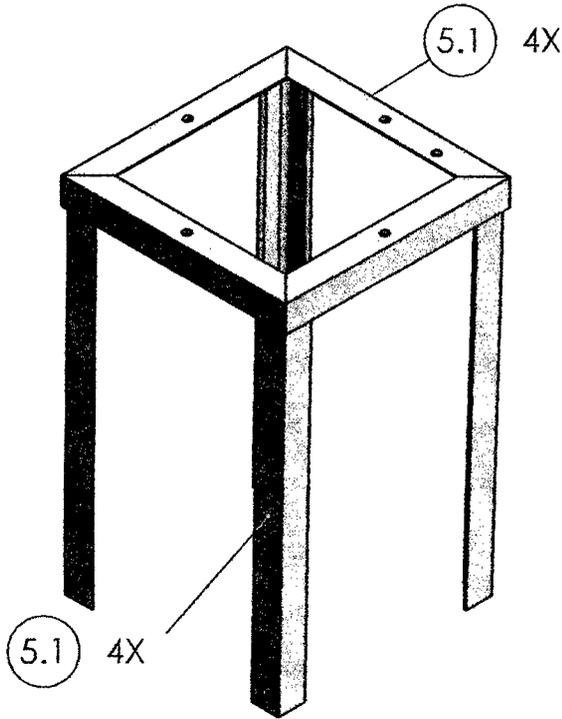
03-04-UEAEP-2015- REV 0

ESCALA: 1:5

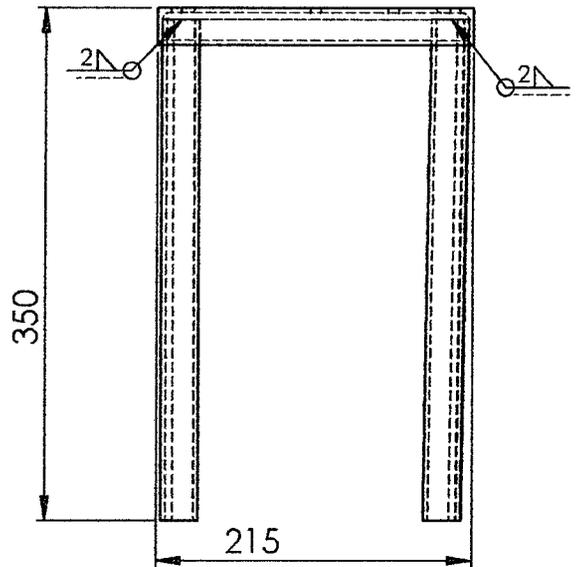
HOJA 2 DE 2

A4

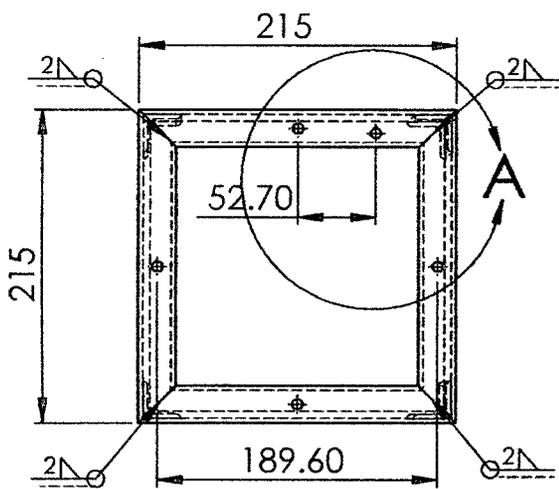
**VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA 1:5**



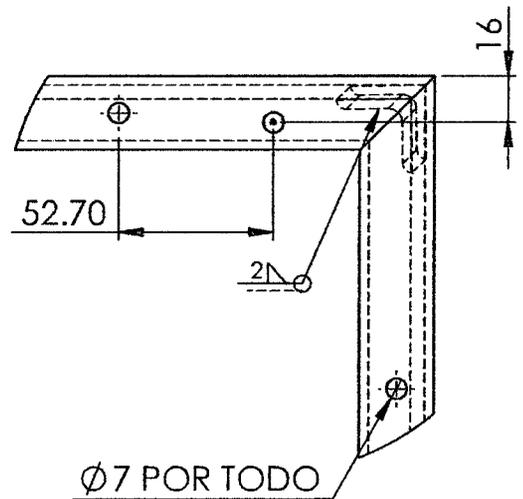
**VISTA FRONTAL
ESCALA 1:5**



**VISTA DE PLANTA
ESCALA 1:5**



**DETALLE A
ESCALA 2:5**



NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN: 0

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM

ACABADO SUPERFICIAL:
LIMPIEZA MECÁNICA Y MANUAL

ACABADO:
BASE EPÓXICA-RESINA ESMALTE

PROCESO DE SOLDADURA:
SOLDADURA ELÉCTRICA SMAW

TÍTULO:

**ESTRUCTURA SOPORTE DEL DESTILADOR
DE MISCELA**

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
IBUJ.	A.O.V.		
ERIF.	S.C.G.		
PROB.	A.O.V.		

MATERIAL:	A-36
PESO:	

N.º DE DIBUJO

03-05-UEAEP-2015-REV 0

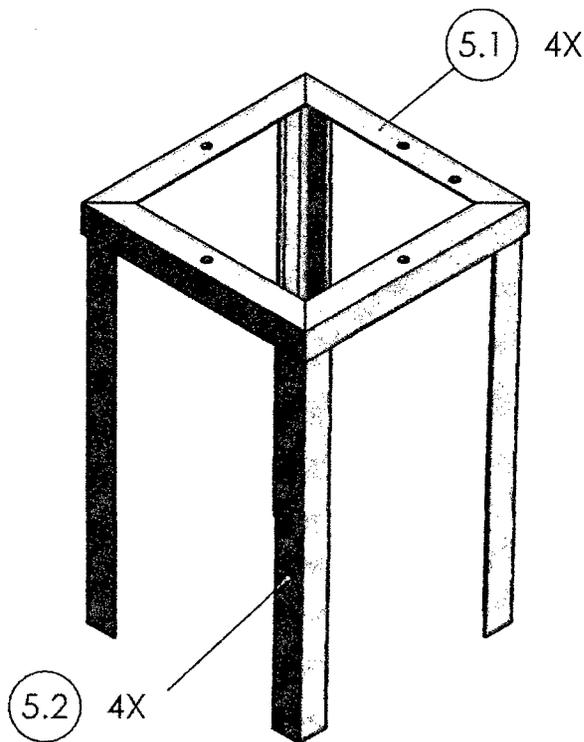
A4

ESCALA:

HOJA 1 DE 2

TABLA DE MATERIALES

ITEM	CANT.	UNID.	MAT.	DESCRIPCIÓN
5.1	4	PZA	A-53	HIERRO ANGULAR 1" X 1" X 215mm
5.2	4	PZA	A-53	HIERRO ANGULAR 1" X 1" X 350mm



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:

ACABADO:

PROCESO DE SOLDADURA:
SOLDADURA ELÉCTRICA SMAW

MATERIAL:

A-36

PESO:

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN: 0

TÍTULO:

LISTA DE MATERIALES - ESTRUCTURA
SOPORTE DEL DESTILADOR DE MISCELA

N.º DE DIBUJO

03-05-UEAEP-2015-REV 0

A4

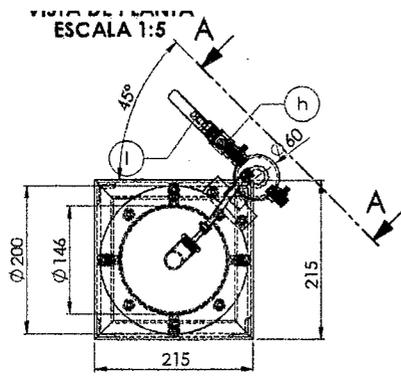
ESCALA: 1:5

HOJA 2 DE 2

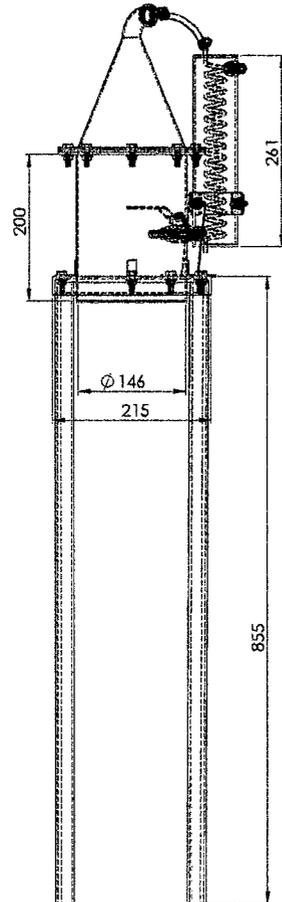
	NOMBRE	FIRMA	FECHA
IBUJ.	A.O.V.		
ERIF.	S.C.G.		
PROB.	A.O.V.		

ANEXO 10

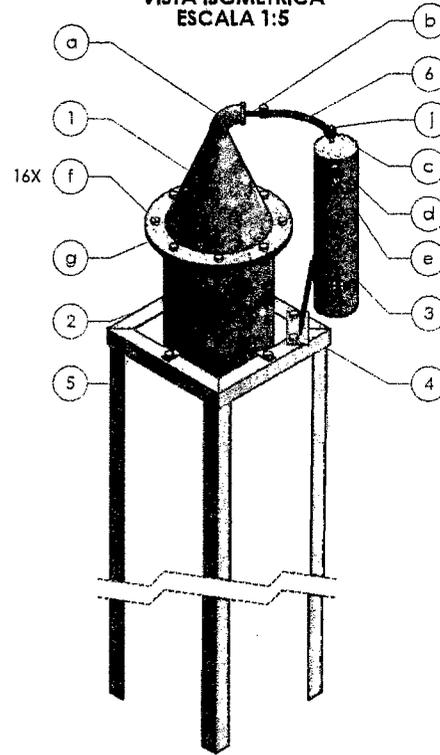
PLANOS DEL DESOLVENTIZADOR DE TORTA DESGRASADA



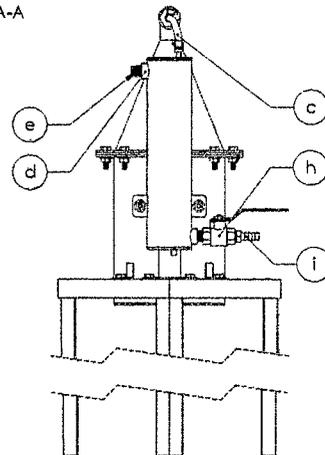
VISTA FRONTAL
ESCALA 1:5



VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA 1:5

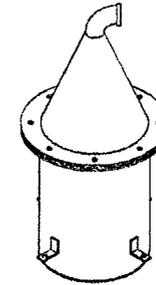


SECCIÓN A-A
ESCALA 1:5

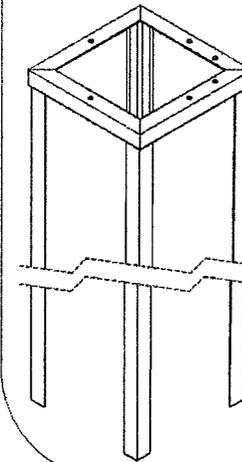


DESPIEZE DE COMPONENTES DEL DESOLVENTIZADOR DE TORTA

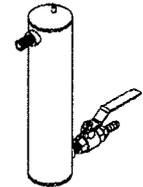
DETALLE ITEMS 1 Y 2
ESCALA 1:5



DETALLE ITEM 5
ESCALA 1:5



DETALLE ITEM 3
ESCALA 1:5



SI NO SE PUEDE LO CONTRARIAMENTE: - LOS COTAJES DEBEN SER EN MILÍMETROS		ACABADO: - BASE EPÓXICA AMPLIO PERÍMETRO - ACABADO CON PINTURA EN FRÍO	PROCESO DE SOLDADURA: - SOLDADURA ELÉCTRICA - AWS	PROYECTO: DESOLVENTIZADOR DE TORTA DESGRASADA ENSAMBLE GENERAL
NOMBRE: A.C.V.	FIRMA:	FECHA:	CUARTILLA: ITEM 5 GALVA HEAD	Nº DE DIBUJO: 04-00-UEAEP-2015-REV 0
VERIF. S.A.D.			PROYECTISTA:	ESCALA: 1:5
APROB. E.C.O.			PROYECTISTA:	HOJA 1 DE 3

TABLA DE MATERIALES

ITEM	CANT.	UND	MAT.	DESCRIPCIÓN
1	1	PZA	GALV.	TAPA CÓNICA Ø200MM X 200MM
2	1	PZA	GALV.	CUERPO DEL DESOLVENTIZADOR
3	1	PZA	GALV.	CONDENSADOR PARA VAPOR DE HEXANO
4	1	PZA	GALV.	ESTRUCTURA SOPORTE PARA CONDENSADOR
5	1	PZA	GALV.	ESTRUCTURA SOPORTE DE EQUIPOS DESOLVENTIZADOR
6	1	PZA	---	CONEXIÓN DESOLVENTIZADOR-CONDENSADOR

TABLA DE ACCESORIOS

ITEM	CANT.	UND	MAT.	DESCRIPCIÓN
a	1	PZA	GALV.	CODO Ø1-1/2" X 90°
b	1	PZA	BRONCE	NIPLE ESCAMADO Ø1-1/2", PARA MANGUERA DE 1/4"
c	200	MM	JEBE	MANGUERA ØINT 1/4".
d	2	PZA	GALV.	UNIÓN Ø1/4" X 25MM
e	2	PZA	GALV.	NIPLE Ø 1/4" X 35MM
f	16	PZA	GALV.	PER. HEX. Ø 1/4" X 1", CON TUERCA Y A/P.
g	1	PZA	NEOPRENE	ENPAQUETADURA 3mm X Ø200mm
h	1	PZA	ACERO	VÁLVULA BOLA X Ø1/4" DE CIERRE RÁPIDO
i	1	PZA	BRONCE	NIPLE ESCAMADO Ø12mm PARAN MANQUERA Ø1/4".
j	02	PZA	GALV.	ABRAZADERA Ø6-12mm.

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN: 0

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM

ACABADO SUPERFICIAL:
LIMPIEZA MECÁNICA Y MANUAL

ACABADO:

PROCESO DE SOLDADURA:

TÍTULO:

LISTA DE MATERIALES Y ACCESORIOS
GENERAL-DESOLVENTIZADOR DE TORTA
DESGRASADA

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
¡BUJ.	A.O.V.		
TERIF.	S.C.G.		
¡PROB.	A.O.V.		

MATERIAL:

N.º DE DIBUJO

04-00-UEAEP-2015-REV 0

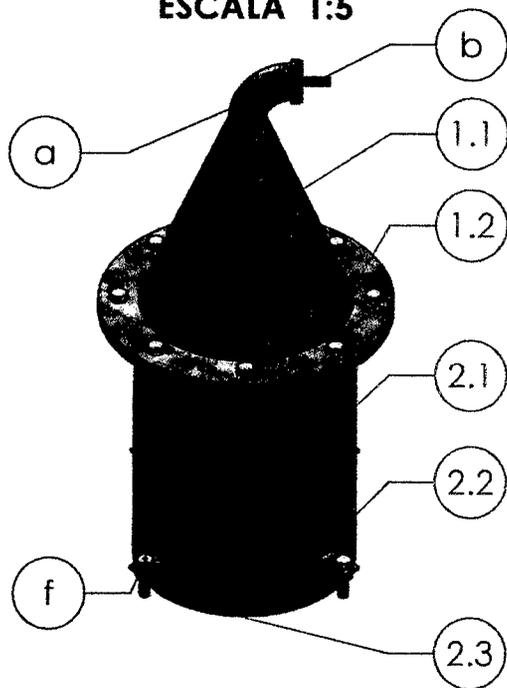
A4

PESO:

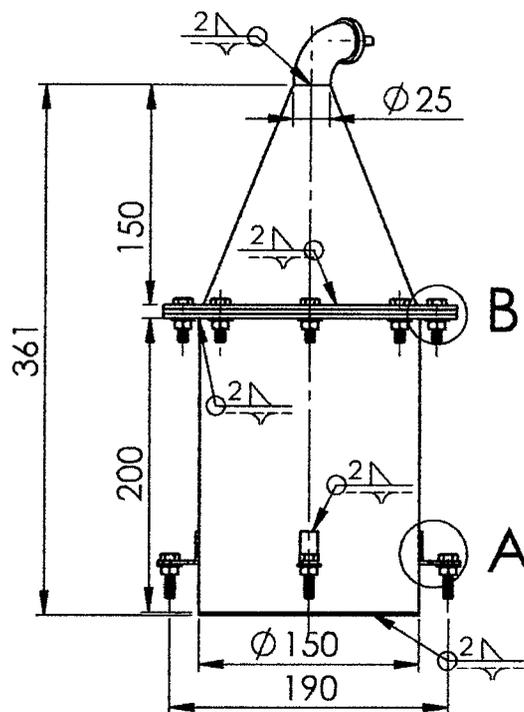
ESCALA:

HOJA 2 DE 2

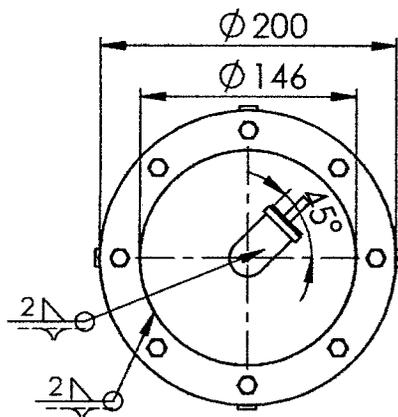
VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA 1:5



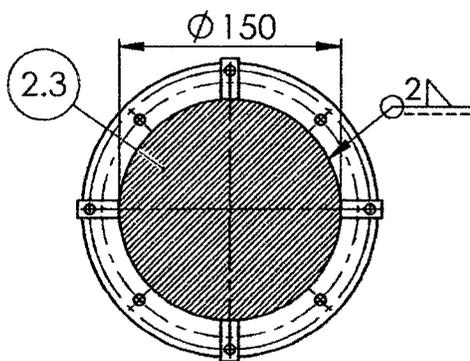
VISTA FRONTAL
ESCALA 1:5



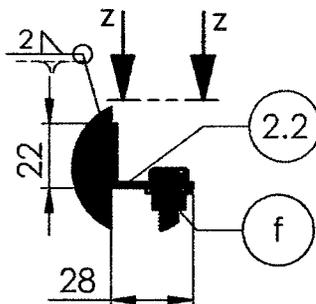
VISTA DE PLANTA
ESCALA 1:5



VISTA INFERIOR
ESCALA 1:5



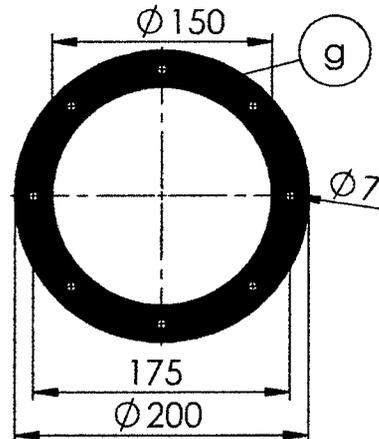
DETALLE A
ESCALA 2:5



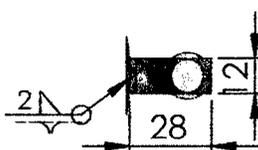
DETALLE B
ESCALA 2:5



DETALLE DE EMPAQUETADURA
ESCALA 1:5



SECCIÓN z-z
ESCALA 2:5



NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

0

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:

ACABADO:

BASE EPÓXICA ANTICORROSIVA Y RESINA ESMALTE

TIPO DE SOLDADURA:

ELÉCTRICA SMAW

TÍTULO:

CASCO Y TAPA CÓNICA-DESOLVENTIZADOR
DE TORTA DESGRASADA

IBUJ.
ERIF.
PROB.

NOMBRE
A.O.V.
S.C.G.
A.O.V.

FIRMA

FECHA

MATERIAL:
FIERRO GALVANIZADO
PESO: 10 KG

N.º DE DIBUJO

04-1.1-UEAEP-2015-REV 0

ESCALA:

HOJA 1 DE 2

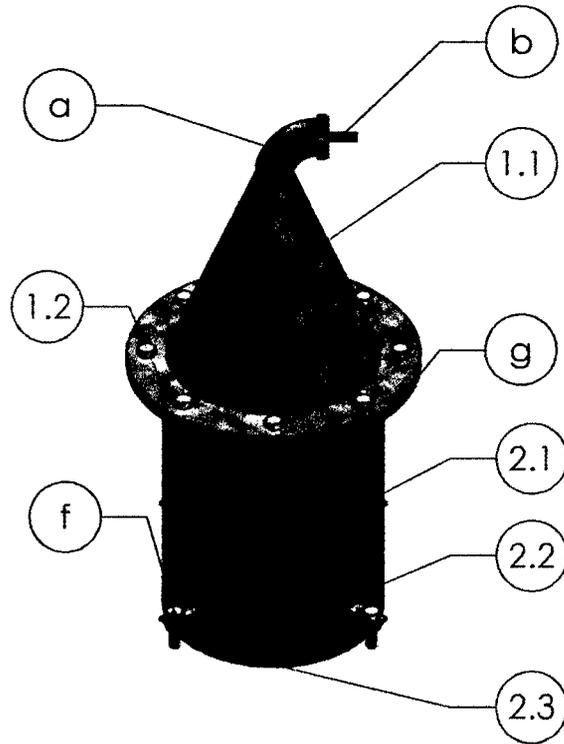
A4

TABLA GENERAL

ITEM	CANT.	UND.	MAT.	DESCRIPCIÓN
1.1	01	PZA	A-53	TAPA CÓNICA Ø150mm X 150mm
1.2	02	PZA	GALV.	BRIDA SLIP ON 3mm X Øext.200mm X Ø150mm.
2.1	01	PZA	GALV.	CASCO CILÍNDRICO Øint 150mm X 200mm
2.2	04	PZA	GALV.	PLATINA PLEGADA-SOPORTE 20mm X 15mm.
2.3	01	PZA	GALV.	FONDO 3mm X Ø154mm.

ACCESORIOS

ITEM	CANT.	UND.	MAT.	DESCRIPCIÓN
a	01	PZA	GALV.	CODO 1-1/2" X 90°, ROSCA INTERIOR
b	01	PZA	BRONCE	NIPLE ESCAMADO Ø1-1/2", PARA MANGUERA DE Ø1/4".
f	12	PZA	GALV.	PER. HEX. Ø1/4" X 1", CON TUERCA Y A/P.
g	01	PZA	NEOPRENE	EMPAQUE 3mm X Øext. 200mm X Øint. 150



NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN
0

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM

ACABADO SUPERFICIAL:
LIMPIEZA MECÁNICA Y MANUAL

ACABADO:
BASE EPÓXICA Y RESINA ESMALTE

PROCESO DE SOLDADURA:
SOLDADURA ELÉCTRICA SMAW

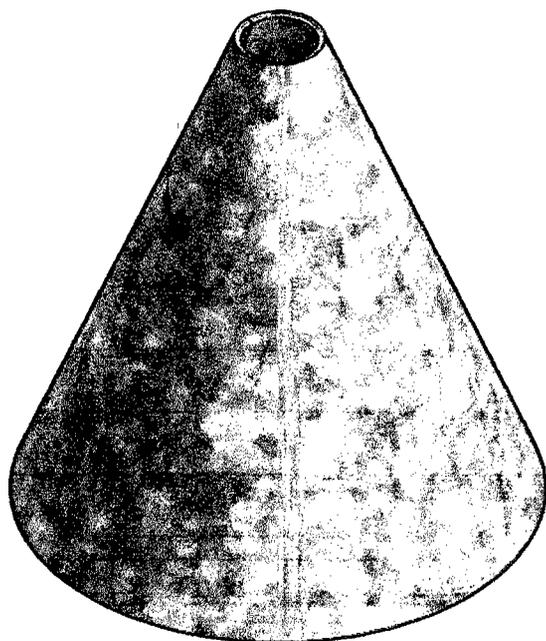
TÍTULO:
**LISTA DE MATERIALES
DESOLVENTIZADOR DE TORTA DESGRASADA**

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.	A.O.V.		
VERIF.	S.C.G.		
PROB.	A.O.V.		

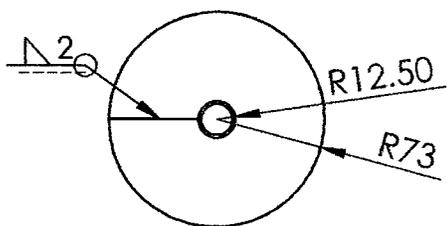
MATERIAL:
FIERRO GALVANIZADO

N.º DE DIBUJO	ESCALA:	HOJA 2 DE 2
04-1.1-UEAEP-2015-REV 0		
		A4

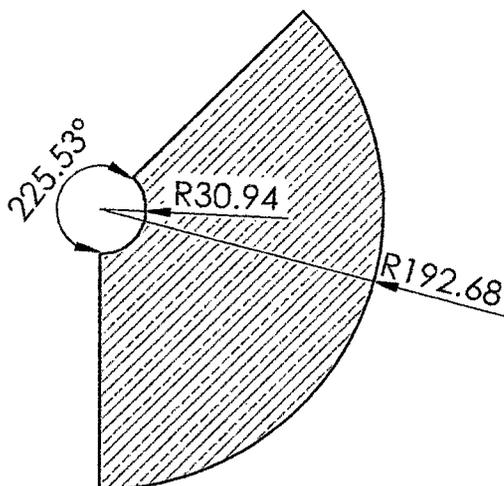
VISTA ISOMÉTRICA ESCALA 1:5



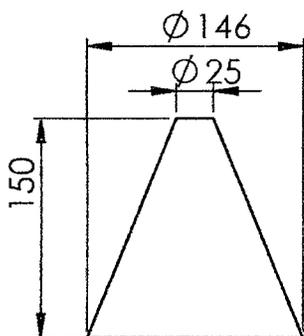
VISTA DE PLANTA ESCALA 1:5



DESARROLLO DE PLANCHA PARA CONO ESCALA 1:5



VISTA DE PERFIL ESCALA 1:5



NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN: 0

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:
LIMPIEZA MECÁNICA Y MANUAL

ACABADO:
BASE EPÓXICA Y RESINA DE ESMALTE
PROCESO DE SOLDADURA:
-SOLDADURA ELECTRICA SMAW.

Título:

DESARROLLO DE TAPA CÓNICA-DESOLVENTIZADOR
DE TORTA DESGRASADA

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
IBUJ.	A.O.V		
ERIF.	S.C.G.		
PROB.	S.C.G.		

MATERIAL:
- FIERRO GALVANIZADO

N.º DE DIBUJO

04-1.2-UEAEP-2015-REV 0

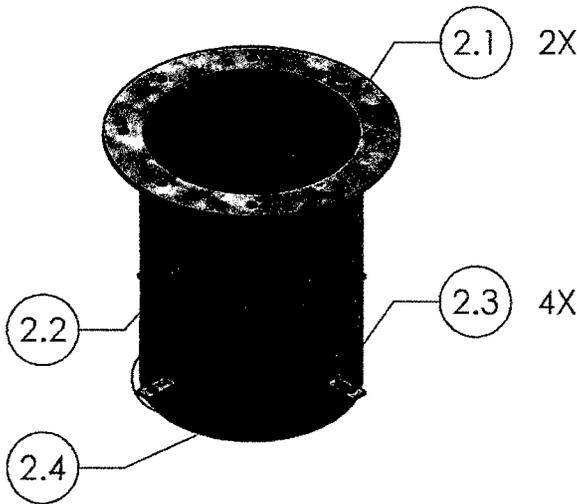
A4

PESO:

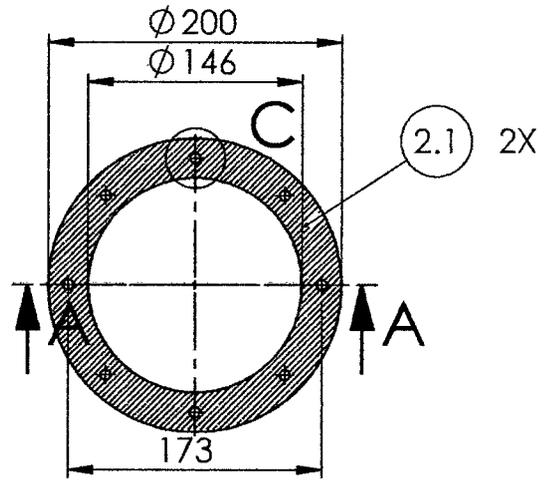
ESCALA: 1:5

HOJA 1 DE 1

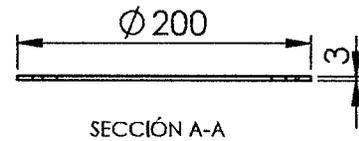
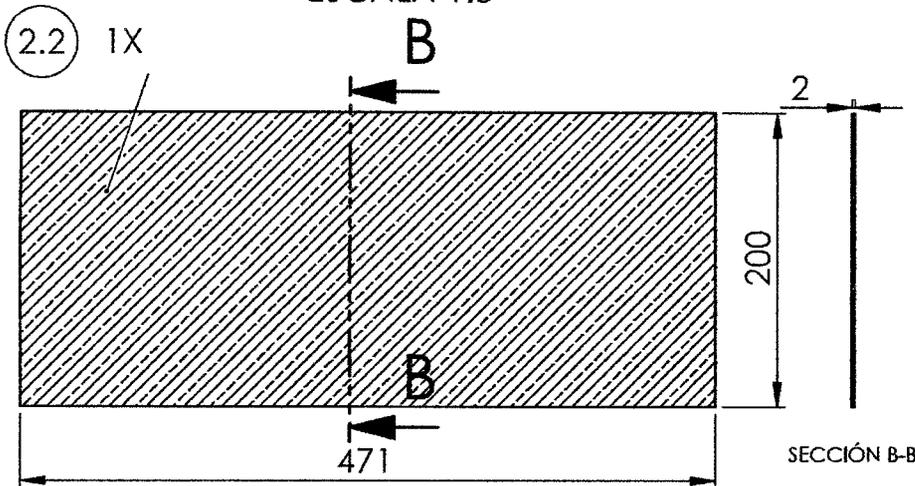
VITA ISOMÉTRICA
ESCALA 1:5



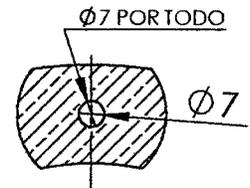
DETALLE DE BRIDA SLIP ON
ESCALA 1:5



DESARROLLO DE CUERPO CILÍNDRICO
ESCALA 1:5

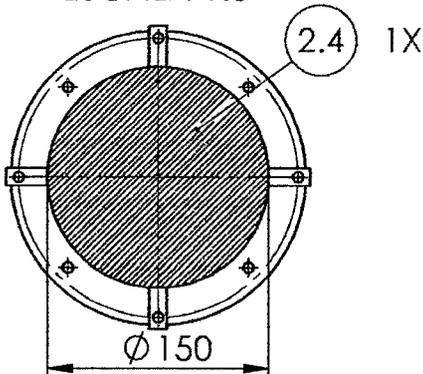


SECCIÓN A-A

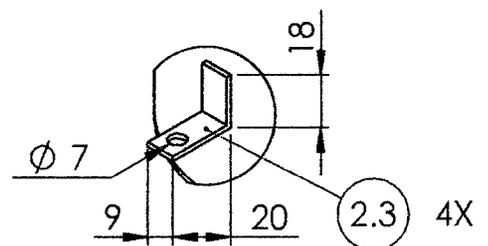


DETALLE C
ESCALA 1:2

DETALLE FONDO
ESCALA 1:5



DETALLE D
ESCALA 2:5



NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN: 0

TÍTULO:

CASCO CILÍNDRICO - DESOLVENTIZADOR
DE TORTA DESGRASADA

ACABADO:

BASE ANTICORROSIVA
RESINA ESMALTE

PROCESO DE SOLDADURA:

ELECTRICA SMAW

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:

LIMPIEZA MEÁCANICA Y MANUAL

MATERIAL:

FIERRO GALVANIZADO

N.º DE DIBUJO

04-02-UEAEP-2015-REV 0

A4

APROB:

NOMBRE

FIRMA

FECHA

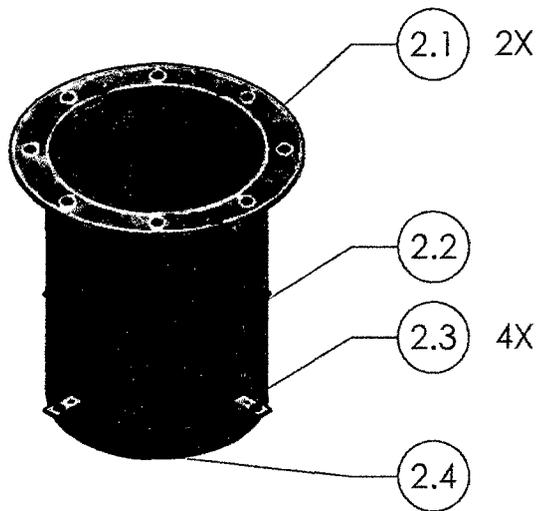
PESO:

ESCALA: 2:5, 1:2, 2:5

HOJA 1 DE 2

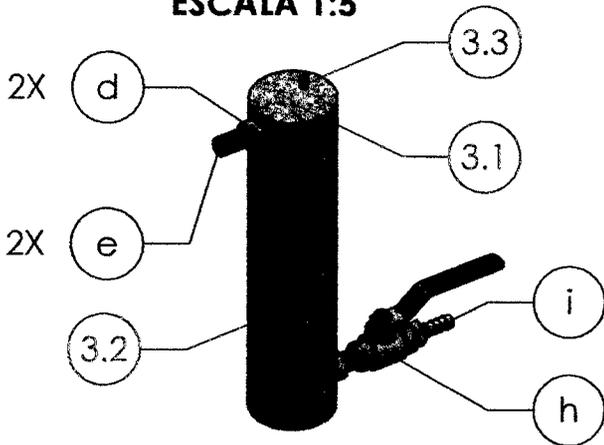
TABALA DE MATERIALES

ITEM	CANT.	UND.	MAT.	DESCRIPCIÓN
2.1	2	PZA	GALV.	BRIDA SLIP ON Øext: 200mm X Øint:146mm, CON 8 AGUJEROS DE Ø7mm
2.2	1	PZA	GALV.	PL. 2mm x 471mm x 200mm.
2.3	4	PZA	GALV.	PLATINA PLEGADA 2mm x 9mm x 20mm x 18mm.
2.4	1	PZA	GALV.	Pl. 2mm X Ø150mm

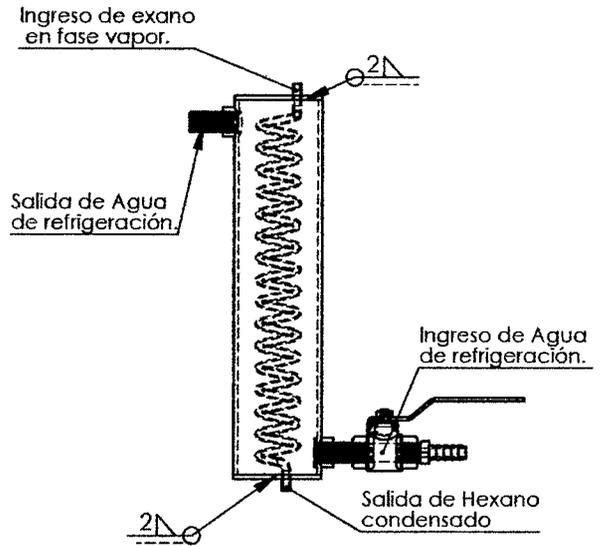


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL:				NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN			
				ACABADO: PROCESO DE SOLDADURA:					TÍTULO: CASCO CILÍNDRICO - DESOLVENTIZADOR DE TORTA DESGRASADA
IBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA	MATERIAL:			N.º DE DIBUJO		A4
ERIF.	A.O.V.	S.C.G.					04-03-UEAEP-2015-REV 0		
PROB.	A.O.V.			PESO:			ESCALA:	HOJA 2 DE 2	

**VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA 1:5**

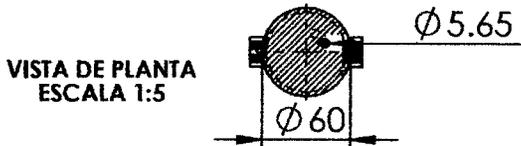


**VISTA DE FRONTAL
ESCALA 1:5**

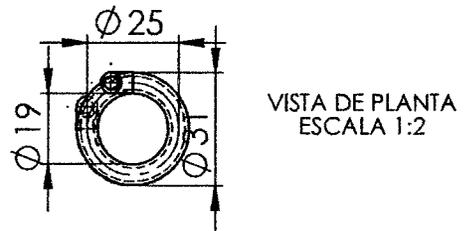


**DETALLE DEL CHAQUETA
DEL SERPENTIN
ESCALA 1:5**

SECCIÓN B-B

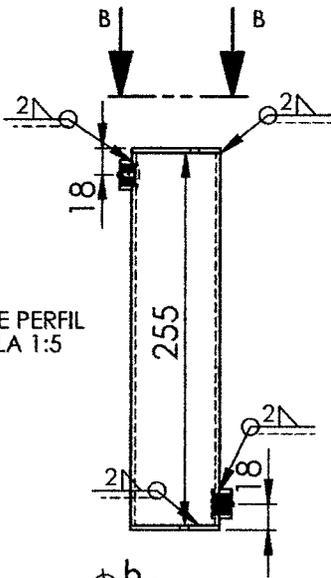


**DETALLE DEL SERPENTIN
ESCALA 1:5**

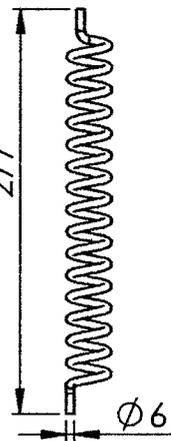


VISTA DE PLANTA
ESCALA 1:2

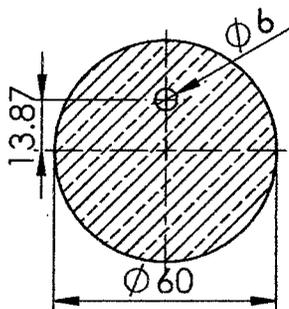
**VISTA DE PERFIL
ESCALA 1:5**



**VISTA DE PERFIL
ESCALA 1:5**



DATOS DEL SERPENTIN	
Nº REV.	15.75
ØREV	25mm
ØSERPENTIN	6mm
ALTURA	236.25
PASO DE ROSCA	15mm



**DETALLE DEL ITEM 3.3
ESCALA 1:5**

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN 0

TÍTULO:

**DETALLE DEL CONDENSADOR - DESOLVENTIZADOR
DE TORTA DESGRASADA**

N.º DE DIBUJO

04-03-UEAEP-2015-REV 0

A4

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM

ACABADO SUPERFICIAL:
LIMPIEZA MECÁNICA Y MANUAL

ACABADO:
BASE EPÓXICA Y RESINA
ESMALTE.

PROCESO DE SOLDADURA:
ELECTRICA SMAW

NOMBRE FIRMA FECHA
IBUJ. A.O.V.
ERIF. S.C.G.
PROB. A.O.V.

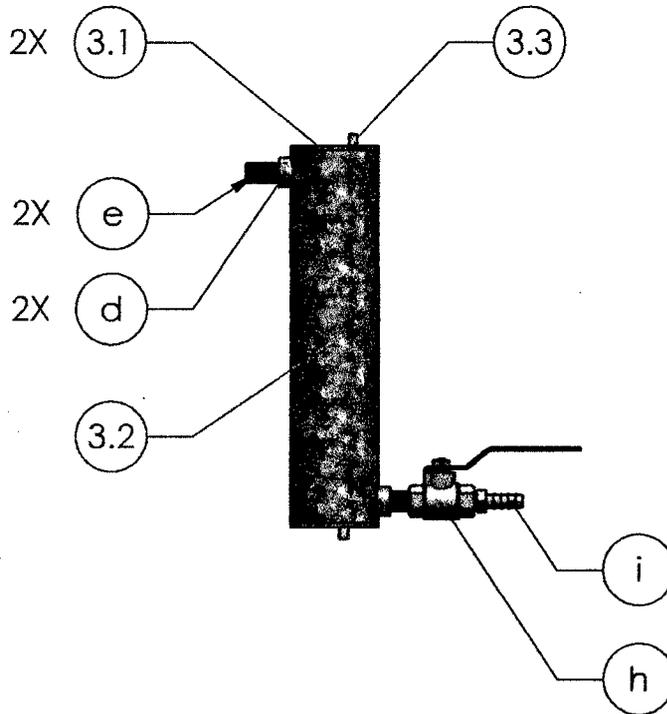
MATERIAL:
FIERRO GALVANIZADO

PESO:

ESCALA: 1:2, 1:5

HOJA 1 DE 2

LISTA DE MATERIALES				
ITEM	CANT.	UNID.	MAT.	DESCRIPCIÓN
3.1	2	PZA	GALV.	Pl. 3mm X Ø60mm
3.2	1	PZA	GALV.	TUB. Ø2-3/8" X 255mm
3.3	1	PZA	ALUM.	TUB. Ø6mm X 1700mm.
LISTA DE ACCESORIOS				
ITEM	CANT.	UNID.	MAT.	DESCRIPCIÓN
d	02	PZA	GALV.	UNIÓN 1/2" X 1-1/2"
e	02	PZA	GALV.	NIPLE Ø1/4" X 35mm, ROSCA EXTERIOR.
h	01	PZA	BRONCE	VÁLVULA DE BOLA Ø1/4", DE CIERRE RÁPIDO
i	01	PZA	GALV.	NIPLE ESCAMADO DE Ø1/2", PARA MANGUERA DE 1/4"



NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN: 0

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:

ACABADO:

PROCESO DE SOLDADURA:

TÍTULO:

LISTA DE MATERIALES
CONDENSADORDESOLVENTIZADOR
DE TORTA DESGRASADA

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
IBUJ.	A.O.V.		
ERIF.	S.C.G.		
PROB.	A.O.V.		

MATERIAL:

PESO:

N.º DE DIBUJO

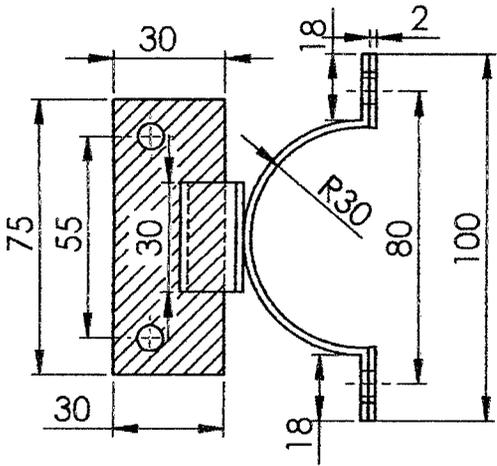
04-03-UEAEP-2015-REV 0

A4

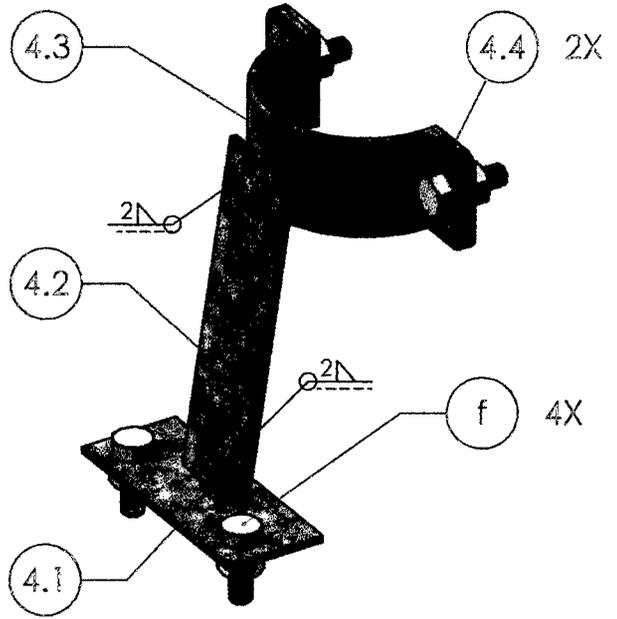
ESCALA:

HOJA 2 DE 2

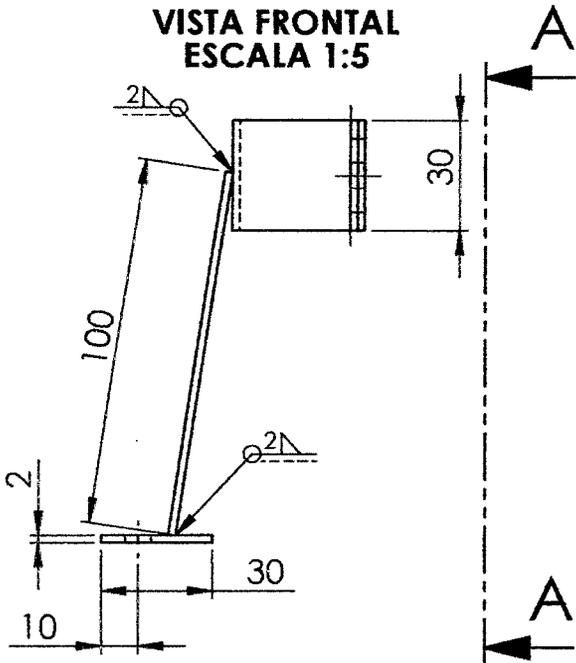
**VISTA DE PLANTA
ESCALA 1:5**



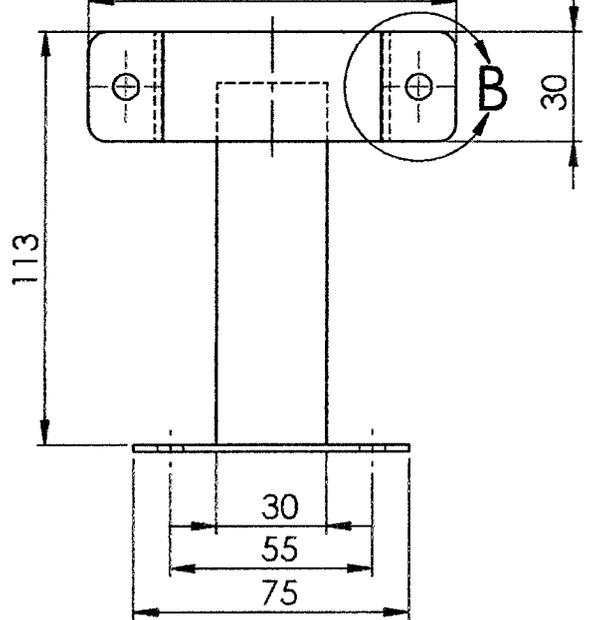
**VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA 1:5**



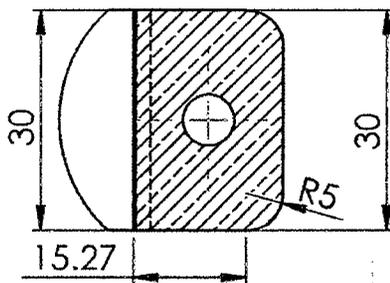
**VISTA FRONTAL
ESCALA 1:5**



**SECCIÓN A-A
100**



**DETALLE B
ESCALA 1:1**



NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN: 0

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM

ACABADO SUPERFICIAL:
LIMPIEZA MECÁNICA Y MANUAL

ACABADO:
BASE ANTICORROSIVA
Y RESINA ESMALTE

PROCESO DE SOLDADURA:
SOLDADURA ELÉCTRICA SMAW

TÍTULO:

**SOPORTE DEL CONDENSADOR-DESOLVENTIZADOR
DE TORTA DESGRASADA**

NOMBRE: A.O.V.
FIRMA: S.C.G.
FECHA: A.O.V.

MATERIAL: FIERRO GALVANIZADO
PESO:

N.º DE DIBUJO

04-04-UEAEP-2015-REV 0

A4

ESCALA: 1:5

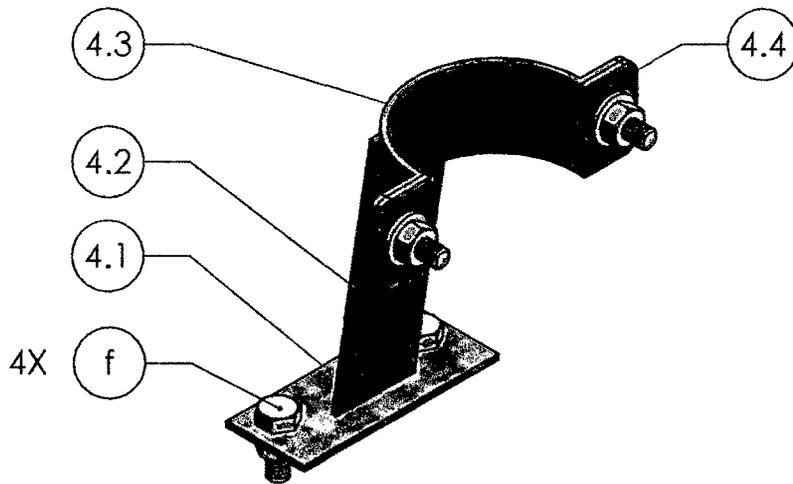
HOJA 1 DE 2

TABLA DE MATERIALES

ITEM	CANT.	UND.	MAT.	DESCRIPCIÓN
4.1	1	PZA	GALV.	PL. 2mm X 30mm X 75mm
4.2	1	PZA	GALV.	PL. 2mm X 30mm X 100mm
4.3	2	PZA	GALV.	PL. 2mm X 30mm X 135mm
4.4	02	PZA	GALV.	PL. 2mm X 30mm X 20mm

LISTA DE ACCESORIOS

ITEM	CANT.	UND.	MAT.	DESCRIPCIÓN
f	04	PZA	GALV.	PER. HEX. Ø1/4" X 1", CON TUERCA Y A/P.



NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN
0

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM

ACABADO SUPERFICIAL:
LIMPIEZA MECÁNICA Y MANUAL

ACABADO:
BASE EPÓXICA Y RESINA ESMALTE

PROCESO DE SOLDADURA:
SOLDADURA ELÉCTRICA SMAW

TÍTULO:

**BASE DEL CONDENSADOR-DESOLVENTIZADOR
DE TORTA DESGRASADA**

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
IBUJ.	A.O.V.		
ERIF.	S.C.G.		
PROB.	A.O.V.		

MATERIAL:
FIERRO GALVANIZADO

N.º DE DIBUJO

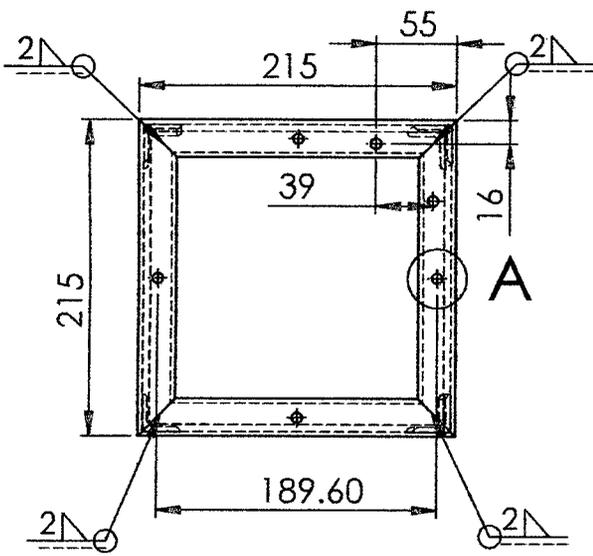
04-04-UEAEP-2015-REV 0

A4

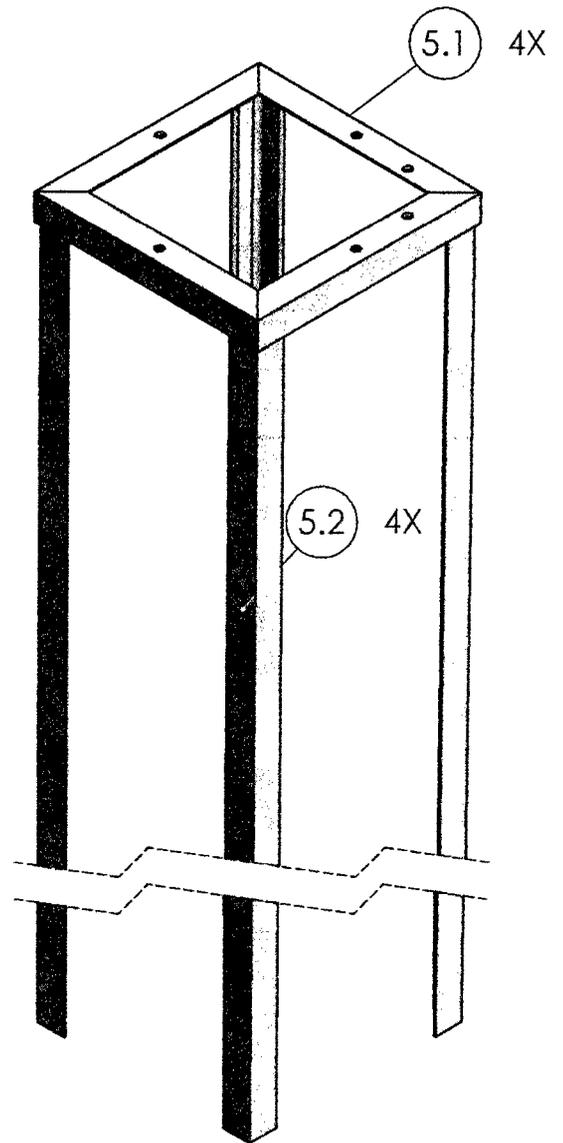
ESCALA:

HOJA 2 DE 2

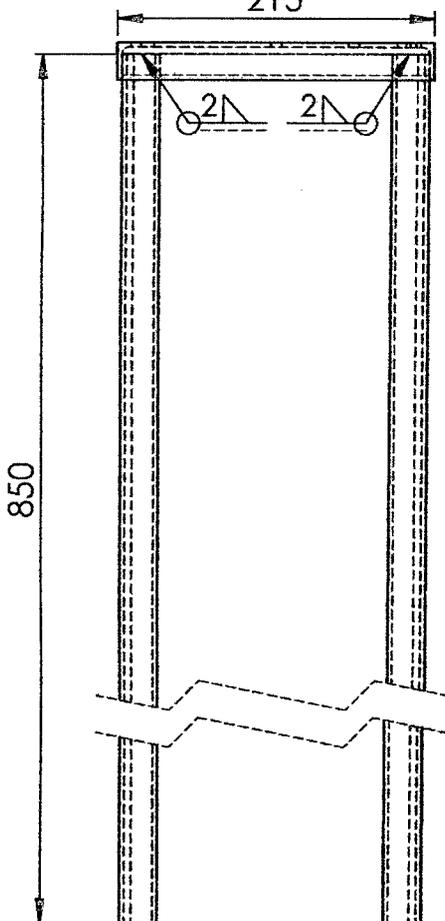
**VISTA DE PLANTA
ESCALA 1:5**



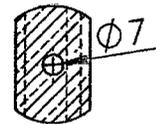
**VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA 1:5**



**VISTA FRONTAL
ESCALA 1:5**



**DETALLE A
ESCALA 2:5**



NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN: 0

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM

ACABADO SUPERFICIAL:
LIMPIEZA MECÁNICA Y MANUAL

ACABADO:
BASE ANTICORROSIVA Y RESINA
ESMALTE

PROCESO DE SOLDADURA:
ELECTRICA SMAW

TÍTULO:

**ESTRUCTURA SOPORTE-DESOLVENTIZADOR
DE TORTA DESGRASADA**

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
BUJ.	A.O.V.		
ERIF.	S.C.G.		
PROB.	A.O.V.		

MATERIAL:
HIERRO GALVANIZADO

N.º DE DIBUJO

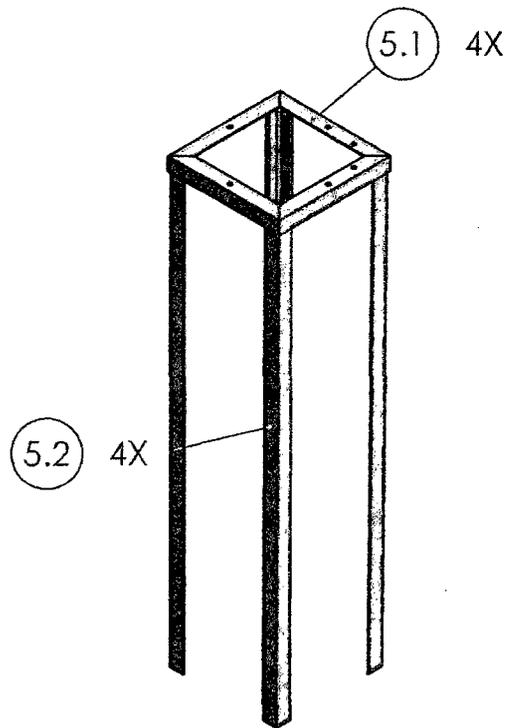
04-05-UEAEP-2015-REV 0

A4

ESCALA: 1:5, 2:5

HOJA 1 DE 2

TABLA DE MATERIALES				
ITEM	CANT.	UNID.	MAT.	DESCRIPCIÓN
5.1	4	PZA	A-53	HIERRO ANGULAR 1" X 1" X 215mm
5.2	4	PZA	A-53	HIERRO ANGULAR 1" X 1" X 850mm

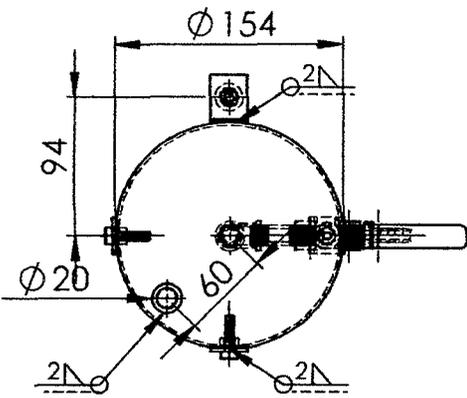


				NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL:				ACABADO:	TÍTULO: ESTRUTURA SOPORTE-DESOLVENTIZADOR DE TORTA DESGRASADA	
				PROCESO DE SOLDADURA:		
	NOMBRE	FIRMA	FECHA	MATERIAL:	M.º DE DIBUJO	A4
BUJ.	A.O.V.			HIERRO ANGULAR A-53	04-05-UEAEP-2015-REV 0	
ERIF.	S.C.G.					
PROB.	A.O.V.			PESO:	ESCALA:	HOJA 2 DE 2

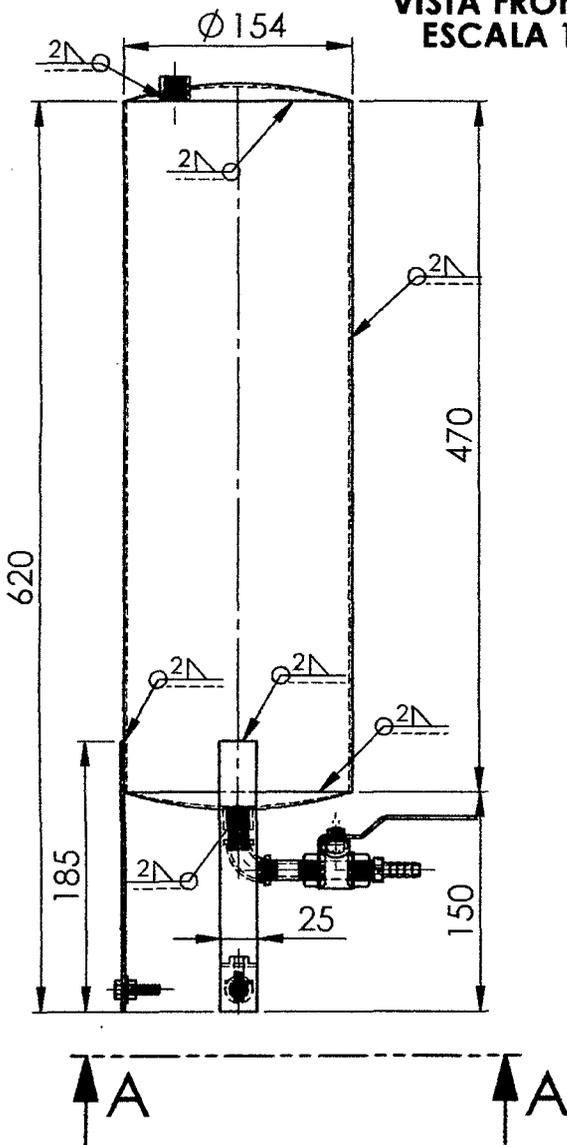
ANEXO 11

PLANOS DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE SOLVENTE PURO

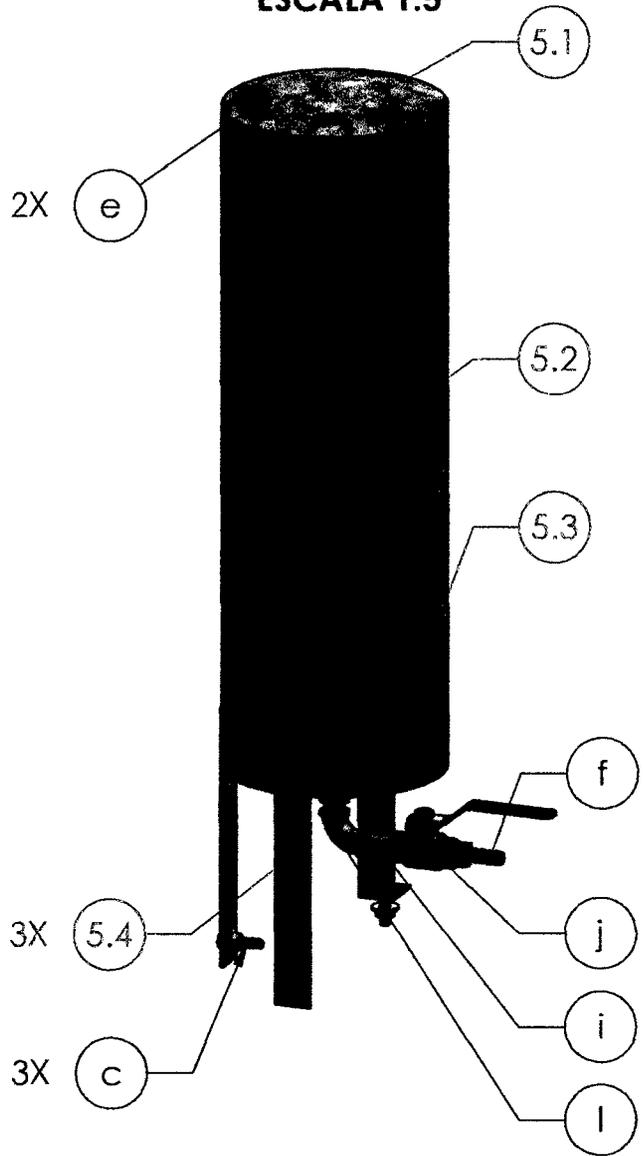
VISTA DE PLANTA
ESCALA 1:5



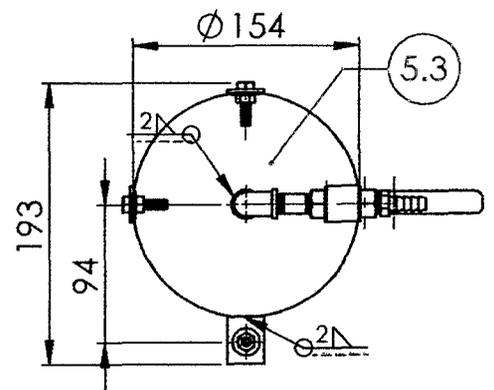
VISTA FRONTAL
ESCALA 1:5



VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA 1:5



SECCIÓN A-A
ESCALA 1:5



NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN: 0

TÍTULO:

TANQUE RECEPTOR DE SOLVENTE PURO

N.º DE DIBUJO

05-00-UEAEP-2015-REV 0

A4

ESCALA: 1:5

HOJA 1 DE 2

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM

ACABADO SUPERFICIAL:
LIMPIEZA MECÁNICA Y MANUAL

ACABADO:
BASE EPÓXICA Y RESINA ESMALTE.

PROCESO DE SOLDADURA:
SOLDADURA ELÉCTRICA SMAW

NOMBRE FIRMA FECHA MATERIAL:

FIERRO GALVANIZADO

BUJ. A.O.V.

ERIF. S.C.G.

PROB. A.O.V.

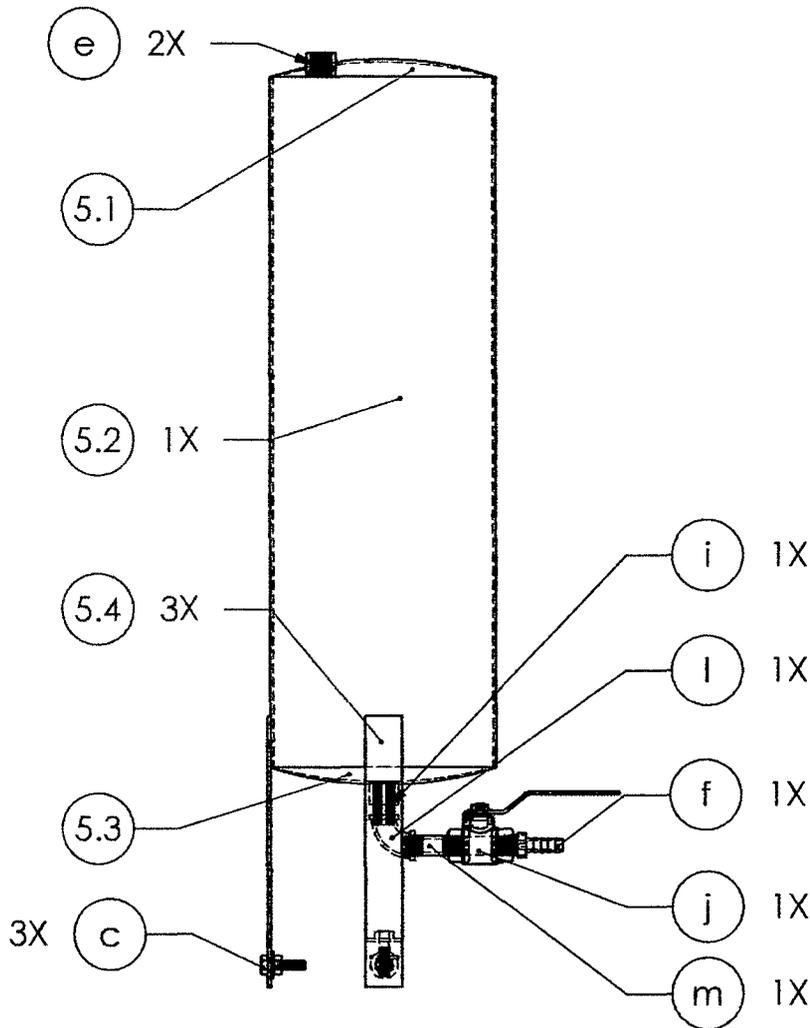
PESO:

TABLA GENERAL

ITEM	CANT.	UND.	MAT.	DESCRIPCIÓN
5.1	02	PZA	A-53	PL. 2mm X Ø154mm
5.2	01	PZA	GALV.	PL. 2mm X Øint. 150mm X 470mm.
5.3	03	PZA	GALV.	PL. 2mm X Ø154mm.
5.4	03	PZA	GALV.	PL 2mm X 25mm X 150mm.

ACCESORIOS

ITEM	CANT.	UND.	MAT.	DESCRIPCIÓN
c	03	PZA	GALV.	PER. HEX. Ø1/4" X 1", CON TUERCA Y A/P.
e	02	PZA	GALV.	UNIÓN SIMPLE Ø1/4" X 1"
f	01	PZA	BRONCE	NIPLE ESCAMADO DE Ø1/4", PARA MANGUERA 1/4"
i	01	PZA	GALV.	NIPLE Ø1/4" X 35mm, ROSCA EXTERIOR.
j	01	PZA	---	VA'LVULA DE BOLA Ø1/4", DE CIERRE RÁPIDO
l	01	PZA	GALV.	CODO Ø1/4" X 90°, ROSCA INTERIOR.
m	01	PZA	GALV.	NIPLE Ø1/4" X 2", ROSCA AMBOS LADOS.



NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN: 0

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:

ACABADO:

PROCESO DE SOLDADURA:
SOLDADURA ELÉCTRICA SMAW

TÍTULO:

**LISTS DE MATERIALES -TANQUE RECEPTOR
DE SOLVENTE PURO**

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
IBUJ.	A.O.V.		
ERIF.	S.C.G.		
PROB.	A.O.V.		

MATERIAL:
FIERRO GALVANIZADO

N.º DE DIBUJO

05-00-UEAEP-2015-REV 0

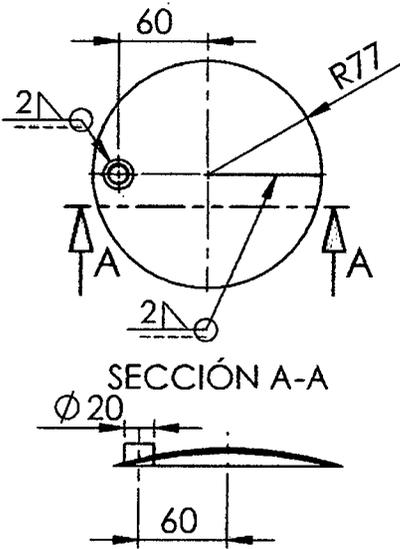
A4

PESO:

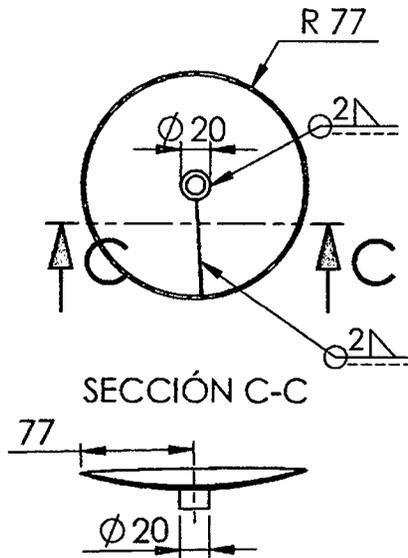
ESCALA:

HOJA 2 DE 2

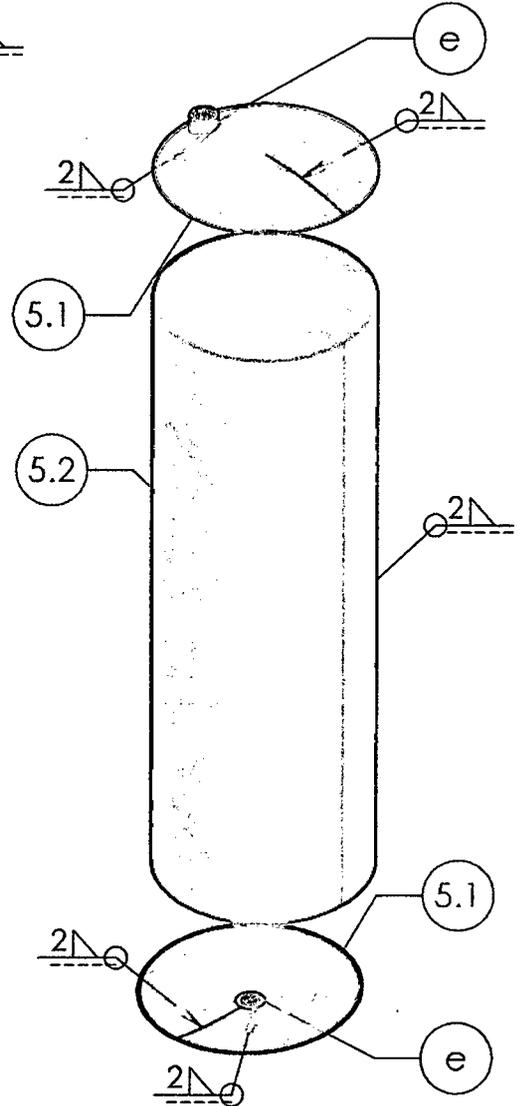
**DETALLE ITEM 5.1
ESCALA 1:5**



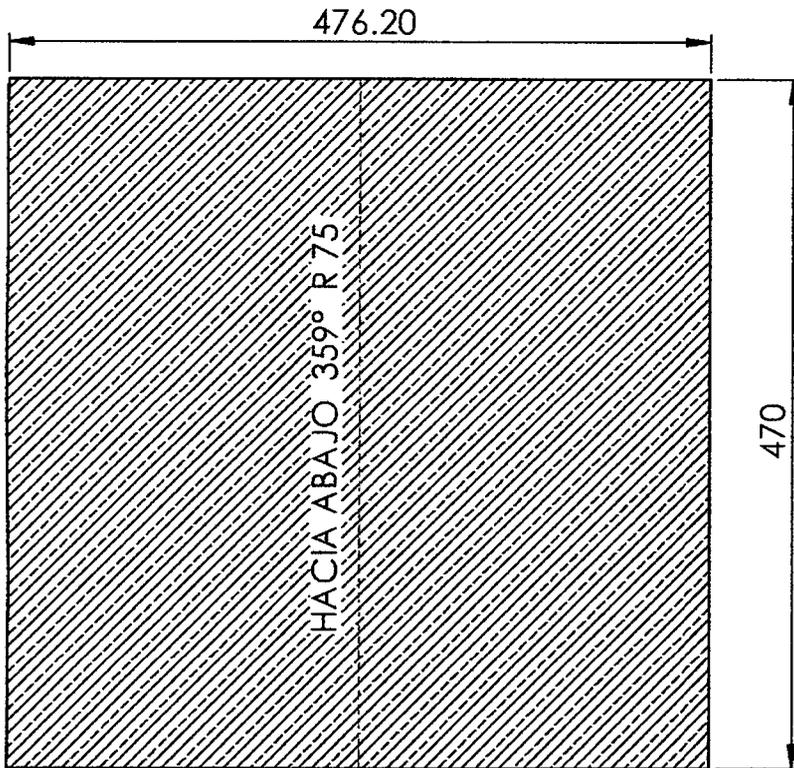
**DETALLE ITEM 5.3
ESCALA 1:5**



**VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA 1:5**



**DESARROLLO ITEM 5.2
ESCALA 1:5**



NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN
0

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM

ACABADO SUPERFICIAL:
LIMPIEZA MECÁNICA Y MANUAL

ACABADO:
BASE EPÓXICA Y RESINA ESMALTE

PROCESO DE SOLDADURA:
SOLDADURA ELÉCTRICA SMAW

TÍTULO:

CASCO-TK RECEPTOR DE SOLVENTE PURO

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
IBUJ.	A.O.V.		
ERIF.	S.C.G.		
PROB.	A.O.V.		

MATERIAL:
FIERRO GALVANIZADO

N.º DE DIBUJO

05-01-UEAEP-2015-REV 0

A4

PESO:

ESCALA:

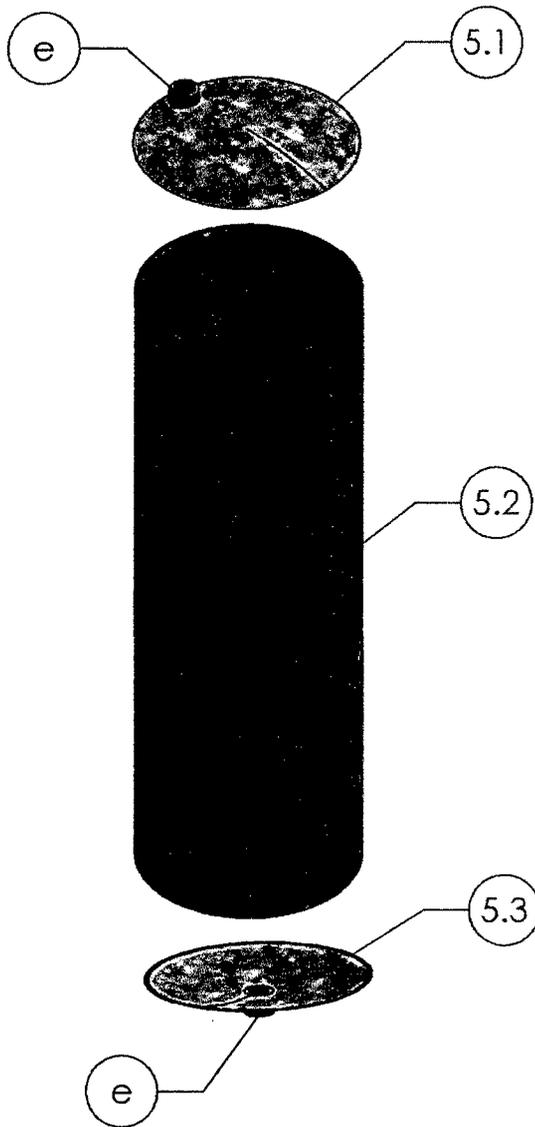
HOJA 1 DE 2

TABLA GENERAL

ITEM	CANT.	UND.	MAT.	DESCRIPCIÓN
5.1	02	PZA	A-53	PL. 2mm X Ø154mm
5.2	01	PZA	GALV.	PL. 2mm X Øint. 150mm X 470mm.
5.3	03	PZA	GALV.	PL. 2mm X Ø154mm.

TABLA DE ACCESORIOS

ITEM	CANT.	UND.	MAT.	DESCRIPCIÓN
e	02	PZA	GALV.	UNIÓN SIMPLE Ø1/4" X 1"



NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN: 0

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM

ACABADO SUPERFICIAL:
LIMPIEZA MECÁNICA Y MANUAL

ACABADO:

PROCESO DE SOLDADURA:

TÍTULO:

LISTA DE MATERIALES-TK PARA SOLVENTE PURO

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
BUJ.	A.O.V.		
ERIF.	S.C.G.		
PROB.	A.O.V.		

MATERIAL:
FIERRO GALVANIZADO

N.º DE DIBUJO

05-01-UEAEP-2015-REV 0

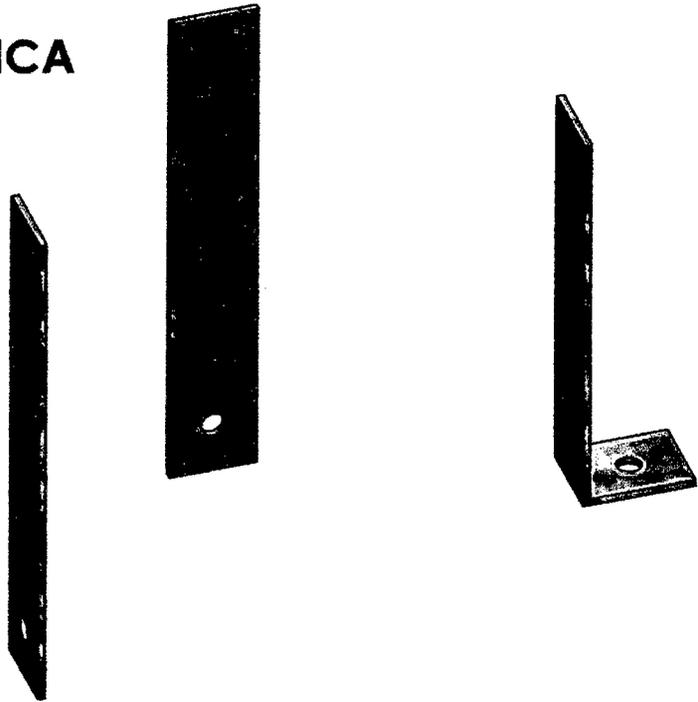
A4

PESO:

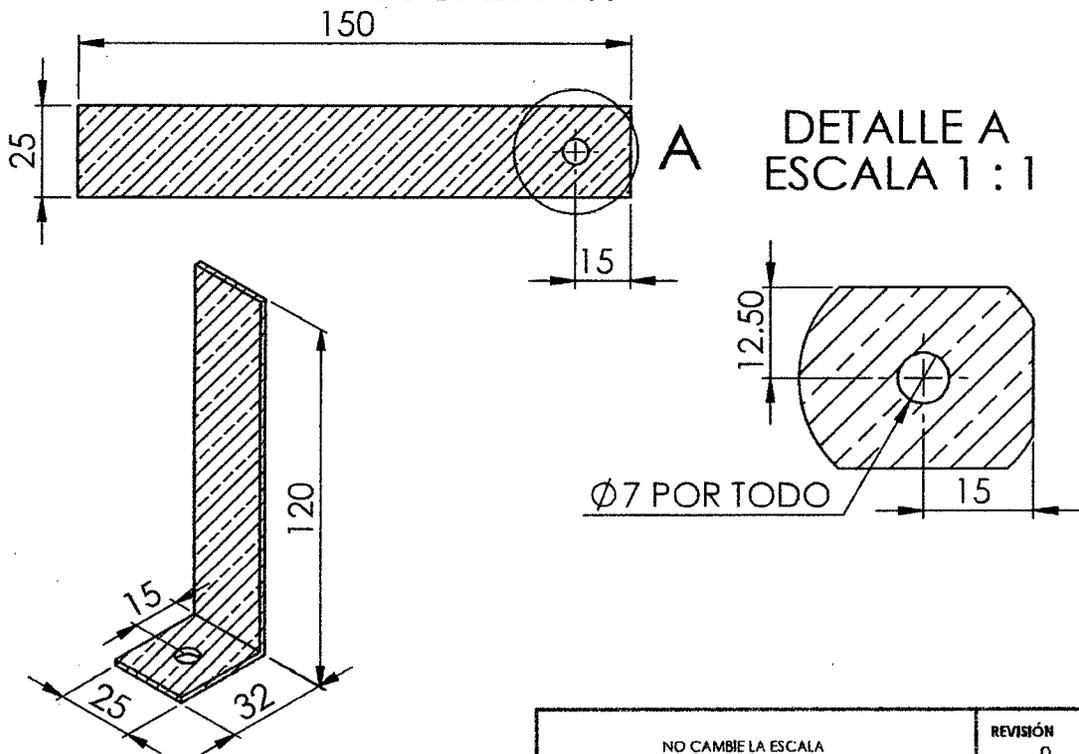
ESCALA:

HOJA 2 DE 2

**VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA 1:5**



**DETALLE DE SOPORTES
ESCALA 1:5**



**DETALLE A
ESCALA 1:1**

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: LIMPIEZA MECÁNICA Y MANUAL				ACABADO: BASE EPÓXICA Y RESINA ESMALTE		TÍTULO: BASE SOPORTE-TK DE SOLVENTE PURO	
				PROCESO DE SOLDADURA: SOLDADURA ELECTRICA SMAW		N.º DE DIBUJO 05-02-UEAEP-2015-REV 0	
MATERIAL: FIERRO GALVANIZADO				ESCALA: 		HOJA 1 DE 1	
BUJ.	NOMBRE A.O.V.	FIRMA	FECHA	PESO:	REVISIÓN 0		
ERIF.	S.C.G.			NO CAMBIE LA ESCALA			
PROB.	A.O.V.			REVISIÓN 0			



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERA AGROINDUSTRIAL

I. DATOS GENERALES (PRE GRADO)

1.1 UNIVERSIDAD:

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

1.2 ESCUELA O CARRERA PROFESIONAL:

INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

1.3 TITULO DE TRABAJO:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITE EN SEMILLAS OLEAGINOSAS POR INUNDACIÓN DE SOLVENTE”

1.4 AREA DE INVESTIGACIÓN:

EXPERIMENTAL Y APLICADA

1.5 AUTORES:

DNI: 44795188 Bach. CRUZ GUILLEN SAMUEL JHERSON

DNI: 43686161 Bach. ORO VIDAL ALFREDO ANTHONY

1.6 TITULO PROFESINAL AL QUE CONDUCE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

1.7 AÑO DE APROBACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN:

2015



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERA AGROINDUSTRIAL

II. CONTENIDO DEL RESUMEN

2.1 PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

2.1.1 Objetivo de la Investigación:

El estudio determinará la factibilidad de diseñar y construir un prototipo para la extracción aceite en semillas oleaginosas por inundación de solvente, que cumpla con las condiciones de operar de forma discontinua, que utilice hexano como solvente y con una capacidad de carga de 500gr. de.

2.1.2 Formulación del Problema:

¿Es factible diseñar y construir un prototipo para la extracción aceite en semillas oleaginosas por inundación de solvente, que cumpla con las condiciones de operar de forma discontinua, que utilice hexano como solvente y con una capacidad de carga de 500gr. de muestra?

2.2 OBJETIVOS

2.2.1 Objetivo General:

- Diseñar y construir un prototipo para la extracción de aceite de semillas oleaginosas por inundación de solvente, que cumpla con las condiciones de operar de forma discontinua, que utilice hexano como solvente y con una capacidad de carga de 500gr. de muestra.



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERA AGROINDUSTRIAL

2.2.2 Objetivos Especificos:

- Evaluar la factibilidad de diseñar y construir un prototipo para la extracción de aceite de semillas oleaginosas por inundación de solvente.
- Realizar la extracción de aceite a partir de 500gr de semillas de castaña (*Bertholletia excelsa*) y soya (*Glycine max*) respectivamente.
- Determinar la inversión necesaria en nuevos soles para la construcción del prototipo.
- Determinar el porcentaje de recuperación de solvente del prototipo.

2.3 HIPÓTESIS

Si es factible diseñar y construir un prototipo para la extracción de aceite en semillas oleaginosas por inundación de solvente, que cumpla con las condiciones de operar de forma discontinua, que utilice hexano como solvente y con una capacidad de carga de 500gr. de muestra..

2.4 MARCO TEÓRICO

MATERIA PRIMA

a. Castaña (*Bertholletia excelsa*)

El árbol de castaña (*Bertholletia excelsa*), es un árbol nativo originario de la cuenca amazónica extendiéndose entre Bolivia, Brasil, Perú, Colombia, Venezuela y Guyana, siendo los tres primeros países mencionados los más importantes exportadores. (Augstburger et al., 2000).

La castaña (*Bertholletia excelsa*) pertenece a la familia de las lecitidáceas.

El árbol alcanza hasta 50m de altura. La castaña crece en frutos redondos y



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERA AGROINDUSTRIAL

duros que pueden pesar hasta 2-3 kilogramos. Los frutos contienen un promedio de 12-24 semillas (castaña), siendo recolectados al inicio de la temporada de lluvias después de caer a tierra. El fruto de la castaña posee una cáscara leñosa y bastante dura, puede contener de 15 a 24 semillas, cuyo tamaño varía entre 4 y 7 centímetros. En Madre de Dios hay, por lo menos 1,200,000 ha de bosques tropicales en donde se encuentran árboles de castaña con una densidad de 1 hasta 13 árboles de castaña por ha. La recolección de este fruto representa la tercera fuente de ingresos en la región después del oro y la madera (Peña, 2010).

Dentro de los usos de la castaña figura en primer lugar su consumo en estado fresco, como insumo en la industria de chocolates, rellenos, panadería, harina, pastelería y confitería. La castaña de segunda y tercera calidad, se usa principalmente para la elaboración de aceite comestible y jabones a nivel de pequeños módulos productivos artesanales (Sotero et al., 2011).

El aceite obtenido de las semillas es rico en grasas no saturadas, que tienen tendencia a reducir el nivel de colesterol en la sangre. Posee un alto nivel de omega 6 y vitamina E, es ideal para ser consumido en ensaladas y con pescados. Tiene un sabor fino y suavemente dulce. Las calorías son las mismas que se encuentran en cualquier otro aceite, la ventaja yace en que la composición nutricional privilegiada de esta castaña tiene un alto tenor de proteína, una buena proporción de fibras, alto índice de ácido grasos de



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERA AGROINDUSTRIAL

origen vegetal y una óptima concentración de minerales esenciales
(Instituto Boliviano de Comercio Exterior, 2009).

b. Trigo Soya (*Glycine max*)

La soya es una importante semilla perteneciente a la familia de las leguminosas, existen tres especies principales: *Glycine ussuriensis* en estado natural, *Glycine max* cultivada y *Glycine gracilis* intermedia. Siendo *Glycine max* la más desarrollada en todo el mundo. Las diferentes variedades de soya son generalmente similares en estructura, sin embargo varían significativamente en color. La semilla de soya tiene dos partes principales: la cubierta y el cotiledón. La cubierta es distinta con una marcada abertura y el embrión muestra los rasgos principales de la leguminosa, que son dos cotiledóneos abultados **(Salunkhe et. al 1992).**

El aceite de soya es un producto importante de la industria procesadora de soya. La mayoría de la cosecha de soya es procesada en aceites y harinas a través de un proceso de extracción con solventes. Dicho proceso consiste principalmente de tres pasos: 1) preparación de la soya, 2) extracción del aceite y 3) extracción del solvente **(Erickson, 1990).**

EXTRACCIÓN DE ACEITE

Los procesos de extracción de aceite vegetal son generalmente llevados a cabo mediante los métodos de prensado y por solvente. El calentamiento de las semillas se realiza con el objeto de tomar las membranas celulares más



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

permeables al paso de las grasas. Esta fase aumenta el rendimiento de la extracción si la humedad de las semillas oscila en un rango adecuado **(Brossard et al., 2010)**.

Se distinguen dos tipos de extracción:

- **Extracción de aceite por presión:** La presión de semillas oleaginosas se realiza hoy día casi exclusivamente mediante prensas continuas llamadas normalmente expellers.
- **Extracción de aceite por solvente:** La extracción del aceite de una semilla oleaginosa por medio de solvente es un procedimiento que se usa en la casi totalidad de las plantas que trabajan estos productos. Se ha verificado que la mayor parte del aceite fácilmente extraíble proviene de las células que se rompen durante los procesos de trituración, cocción, presión o laminado, mientras que la fracción, más difícil de extraer proviene de las células enteras o rotas parcialmente **(Bernardini, 1986)**.

Se pueden distinguir dos procesos de extracción: El aceite obtenido de las células rotas (extracción por solución) y el aceite que se extrae de las células enteras (extracción por difusión). A parte del coeficiente de difusión, otros importantes factores tienen influencia en el complejo proceso de extracción, tales como: Tiempo de extracción, cantidad de solvente, temperatura del solvente y tipo de solvente **(Bernardini, 1986)**.



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERA AGROINDUSTRIAL

HEXANO

El hexano es un líquido incoloro con un olor parecido al del petróleo. Es menos denso que el agua e insoluble en ella, sus vapores son más densos que el aire. Se obtiene del petróleo, por destilación de fracciones de las que se obtienen gasolinas o a través de reformados catalíticos, por medio de los que se obtienen compuestos aromáticos. La mayor parte del N-hexano usado en la industria se mezcla con sustancias químicas similares llamadas solventes. El uso principal de los solventes que contienen N-hexano es en la extracción de aceites vegetales (Grasso, F.V. 2013).

INTERCAMBIO DE CALOR

La transferencia de calor es la energía en tránsito debido a una diferencia de temperaturas en un cuerpo o entre cuerpos diferentes. Siempre que exista una diferencia de temperaturas, la energía se transfiere de la región de mayor temperatura a la de menor temperatura. Para proceder a realizar un análisis completo de la transferencia del calor es necesario considerar tres mecanismos diferentes: conducción, convección y radiación (Kern, 1999).

- **Transmisión de calor por conducción:** es el único mecanismo de transmisión de calor posible en los medios sólidos opacos, cuando en estos cuerpos existe un gradiente de temperatura. El calor se trasmite de la región de mayor temperatura a la de menor temperatura, debido al movimiento cinético o el impacto directo de las moléculas como en el caso de los fluidos



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERA AGROINDUSTRIAL

en reposo o por el arrastre de los electrones como sucede en los metales **(Kern, 1999)**.

- **Transmisión de calor por Convección:** Cuando un fluido a una temperatura (T_F) se pone en contacto con un sólido cuya superficie de contacto está a una temperatura distinta (T_S), al proceso de intercambio de energía térmica se denomina convección. Puede ser convección libre o convección forzada.
- **Transmisión de calor por Radiación Térmica:** Mientras que la conducción y la convección térmica tienen lugar sólo a través de un medio natural, la radiación térmica puede transportar el calor a través de un fluido o del vacío, en forma de ondas electromagnéticas o fotones como resultado de los cambios en las configuraciones electrónicas de los átomos o moléculas, estos se propagan a la velocidad de la luz **(Holman, 1999)**.

DISEÑO DE EQUIPOS

El diseño en ingeniería, propone la generación y evaluación sistemática e inteligente de especificaciones para artefactos cuya forma y función alcanzan los objetivos establecidos y satisfacen las restricciones especificadas **(Dym et. al, 2002)**.



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

2.5 CONCLUSIONES

- Se diseñó y construyó un prototipo para la extracción de aceite de semillas oleaginosas por inundación de solvente, que cumple con las condiciones de operar de forma discontinua, que utilice hexano como solvente y con una capacidad de carga de 500gr. de muestra.
- Se comprobó la factibilidad de poder diseñar y construir un prototipo para la extracción de aceite de semillas oleaginosas por inundación de solvente.
- Con el prototipo construido, se realizó la extracción de 340ml de aceite de castaña y 90ml de aceite de soya, a partir de 500gr de muestra respectivamente.
- En la selección del material, se determinó que para un prototipo a escala piloto, el acero galvanizado cumple con las consideraciones propuestas.
- Se determinó que, el prototipo para la extracción de aceite de semillas oleaginosas por inundación de solvente, tiene una recuperación de hexano entre el 90-94.2 por ciento.
- Para diseñar, construir y hacer la puesta en marcha, del prototipo para la extracción de aceite de semillas oleaginosas por inundación de solvente, se realizó una inversión de S/. 2,002.50.
- Al prototipo se procedió a denominar Unidad de Extracción de Aceite Escala Piloto.
- El diseño permite la presencia de anomalías durante el proceso: Obstrucción de los conductos por los finos de las semillas.



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERA AGROINDUSTRIAL

2.6 RECOMENDACIONES

- Mejorar el sistema de cerrado de los recipientes, ya que el uso de pernería retrasa el proceso de extracción.
- Colocar aislante a los recipientes donde exista calentamiento para el proceso de extracción de aceite, tales como Cámara de Extracción (UEAEP-01), Destilador de Miscela (UEAEP-03) y Desolventizador de Torta Desgrasada (UEAEP-04).
- Instalar un variador de frecuencia al sistema de agitación de la cámara de extracción (UEAEP-01), con la finalidad de poder realizar estudios en la extracción de aceite variando la velocidad de agitación.
- En próximos estudios, realizar más pruebas o corridas variando los parámetros de operación (tiempo, velocidad de agitación y temperatura), con la finalidad de optimizar el proceso de extracción de aceite en el prototipo.
- Realizar pruebas o corridas con diferentes solventes, con el fin de buscar alternativas al uso del hexano en el proceso de extracción de aceite.



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERA AGROINDUSTRIAL

2.7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACESCO. Manual Técnico del Acero Galvanizado. [En línea] Colombia, 2000. [Fecha de consulta: 15 de Abril de 2015]. URL disponible en: www.acesco.com/downloads/manual/M-Galvanizado.pdf
- Augstburger F.; Berger, J.; Censkowsky, U.; Heid, P.; Milz, J. et al. Agricultura Orgánica en el tropic y subtrópico. En: Guía de 18 cultivos. 1era Edición. Alemania, 2000.
- Bailey, A. E. Aceites y Grasas Industriales. 1ra ed., Editorial Reverté. España, 1984.
- Baltazar Vela, O. Estudio etnobotánico y de mercado de productos forestales no maderables extraídos del bosque y áreas afines en la ciudad de Pucallpa-Perú. [Tesis de Grado]. Pucallpa, Perú: Universidad Nacional de Ucayali, 2011.
- Bernardini E. Tecnología de Aceite y Grasas. Alhambra Universidad. Madrid, 1986.
- Brossard Gonzáles, C.; Ferrari, R.A.; Pighinelli, A.L.; Park, K.J. Evaluación preliminar del etanol anhidro como solvente en la extracción de aceite de semillas de jatrofa (*Jatropha curcas* L.). Sao Paulo, Brasil. Grasas y Aceites. 2010; 61 (3): 295-302.
- Cao, E. Transferencia de Calor en Ingeniería de Procesos. 1ra ed., Eduardo Cao. Argentina, 2004.
- Cross, N. Development in design methodology. John Wily y Son. Londres, 1984.
- Dym, C.; and Little, P. El proceso de diseño en Ingeniería. Cómo desarrollar soluciones efectivas. Limusa-Wiley. México, 2002.
- Erickson, D.R. Formulación de shortening y margarinas con aceite de soja utilizando un programa de bases hidrogenadas en stock. Alimentación, Equipos y Tecnología. IX (5). 1990



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

- Grasso, F.V. Diseño del proceso: Pretratamiento enzimático para extracción de aceites vegetales en un extractor de columna. [Tesis de Grado]. Argentina: Universidad Nacional de la Plata, 2013.
- Holman, J.P. Transferencia de Calor. 10° Edición, McGraw Hill Book Company, México, 1999.

<http://ibce.org.bo/>
- Incropera, F.D.; Witt, D.P. de. Fundamentos de transferencia de calor. 4° Edición, Prentice Hall, México 1999.
- Instituto Boliviano de Comercio Exterior. Informe de mercado potencial: Castaña en el Reino Unido. [En línea]. La Paz, 2009. [Fecha de consulta: 15 de Enero de 2015]. URL disponible en:
- Kern, D. Q. Procesos de transferencia de calor. 13° ed, McGraw Hill Book Company, Mexico, 1999.
- M.L. de Souza; H.C. Menezes. Processamentos de amêndoa e torta de castanha-do-brasile farinha de mandioca: Parâmetros de qualidade. Ciênc. Tecnol. Aliment., vol.24, no.1, p.120-128.
- Peña, P. La Castaña y la Shiringa en Madre de Dios: Análisis del marco legal y propuestas participativas para su mejora-Cuaderno de Investigación N°3. Sociedad Peruana de Derecho Ambiental., Perú, 2010.
- Pryde, E.H. Composition of soybean oil. In Handbook of soy oil processing and utilization. Erikson, D.R.; Pryde, E.H.; Brekke, O.L.; Mounts, T.L. and Falb, R.A. 5ta ed. American Soybean Association and American Oil Chemists Society, 1990.



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERA AGROINDUSTRIAL

- Recinos Mendoza, G.A. Evaluación del rendimiento de concretos obtenidos en la secuencia extractiva por lixiviación mediante técnica Soxhlet con tres solventes (Hexano, etanol y agua) a partir de frutos de Arrayán (*Myrica cerifera L.*) recolectado de los bosques naturales del área Nor-Central de Guatemala. [Tesis de Grado]. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2004.
- Salunkhe, D.K.; Chavan, J.K., Adsule, R.N. y Kadam, S.S. World oilseeds: Chemistry, technology and utilization. New York: Van Nostrand. Reinhold. 1992.
- Salvat Editores. Enciclopedia Salvat. Salvat ed. Barcelona, 1997.
- Sotero, V.; Silva, L.; Merino Zegarra, C.; Maco, M.; Dávila, E.; Ramirez, W.; García, D. Evaluación de la actividad antioxidante de seis frutales amazónicos: Anona, castaña, chope, huasaí, huito y uvilla. Folia Amazonica. 20(1-2): 59-66, 2011.
- Suh, N.P. The principles of design. Oxford series on advanced of manufacturing. Oxford University Press. New York, 1990.