

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE ACEITES A BASE
DE PLANTAS, MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN EQUIPO DE
DESTILACIÓN ASISTIDO POR MICROONDAS, EN EL LABORATORIO DE
MICROBIOLOGIA DE INVESTIGACION DE LA UNIVERSIDAD DE SUCRE.**

JOSE LEONARDO BOHÓRQUEZ CUELLO

**UNIVERSIDAD DE SUCRE
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA TECNOLOGIA EN ELECTRONICA
SINCELEJO-SUCRE**

2014

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE ACEITES A BASE
DE PLANTAS, MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN EQUIPO DE
DESTILACIÓN ASISTIDO POR MICROONDAS, EN EL LABORATORIO DE
MICROBIOLOGIA DE INVESTIGACION DE LA UNIVERSIDAD DE SUCRE.**

JOSE LEONARDO BOHÓRQUEZ CUELLO

Trabajo de grado previo a la obtención del título de tecnólogo en electrónica, en la modalidad de proyecto de optimización/innovación/mejora de equipos o procesos.

DIRECTOR: TULIO CESAR BOHÓRQUEZ ASSIA

**TECNICO, TECNOLOGO E INGENIERO ESPECIALISTA EN ELECTRONICA
INDUSTRIAL**

UNIVERSIDAD DE SUCRE

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA TECNOLOGIA EN ELECTRONICA

SINCELEJO-SUCRE

2014

Nota de aceptación

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

El diseño construcción y producción en masa de este equipo obedecen directamente a sus creadores.

DEDICATORIA

Dedico este logro en primera instancia, a DIOS por haberme dado de su maravillosa presencia y haberme hecho partícipe de sus hermosas bendiciones; Por poner en mi camino personas que han sido de ayuda para poder avanzar a cada instante de mi vida y por haberme dado la sabiduría, la capacidad y la manera para alcanzar cada meta propuesta, como lo dicen las escrituras, “El caballo se alista para el día de la batalla; Mas EL SEÑOR es el que da la victoria” (Proverbios 21:31).

A mis padres Luis Rafael Bohórquez Pérez y Elvira Isabel Cuello Sierra por sus grandes esfuerzos, apoyo, paciencia y entrega en cada etapa de todos los proyectos que he llevado a cabo en mi vida. Por brindarme su ayuda innegable, su amor incondicional y estar allí cuando más lo he necesitado.

AGRADECIMIENTOS

Al director de este trabajo de grado, Tulio Cesar Bohórquez Assia, por brindar su apoyo, tiempo, conocimientos e intervenir en cada etapa de la realización este proyecto.

A los ingenieros y docentes que compartieron sus conocimientos y brindaron respuesta a los interrogantes que tuve en mi formación académica.

A los ingenieros Boris medina salgado y Jorge cotes por compartir sus conocimientos, experiencias y brindarme su amistad y apoyo en el área de la automatización y control.

A mis padres, Luis Rafael Bohórquez Pérez y Elvira Isabel Cuello Sierra, por brindarme su apoyo total en mis estudios.

Al director del centro de laboratorio Sr Ricardo Pérez Cardoso.

A mi hermana Paola Córdoba Rosenow, por ser una ayuda incondicional no sólo en la realización de este proyecto, sino también en muchas etapas de mi vida.

CONTENIDO

	pág.
RESUMEN.....	15
GLOSARIO.....	16
ABSTRACT.....	20
GLOSSARY.....	21
INTRODUCCIÓN.....	24
1. OBJETIVOS.....	26
2. MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	27
2.1. HISTÓRICO.....	27
2.2. SÍNTESIS.....	46
2.3. HIPOTÉTICO.....	47
2.4. OBSERVACIÓN.....	48
2.5. REVISIÓN DOCUMENTAL.....	49
3.RESULTADO Y ANALISIS.....	59
4. CONCLUSIONES.....	69
5. RECOMENDACIONES.....	70
6. EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA.....	71
BIBLIOGRAFÍA.....	74
ANEXOS.....	76
MANUAL DE OPERACIONES.....	114

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Presupuesto.....	71
Tabla 2. Materiales e insumos.....	72
Tabla 3. Medidas de tubos para corte y posterior unión.....	61
Tabla 4. Bomba periférica.....	49
Tabla 5. Horno microondas Samsung mod. AME9114ST.....	50
Tabla 6. Tubos cuadrados de 1 ½.....	50
Tabla 7 . Tope para tubo cuadrado.....	51
Tabla 8. Clavija con polo tierra.....	52
Tabla 9 Lámparas tipo led de 8 mm.....	52
Tabla 10. Breaker bipolar.....	53
Tabla 11. Caja de distribución de tres polos.....	54
Tabla 12 .Cable encauchetado # 10 y # 12 de 3 hilos.....	54
Tabla 13. Canaletas para mecanismos color gris.....	55
Tabla 14. Laminas metálicas de separación.....	56
Tabla 15. Prensa estopas.....	56
Tabla 16. Timer LE4S.....	57
Tabla 17. Contactor tripolar CHINT NC11210.....	58
Tabla 18. Laminas metálicas perforadas.....	58

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo N°1. (Dimensiones de la bomba periférica).....	76
Anexo N°2. (Características constructivas de la bomba periférica).....	77
Anexo N°3 (Figura 10: Dimensiones en la parte externa).....	77
Anexo N°4. (Figura 11: dimensiones del soporte del microondas y la bomba periférica).....	78
Anexo N°5. (Figura 12: dimensiones del módulo en la parte lateral).....	79
Anexo N°6. (Figura 13: dimensiones del módulo en la parte frontal).....	80
Anexo N°7. (Vidriería de destilación).....	81
Anexo N°8 (soldada de los primeros tubos)	82
Anexo N°9 (soldada de los cuatro tubos laterales).....	82
Anexo N°10 (unión de los tubos del chasis principal).....	83
Anexo N° 11(base metálica principal)	83
Anexo N°12 (proceso de soldada de tubos)	84
Anexo N°13 (proceso de soldada de tubos)	84
Anexo N°14 (pulido de irregularidades en la soldadura).....	85
Anexo N°15 (chasis en su primera etapa).....	85
Anexo N° 16 (presentación del horno microondas metálica).....	86
Anexo N°17 (vista trasera de la bomba periférica en la cercha metálica).....	87
Anexo N°18 (vista frontal de la bomba periférica en la cercha metálica).....	87
Anexo N°19 (ubicación de la varilla para el soporte de los vidrios).....	88
Anexo N°20 (soldada de tubos para fijar la varilla para el soporte de los vidrios)	89

Anexo N°21 (vista frontal de soldada de tubos para fijar la varilla encargada del soporte de los vidrios)	89
Anexo N°22 (soldada de la varilla para el soporte de los vidrios).....	90
Anexo N°23 (soldada de la varilla para el soporte de los vidrios).....	90
Anexo N°24 (varilla soldada en su lugar)	91
Anexo N°25 (suministro de anticorrosivo)	91
Anexo N° 26 (suministro completo)	91
Anexo N°27 (pintada en proceso)	92
Anexo N°28 (pintada completa)	92
Anexo N°29 (pinza de soporte universal)	92
Anexo N°30 (pinza pintada)	92
Anexo N°31 (moldes de separacion en cartulina)	93
Anexo N°32 (separadores metalicos instalados).....	94
Anexo N°33 (separador y base metálica en zinc).....	94
Anexo N°34 (lámina metálica perforada).....	95
Anexo N°35 (vista de vidrio atravesando la lámina).....	95
Anexo N°36 (canaleta para mecanismos instalados).....	96
Anexo N°37 (distribución de cables por canaletas ranuradas).....	96
Anexo N°38 (panel microondas).....	97
Anexo N°39 (circuito microondas).....	97
Anexo N°40 (táctil de horno microondas).....	97
Anexo N°41 (horno microondas modificado).....	97
Anexo N°42 (táctil de microondas en el panel de control).....	98
Anexo N°43 (circuito de microondas en el panel de control).....	98
Anexo N°44 (prolongación de cables del microondas).....	99

Anexo N°45 (distribución de cables conductores del sistema de control).....	100
Anexo N°46 (aplicación de soldadura y termo incogible en Prolongación de cables del microondas).....	100
Anexo N°47 (relay averiado y cambiado).....	101
Anexo N°48 (aceite extraído de la planta de destilación asistida por microondas).....	101
Anexo N°49 (chasis del panel de control pintado).....	102
Anexo N°50 (componentes electrónicos instalados en el panel de control).....	102
Anexo N°51 (chasis en acrílico para protección del lazo de control).....	103
Anexo N°52 (ubicación de vidriería en la parte inferior de la planta de destilación).....	103
Anexo N°53 (vista lateral del montaje de la vidriería de la planta de destilación).....	104
Anexo N°54 (vista trasera del montaje de la vidriería de la planta de destilación).....	105
Anexo N°55 (vista frontal de la planta de destilación asistida por microondas).....	106
Anexo N°56 (laminas del criostato)	107
Anexo N°57 (marcación de perforaciones en la lámina).....	107
Anexo N°58 (perforación de las láminas).....	108
Anexo N°59 (lamina perforada y lijada).....	108
Anexo N°60 (lamina pintada y ubicada en el criostato).....	109
Anexo N°61 (fijación de manguera al criostato a través de una prensa estopa).....	109
Anexo N°62 (material vegetal en balón de fondo redondo).....	110
Anexo N°63 (aceite vegetal e hidrosoles)	110
Anexo N°64 (aceite vegetal extraído)	111

Anexo N°65 (aceite en tubo eppendorf).....	111
Anexo N°66 (extracción de hidrosoles con micropipeta).....	112
Anexo N°67 (peso del aceite más el tubo eppendorf para calcular la Cantidad de aceite obtenido).....	112
Anexo N°68 (aceite vegetal extraído de la planta de destilación asistida por microondas).....	113

RESUMEN

En la Universidad de Sucre sede Puerta Roja por causa de la existencia de la gran necesidad que tienen los estudiantes, docentes e investigadores en áreas como la biología, microbiología, química entre otros; por realizar sus trabajos usando como materia prima los aceites a base de plantas. Se procede a construir un equipo electrónico automático que maneje los parámetros concernientes al proceso de fabricación de los mismos, empleando la hidrodestilación la cual es un método usado para extraer por medio de arrastres de vapor los componentes aceitosos contenidos en las plantas.

Por causa de esto y la escasa posibilidad de obtención de la misma principalmente por los altos costos económicos y la incapacidad de producirla, ya que no existe un equipo dentro de las instalaciones que cumpla con las condiciones necesarias para elaborarlo de una manera pura, segura, económica, rápida y constante; se optó por implementar y optimizar el proceso de hidrodestilación, el cual es ejecutado dentro de este proyecto que cuenta con todo lo necesario para la automatización del mismo.

A continuación se mostrará de manera detallada la construcción y el funcionamiento de la planta de destilación asistida por microondas, la cual contribuye directamente a la innovación de las herramientas y equipos de la universidad, necesarios dentro de sus laboratorios para la elaboración de productos, la prestación de servicios, y la realización de actividades, dando lugar a la solución de dicha problemática.

GLOSARIO

ANTICORROSIVO: Es un tipo de pintura formulada con un pigmento como el cinc cromado, plomo o cromo acompañado de un adhesivo químico resistente a la humedad que sirve para proteger las superficies metálicas de un proceso de degradación llamado corrosión.

AUTOMATISMO: Funcionamiento de un sistema, proceso o mecanismo por sí mismo sin agentes exteriores.

BREAKER: Dispositivos que permiten el paso constante de la corriente eléctrica hasta que ésta supera el valor máximo permitido. Cuando aquello sucede, entonces el breaker, inmediatamente cortará el paso de la corriente eléctrica a fin de evitar algún tipo de accidente; protegiendo los aparatos eléctricos de "quemarse" o estropearse. Ellos tienen una ventaja comparándolos con los fusibles ya que estos pueden ser restaurados manualmente en lugar de tener que ser reemplazados.

CONTACTOR: Es un aparato mecánico de conexión y desconexión eléctrica, accionado por cualquier forma de energía menos manual capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes en condiciones normales del circuito, incluso las de sobrecarga. La energía utilizada para accionar un contactor puede ser muy diversa: mecánica, magnética, neumática, fluídrica, etc. Los contactores que se usan normalmente en la industria son accionados mediante la energía magnética proporcionada por una bobina.

DIFUSIVIDAD: Es una propiedad específica de cada material para caracterizar conducción de calor en condiciones no estacionarias. Éste valor describe cuán rápido un material reacciona a un cambio de temperatura.

ELECTRÓNICA: Es la rama de la física y especialización de la ingeniería, que estudia y emplea sistemas cuyo funcionamiento se basa en la conducción y el control del flujo de los electrones u otras partículas cargadas eléctricamente.

FASE ELÉCTRICA: Es una línea en la cual se aplica una tensión (E) (vivo y se mide en voltio V). Por la cual corre una corriente (I) (intensidad y se mide en amper A).

FLUJO: Acción y efecto en la que un líquido o gas viajan a través de un medio.

FRECUENCIA: Es una medida que se utiliza generalmente para indicar el número de repeticiones de cualquier fenómeno o suceso periódico en la unidad de tiempo.

IONIZACIÓN : Es el fenómeno químico o físico mediante el cual se producen iones, estos son átomos o moléculas cargadas eléctricamente debido al exceso o falta de electrones respecto a un átomo o molécula neutra.

LAZO DE CONTROL: Es el conjunto de dispositivos conectados entre sí capaces de realizar un sistema de control automático.

MAGNETRÓN: Es un dispositivo que transforma la energía eléctrica en energía electromagnética en forma de microonda.

MEZCLA: Es un sistema material formado por dos o más componentes mezclados, pero no combinados químicamente. En una mezcla no ocurre una reacción química y cada uno de sus componentes mantiene su identidad y propiedades químicas. No obstante, algunas mezclas pueden ser reactivas, es decir, que sus componentes pueden reaccionar entre sí en determinadas condiciones ambientales, como una mezcla aire-combustible en un motor de combustión interna.

MEZCLAS HOMOGÉNEAS: Es aquella en la que la composición es la misma en toda la muestra.

MICROONDAS: Se denomina microondas a las ondas electromagnéticas definidas en un rango de frecuencias determinado; generalmente de entre 300 MHz y 300 GHz, que supone un período de oscilación de 3 ns (3×10^{-9} s) a 3 ps (3×10^{-12} s) y una longitud de onda en el rango de 1 m a 1 mm.

NEUTRO: Es el que Sirve como conductor de retorno de la corriente que circula por los circuitos monofásicos.

PRESION: Magnitud física que mide la fuerza por unidad de superficie, sirve para caracterizar como se aplica una determinada fuerza resultante sobre una superficie.

POTENCIA ELÉCTRICA: Potencia es la velocidad a la que se consume la energía. Si la energía fuese un líquido, la potencia sería los litros por segundo que vierte el depósito que lo contiene. La potencia se mide en joule por segundo (J/seg) y se representa con la letra "P". Un J/seg equivale a 1 watt (W), por tanto, cuando se consume 1 joule de potencia en un segundo, estamos gastando o consumiendo 1 watt de energía eléctrica. La unidad de medida de la potencia eléctrica "P" es el "watt", y se representa con la letra "W".

PUESTA A TIERRA: Es una conexión que se emplea en las instalaciones eléctricas para llevar a tierra cualquier derivación indebida de la corriente eléctrica a los elementos que puedan estar en contacto con los usuarios (carcasas, aislamientos,...) de aparatos de uso normal, por un fallo del aislamiento de los conductores activos, evitando el paso de corriente al posible usuario.

TEMPORIZADOR: Es un aparato electrónico mediante el cual, podemos regular la conexión o desconexión de un circuito eléctrico pasado un tiempo desde que se le dio dicha orden. El temporizador es un tipo de relé auxiliar, con la diferencia sobre estos, que sus contactos no cambian de posición instantáneamente.

VOLATIL: Sustancia que se transforma fácilmente en vapor o en gas cuando está expuesta al aire.

ABSTRACT

Due the strong need that have many students, professors, and researchers to do their works using herbal oils as raw material, it is proceeded to build an electronic equipment that manages the parameters related to the process of production of them, employing hydrodistillation that is a method which is used to extract through steam stripping, the oily components of plants.

Due the previously exposed and the little chance of obtaining the herbal oils mainly for the high economic costs and the inability to produce it, since there is no an equipment in the university that meets the necessary conditions to make it in a pure, sure, economic, rapid and constant way, it was opted to implement and improve the process of hydrodistillation which is executed in this project that counts with all the necessary for the automation of the same.

Then, it is exposed in a detailed way the construction and the operation of the microwaves assisted distillation plant, which directly contributes with the innovation of the tools and equipment of the university needed in their laboratories for the elaboration of products, and servicing in order to solve the previously said problematic.

GLOSSARY

ANTICORROSIVE: is a type of paint formulated with a pigment such as zinc chrome, lead or chromium together with a moisture resistant which serves to protect the metal surfaces from a corrosion degradation process called chemical adhesive.

AUTOMATION: Operation of a system, process or mechanism by itself without external agents.

BREAKER: devices that allow the constant passage of electric current until it exceeds the maximum allowed value. When that happens, then the breaker immediately cut the flow of electric current to avoid any kind of accident, protecting electric "burn" or damaged. They have an advantage compared with the fuses as these can be restored manually rather than having to be replaced.

CONTACTOR: A mechanical device connecting and disconnecting electric, powered by any form of energy, less manual, capable of making, carrying and breaking currents under normal circuit conditions, including overhead. The energy used to power a contactor can be very diverse: mechanical, magnetic, pneumatic, fluídrica, etc.. The contactares normally used in the industry are driven by the energy provided by a magnetic coil.

DIFFUSIVITY: is a specific property of each material to characterize heat conduction in non-stationary conditions. This value describes how fast a material reacts to a change in temperature.

ELECTRONICS: The branch of physics and engineering expertise, which studies and uses systems whose operation is based on driving and controlling the flow of electrons or other electrically charged particles.

ELECTRICAL PHASE: is a line in which a voltage is applied E (Live and is measured in volts V). By which runs a current I (intensity and is measured in ampere A).

FLOW: Action and effect in which a liquid or gas traveling through a medium.

FREQUENCY: This is a measure that is generally used to indicate the number of repetitions of any phenomenon or occurrence newspaper in unit time.

IONIZATION: the chemical or physical phenomenon whereby ions are produced, these are electrically charged atoms or molecules due to excess or lack of electrons relative to a neutral atom or molecule.

CONTROL LOOP: Is the set of interconnected devices capable of performing an automatic control.

MAGNETRON: A device that converts electrical energy into electromagnetic energy in the form of microwaves.

MIXING: A material system consisting of two or more components mixed, but not combined chemically. In a mixture not a chemical reaction occurs and each of its components retains its identity and chemical properties. However, some mixtures can be reactive, ie, its components can react with each other under certain environmental conditions, such as air-fuel mixture in an internal combustion engine.

HOMOGENEOUS MIXTURES: This is one in which the composition is the same throughout the sample.

MICROWAVE: Microwave electromagnetic waves defined in a certain frequency range is called; typically between 300 MHz and 300 GHz, which is a period of oscillation of 3 ns (3×10^{-9} s) to 3 ps (3×10^{-12} s) and a wavelength in the range of 1 m to 1 mm .

NEUTRAL: Is that serves as the return conductor current in single-phase circuits.

PRESSURE: physical quantity that measures the force per unit area, is used to characterize as a given resultant force is applied on a surface.

ELECTRIC POWER: Power is the rate at which energy is consumed. If energy were a liquid, the power would liters per second pouring tank containing it. Power is measured in joules per second (J / sec) and is represented by the letter "P". A J / s is equal to 1 watt (W), so when one joule of power is consumed in a second, we are spending or consuming 1 watt of electricity. The unit of measurement of electrical power "P" is the "watt", and is represented by the letter "W".

GROUNDING: A connection that is used in electrical installations for carrying earth improper derivation of the electric current to the elements that may come into contact with users (housings, insulation, ...) normal use of appliances by a failure of the active conductors insulation, preventing the flow of current to the potential user.

TIMER: It is an electronic device through which we can regulate the connection or disconnection of a circuit past a while since I was given the order. The timer is a type of auxiliary relay, with the difference on these, your contacts do not change position instantly.

VOLATILE: substance which is easily transformed into steam or gas when exposed to air.

INTRODUCCIÓN

Los aceites esenciales son fracciones líquidas volátiles. Generalmente son mezclas homogéneas de hasta 100 compuestos químicos orgánicos. Bajo condiciones de temperatura ambiental, son líquidos poco densos pero con mayor viscosidad que el agua.

Las nuevas tecnologías usadas para el mejoramiento en los procesos tanto en laboratorios, empresas e industrias en general; se llevan a cabo con la implementación de la automatización electrónica en dichos campos debido a que esta ha sido la fuente de todos aquellos avances proporcionando beneficios para el ser humano tales como seguridad, comodidad, rapidez, economía, mejoramiento de calidad de vida entre otros.

Cada día podemos observar continuos avances en casi todos los campos, todo esto debido al impacto directo que ha tenido la electrónica sobre cada uno de estos. En este caso el método usado para la obtención de aceites es la hidrodestilación, la cual en este proyecto, con base a los conocimientos adquiridos en la carrera tecnología en electrónica, se automatizó. Este sistema trabaja aplicando radiación de microondas como fuente de calor sobre las muestras (plantas), las cuales desprenden vapores sufriendo posteriormente un proceso de condensación gracias al suministro de agua fría hacia un condensador, lo cual culmina con la obtención de las sustancias aceitosas (aceites esenciales).

Después de revisar diferentes vías para la producción de estas sustancias, se escogió este método, teniendo en cuenta factores tales como la rapidez, economía, simplicidad, seguridad y asequibilidad. A continuación se presentará el desarrollo de esta experiencia, que incluyó la construcción del sistema de control electrónico, su pilotaje y la capacitación del personal responsable de la operación del mismo. En este sentido, y teniendo en cuenta la necesidad de responder de manera proactiva ante las exigencias de los procesos mencionados anteriormente, a

continuación se presentará el desarrollo de este proyecto, cuyo propósito principal es el de contribuir a la actualización de las herramientas presentes en los laboratorios.

1. OBJETIVOS

1.1. GENERAL

- Optimizar el proceso de producción de aceite vegetal, en el laboratorio de microbiología de investigación de la Universidad de Sucre, mediante la implementación de un equipo electrónico que realice este proceso de forma automática.

1.2. ESPECÍFICOS

- Identificar las variables que intervienen en la producción del aceite vegetal para conocer cada uno de los procesos básicos que en él se efectúan, Realizando los respectivos diagramas de E.P.S (entrada, proceso y salida) de cada una de sus etapas.
- Implementar un equipo de destilación asistido por microondas que se encargue de extraer los aceites de las plantas mediante un sistema de control automatizado.
- Capacitar al personal del laboratorio de microbiología de investigación de la Universidad de Sucre mediante la entrega y explicación del manual del equipo productor de aceites vegetales.

2. MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 HISTÓRICO

De acuerdo a la historia documentada con respecto a los aceites esenciales se considera que empezó en el lejano oriente, siendo las bases tecnológicas del proceso inicialmente en Egipto, Persia y la India. Sin embargo, fue en occidente donde surgieron los primeros alcances de su completo desarrollo.¹

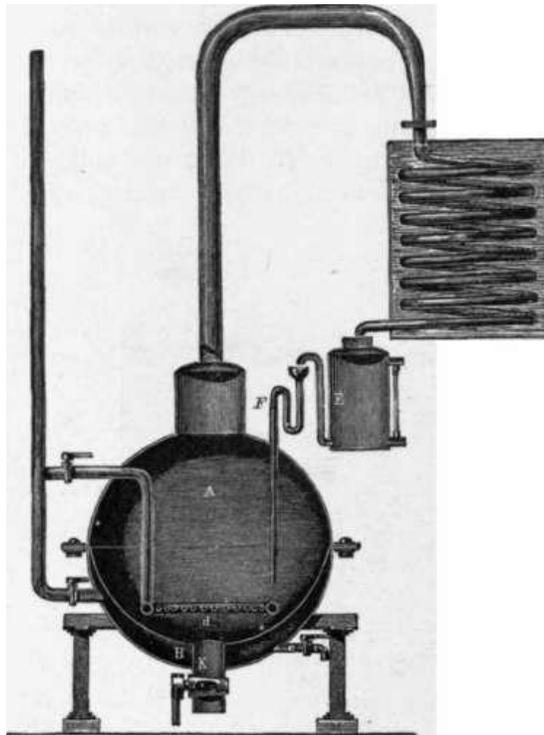
La primera descripción auténtica de la hidrodestilación de aceites esenciales reales ha sido realizada por Arnold de Villanova (1235-1311), quien introdujo “el arte de este proceso” en la terapia europea. Bombastus Paracelsus (1493-1541) estableció el concepto de la *Quinta Essentia*, es decir, la fracción extraíble más sublime y posible técnicamente de obtener de una planta y constituye la droga requerida para el uso farmacológico.

Existen evidencias de que la producción y el uso de los aceites esenciales no llegaron a ser generales hasta la mitad del siglo XVI. El físico Brunschwig (1450-1534) menciona sólo cuatro aceites esenciales conocidos durante esa época: el de trementina, el del enebro, el del romero y el del espliego (Günther, 1948).

En el siglo XIX la hidrodestilación se convirtió en un proceso industrial a gran escala con la llegada de la máquina de vapor y el uso de calderas de vapor para las industrias manufactureras (Figura 1). En este avance surgieron dos tipos de generadores: los de calor vivo, donde la caldera forma parte del mismo recipiente donde se procesa el material vegetal y trabaja a la temperatura de ebullición atmosférica; y las calderas de vapor, las cuales no forman parte del equipo y trabajan en un amplio rango de flujos y temperaturas para el vapor saturado.

¹ RODRÍGUEZ ÁLVAREZ Margarito, ALCARAZ MELÉNDEZ Lilia, REAL COSÍO Sergio Manuel, procedimientos para la extracción de aceites esenciales en plantas aromáticas .p.5.

Figura 1. Diagrama general de un sistema de hidrodestilación a nivel industrial.

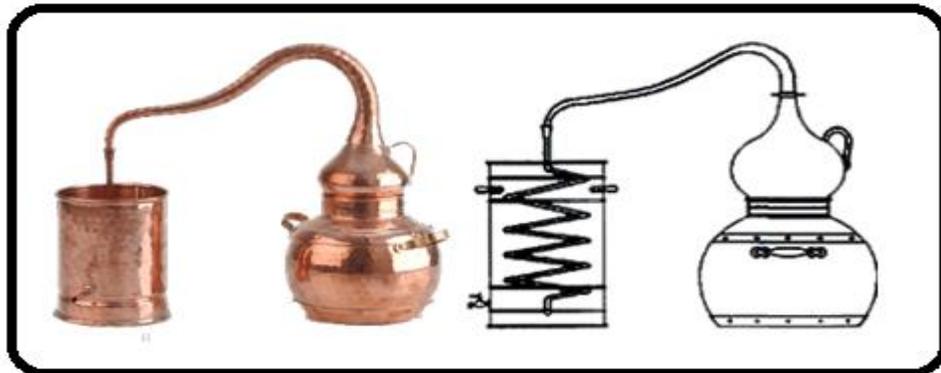


Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. <http://datateca.unad.edu.co/contenidos/401552/Capitulo4/42hidrodestilacin.html>.

Se afirma que la hidrodestilación industrial nació en el s. XIX y durante el s. XX, se buscó mejorar los diseños mecánicos de los alambiques (Figura 2) minimizar el alto consumo energético requerido y controlar adecuadamente el proceso (Günther, 1948; Al Di Cara, 1983; Heath and Reineccius, 1986)².

² Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, técnicas de extracción y concentración, tomo 4.p.3.

Figura 2. Método de destilación usando alambiques.



Margarito Rodríguez Álvarez, Lilia Alcaraz Meléndez, Sergio Manuel Real Cosío, procedimientos para la extracción de aceites esenciales en plantas aromáticas. <http://intranet.cibnor.mx/personal/bmurillo/docs/manual-aceites-esenciales.pdf> .

2.1.1 Clasificación de aceites esenciales.³ Los aceites esenciales se encuentran ampliamente distribuidos en diferentes partes de las plantas: en las hojas (eucalipto, hierbabuena, menta, salvia, etc.), en las raíces (jengibre, sándalo, sasafrás, etc.), en el pericarpio del fruto (cítricos como limón, mandarina, naranja, etc.), en las semillas (anís, comino, etc.), en el tallo (canela, etc.), en las flores (manzanilla, tomillo, rosa, etc.) o en los frutos (perejil, pimienta, etc.). Se clasifican basándose en criterios como consistencia y origen.

2.1.1.1 Clasificación por consistencia.

- Las esencias fluidas son líquidos volátiles a temperatura ambiente.
- Los bálsamos son de consistencia más espesa, poco volátiles y propensos a sufrir reacciones de polimerización, son ejemplos, el bálsamo de copaiba, el bálsamo del Perú, bálsamo de Tolú, Estoraque, etc.

³ RODRÍGUEZ ÁLVAREZ Margarito, ALCARAZ MELÉNDEZ Lilia, REAL COSÍO Sergio Manuel, procedimientos para la extracción de aceites esenciales en plantas aromáticas .p.7.

- Las oleorresinas tienen el aroma de las plantas en forma concentrada y son típicamente líquidos muy viscosos o sustancias semisólidas (caucho, gutapercha, chicle, oleorresina de paprika, de pimienta negra, de clavo, etc.).

2.1.1.2 Clasificación por su origen.⁴

- Los naturales se obtienen directamente de la planta y no sufren modificaciones físicas ni químicas posteriores. Debido a su rendimiento tan bajo son muy costosos.
- Los artificiales se obtienen a través de procesos de enriquecimiento de la misma esencia con uno o varios de sus componentes, por ejemplo, la mezcla de esencias de rosa, geranio y jazmín enriquecida con linalol.
- Los sintéticos como su nombre lo indica son los producidos por procesos de síntesis química. Estos son más económicos y por lo tanto son mucho más utilizados como aromatizantes y saborizantes.

2.1.2 Procesos de extracción.⁵ Los aceites esenciales se pueden extraer mediante diferentes métodos como: Extracción con fluidos supercríticos, extracción con solventes, enfleurage, extracción por métodos mecánicos, arrastre por vapor e hidrodestilación.

2.1.2.1 Extracción con fluidos supercríticos.⁶ Se puede definir como fluido supercrítico a una sustancia que se encuentra a condiciones de presión y temperatura más altas que su punto crítico. En esta región no existe una interacción entre fases sino solo existe una fase, que exhibe propiedades tanto de gas como de líquido. Una de las características más deseadas que exhiben los fluidos

⁴ Ibíd., p .8

⁵ Ibíd., p .8.

⁶ Ibíd., p .9.

supercríticos es su alto poder de solvatación, con lo cual puede interactuar con una gran cantidad de solutos, y como otras propiedades de estos; es fácilmente ajustable, cambiando ligeramente la temperatura y presión. Como en el caso de los gases, los fluidos supercríticos no tienen tensión superficial, con lo cual la transferencia de masa no se ve limitada por este. Todas estas propiedades hacen que los fluidos supercríticos sean firmes candidatos a remplazar a los solventes en distintas aplicaciones como extracción, medio de reacción o secado.

Este método de extracción tiene ventajas frente a otras técnicas gracias a la posibilidad de modificar las propiedades del fluido de modo casi ilimitado, con lo cual se puede focalizar en extraer una serie de compuestos sin afectar a los demás. Además después de realizar la extracción el fluido se descomprime, haciendo que las sustancias extraídas queden libres para su uso, sin necesidad de una posterior purificación y/o recuperación del solvente.

La principal limitación que poseen los procesos basados en fluidos supercríticos es el costo. Como las presiones a manejar son altas, los equipos involucrados deben tener la suficiente resistencia mecánica para poder soportar tales presiones y en caso de reacciones oxidativas en medio supercríticos, también es necesario que resistan un alto poder corrosivo que exhiben este tipo de reacciones.

- Ventajas: variedad de condiciones de operación, amplias posibilidades de uso
- Desventajas: alto costo en equipos.

2.1.2.2 Extracción con solventes.⁷ La primera industria en realizar extracciones con líquidos fue tal vez la metalúrgica. Al encontrarse los minerales en mezclas solidas con otros compuestos no deseables, el disolver y extraer el metal de interés para su posterior purificación se convirtió en una técnica habitual.

⁷ Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, técnicas de extracción y concentración, tomo 4.p.9.

Esta técnica también es ampliamente usada en la recuperación de materiales valiosos de matrices orgánicas, como por ejemplo el azúcar a partir de la caña. Después de ser puesta bajo presión para sacarle el jugo, el bagazo de la caña es lavado en varias ocasiones para arrastrar el jugo que aún se encuentra presente en este. Después tanto el jugo como los productos de lavado son mezclados para su posterior purificación y cristalización.

También se han extraído desde tiempos antiguos principios vegetales de raíces, tallos, hojas, flores y frutos, generalmente usando como agente extractor líquidos orgánicos. Un ejemplo de este es la extracción de cafeína a partir de café y de hojas de té.

Los pretratamientos físicos dados a los sólidos antes de la extracción pueden influir de manera considerable en el éxito de la operación. Generalmente el soluto de interés se encuentra rodeado de una matriz insoluble que dificulta o aun impide el contacto del solvente con el soluto. En el caso de la industria metalúrgica la molienda y posterior tamizado pueden ser pretratamientos óptimos para los sólidos.

En el caso de materiales de origen biológico, la acción de los solventes sobre estos materiales puede ser lo suficientemente fuerte para poder liberar el soluto de interés del interior de las células; bien a través de difusión a través de la membrana celular, o por ruptura producida por el choque osmótico con el solvente. Generalmente la molienda no es muy práctica para el pretratamiento de sólidos de origen biológico, debido a que los solutos de interés en esta clase de material se pueden encontrar en muy baja cantidad y en la molienda se puede perder parte.

Debido a que la difusividad aumenta con la temperatura del solvente, generalmente es deseable que la temperatura a la que se desarrolle el proceso sea lo más alto posible, pero como algunas sustancias biológicas pueden degradarse a tales temperaturas, no siempre es posible incrementar la temperatura.

2.1.2.3 Percolación en frío.⁸ Es una técnica poco común debido a su bajo índice de rendimiento, consiste en macerar el material a extraer con agua y colocarlo en un recipiente. Posteriormente se adiciona agua fría hasta sumergir completamente el material, se deja por 24 horas para que las sustancias solubles en agua alcancen el equilibrio con el líquido. Transcurrido el tiempo, se separa el líquido y se concentra a través de evaporación hasta una concentración deseada.

Este tipo de extracción tiene gran afinidad por los componentes hidrosolubles que están presentes en el material, pero la ausencia de calentamiento y/o agitación limita el nivel de extracción que se puede alcanzar, solo es recomendable cuando el soluto de interés sea altamente soluble en agua y pueda presentar degradación con la temperatura.

2.1.2.4 Extracción en caliente (decocción).⁹ Esta operación es similar a la anterior, pero se lleva a cabo con calentamiento del conjunto solvente-sólido. Generalmente se lleva en recipientes abiertos hechos de acero y con una relación altura/diámetro de 0.5. La calefacción puede ser dada por vapor a través de una chaqueta o serpentín interno o a través de resistencias eléctricas internas.

Este tipo de equipos tiene una malla interna o un fondo falso con agujeros que permite la separación del material de la fase líquida, además de una válvula en el fondo que permite recolectar el líquido. Generalmente se deja hervir la mezcla hasta que el solvente reduce su volumen a $\frac{3}{4}$ del volumen original. Posteriormente se extrae el líquido y pasa a la siguiente etapa de procesamiento, que generalmente es la concentración del extracto. Este proceso se lleva a cabo varias veces con solvente fresco para aumentar el porcentaje de recuperación de las sustancias de interés, este solvente generalmente proviene de la condensación del mismo en las

⁸ Ibíd., p .10.

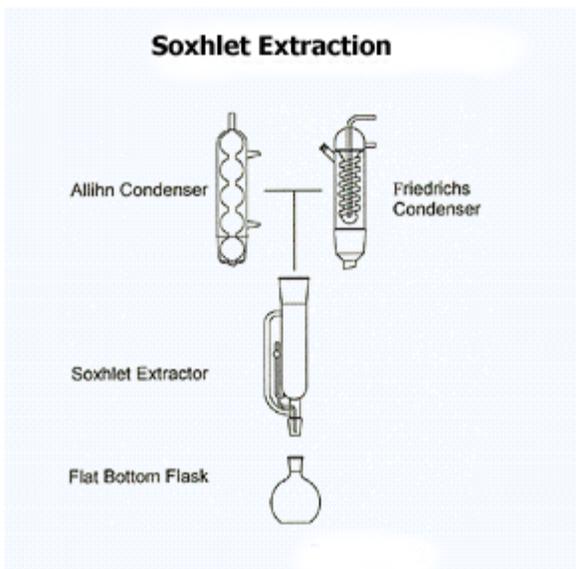
⁹ Ibíd., p .10.

etapas de concentración posteriores. Este tipo de proceso se conoce como extracción de una sola etapa.

A nivel laboratorio este proceso se puede simular, en el caso de una sola etapa, a través de un balón donde se coloca una muestra de masa conocida del material a extraer junto con el solvente. Si se desea simular una extracción de etapas múltiples se usa un extractor Soxhlet, desarrollado por el químico alemán Franz von Soxhlet en 1879.

En este tipo de extractores, la muestra se coloca en un dedal de celulosa, y se coloca en su interior, en la parte superior del extractor se coloca un condensador refrigerado, que puede ser Allihn o Friedrichs, usado para evitar la pérdida de solvente, y en la parte inferior del extractor se coloca un balón con solvente, el peso del balón vacío se debe de conocer de antemano pues es una técnica gravimétrica. La extracción comienza cuando se inicia el calentamiento del balón con el solvente, los vapores ascienden a través del cuerpo del extractor pero no tocan a la muestra, posteriormente se condensan en el condensador y caen sobre la muestra, llenando la cavidad del extractor. El extractor (Figura 3) tiene un sistema de sifón invertido que se va llenando a la par que lo hace la cavidad con la muestra, al llegar al máximo el sifón obliga a desocupar la cavidad de solvente, que cae de nuevo al balón en ebullición y se repite el proceso, por cada vez que se realiza el proceso de vaciado, es una etapa de separación con solvente fresco.

Figura 3. Extractor Soxhlet



Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, técnicas de extracción y concentración, tomo4. [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/401552 /Capitulo 4/452extraccin en caliente decoccion.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/401552/Capitulo4/452extraccin%20en%20caliente%20decoccion.html).

Después de terminar la operación, se procede a concentrar la muestra, bien sea destilando el solvente restante en el balón o por decantación se observan dos fases. Por último se pesa el conjunto balón-muestra y se halla la cantidad de producto de interés obtenido. Este procedimiento se ideó originalmente para determinar el contenido de grasa en alimentos, pero ha tenido múltiples adaptaciones y nuevas aplicaciones en distintos campos.

2.1.2.5 Enfleurage.¹⁰ El enfleurage es una técnica antigua para la extracción de aromas delicados, usada especialmente con pétalos de flores. El principio de enfleurage es que una grasa RBD (Refinada, Blanqueada y Desodorizada) se pone en contacto con material vegetal, generalmente fresco, y se deja en contacto por un

¹⁰ Ibíd., p .8.

determinado espacio de tiempo. Este tiempo depende del material usado y puede ir de unas cuantas horas a un par de días. Después de que se cumple tal tiempo, se remueve el material vegetal y se reemplaza con material fresco. Se repite la operación hasta que la grasa se encuentra saturada, posteriormente la grasa es tratada con algún solvente, en general alcohólicos, para separar el aceite. En la actualidad, esta técnica se emplea solo en la región de Grasse en Francia y en algunas partes de India. Es un proceso totalmente manual, y se lleva a cabo en el mismo lugar de recolección del material, para asegurar su máxima frescura. Un inconveniente que tiene es la calidad de la grasa a utilizar, antes se usaba grasa de cerdo que tenía que ser tratada químicamente para lograr unas propiedades óptimas para su uso en enfleurage, pero en la actualidad se usa otro tipo de grasas, en especial de origen vegetal. El tipo de proceso, los tiempos de procesamiento y los insumos hacen al enfleurage una técnica costosa para su uso a nivel industrial, además de la irregularidad en la calidad del producto que se puede presentar al ser un proceso netamente artesanal, pero aun así, despierta interés por la posibilidad de obtener sustancias que a través de técnicas más radicales pueden ser dañadas o no poder ser aisladas.

También existe una variante del enfleurage que permite reducir el tiempo de contacto, que consiste en sumergir el material en grasa caliente fundida alrededor de 45 a 60°C por espacio de 1 o 2 horas. Después de repetir el proceso con material fresco 10 a 20 veces, la grasa es extraída de manera similar al enfleurage tradicional.

2.1.2.6 Extracción por métodos mecánicos.

- **Extracción de aceites esenciales por expresión.**¹¹ La expresión o presión en frío, solo se usa en la extracción de aceites cítricos. En este proceso, las glándulas de aceite presentes en la cascara de los cítricos son sometidas a

¹¹ *Ibíd.*, p .5.

presión mecánica, siendo aplastadas, liberando el aceite esencial. Un método antiguo de extracción era el *spugna*, que consistía en partir la fruta por la mitad, posteriormente se despulpaba con la ayuda de un instrumento en forma de cuchara, llamado *rastrello*. El aceite era extraído bien presionando la piel contra una pieza de arcilla cocida llamada *concolina* que era colocada bajo una esponja natural o presionando la cascara junto con la esponja. Por último, la esponja humectada era exprimida para extraer el aceite.

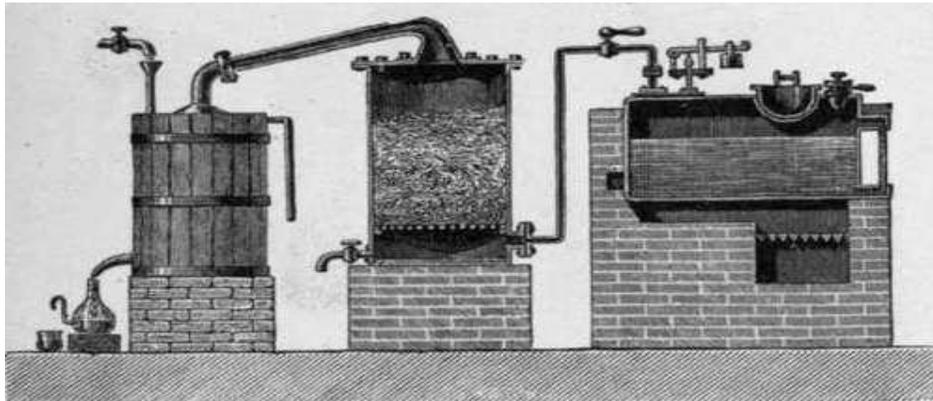
- **Proceso pelatrice.**¹² En el proceso *pelatrice*, las frutas cítricas son alimentadas desde una tolva a un cilindro abrasivo dentro de la máquina. Las frutas rotan contra el cilindro abrasivo a través de un tornillo de Arquímedes, siendo raspadas y liberando el aceite esencial. El tornillo transporta la fruta a otra tolva donde rodillos con puntas terminan de romper las glándulas de aceite. A través del proceso, el aceite es retirado del sólido rociando agua finamente pulverizada. La emulsión es recogida y pasa a un separador donde se remueven los sólidos y posteriormente pasa a separadores centrífugos para separar el aceite. Los rendimientos de extracción con este tipo de proceso son altos, además de poder ser acoplados en la producción de zumos de las mismas frutas, inclusive se han diseñado equipos que permite la extracción simultánea del aceite y del zumo.
- **Proceso sfumatrice.**¹³ El proceso *sfumatrice* consiste de una cadena o banda metálica que es halada por dos rodillos horizontales, las cascara son movidas por los rodillos y presionadas para liberar el aceite. Al igual que en el proceso *pelatrice*, el aceite es removido a través de agua finamente pulverizada, posteriormente el líquido se pasa a un decantador y por ultimo a separadores centrífugos. En la actualidad el proceso *pelatrice* es más popular que el *sfumatrice* debido a su alto rendimiento.

¹² *Ibíd.*, p .6.

¹³ *Ibíd.*, p .7.

- **Arrastre con vapor.**¹⁴ El agua es uno de los solventes por excelencia, y los primeros intentos para realizar extracciones se hicieron con este solvente. Uno de los primeros intentos de extraer la esencia de las plantas fue poner en contacto estas con agua caliente, pero la dificultad de separar después los materiales hizo que se buscasen nuevas alternativas. Posteriormente se ideó colocar las plantas en un recipiente superior para que el vapor formado en la parte inferior lo atravesase y posteriormente fuese condensado en un serpentín, así surgió el alambique para extracciones de aromas y esencias (Figura 4).

Figura 4. Diagrama general de destilación por arrastre con vapor



Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, técnicas de extracción y concentración, tomo 4. http://datateca.unad.edu.co/contenidos/401552/Capitulo_4/41arrastre_con_vapor.html.

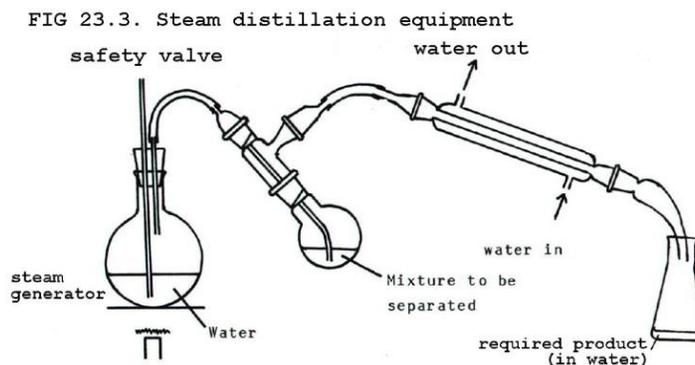
Con la revolución industrial, la necesidad de producir extractos en proporciones más grandes que los métodos artesanales pudieran alcanzar, hicieron que estos métodos fueran adaptados a la escala industrial con buenos resultados. Así que del alambique se pasó a un extractor donde se coloca el material vegetal y se pone en contacto con el vapor generado en un calderín anexo o una caldera, para después

¹⁴ Ibíd., p .1.

llevar ese vapor a un condensador, y recogido en un tanque de decantación, donde saldrían el aceite esencial y el agua por aparte.

La extracción funciona gracias a que, cuando el vapor entra en contacto con el material vegetal, hace que los compuestos aromáticos, que generalmente poseen un punto de ebullición más bajo que el agua, se vaporicen y sean arrastrados junto con el vapor hasta el condensador, donde se condensan junto con el vapor de agua. También la temperatura del vapor hace que las células y las estructuras vegetales se rompan y liberen más compuestos esenciales. Esta técnica funciona para extraer aceites esenciales en general, pero no para aislar un compuesto determinado. Además pueden encontrarse algunos compuestos que puedan degradarse con la temperatura del vapor. Así que a medida que la industria de los aceites esenciales su fue especializando, el arrastre con vapor ha sido dejado de lado a favor de tecnologías que funcionen a menor temperatura y pueda extraerse la mayor cantidad de compuestos esenciales (Figura 5).

Figura 5. Diagrama general de destilación por arrastre con vapor a escala laboratorio.



Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, técnicas de extracción y concentración, tomo 4. [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/401552/Capitulo 4/41arrastre con vapor.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/401552/Capitulo%204/41arrastre%20con%20vapor.html).

Es necesario anotar que en este proceso se obtienen en realidad dos productos, uno es el aceite esencial, que ha sido el de interés general por mucho tiempo, pero

la fase acuosa que se condensa y que muchas veces se recircula al calderín para reutilizar el agua, también puede contener sustancias odoríferas y de interés, a este producto se le conoce como hidrosol y existen algunos hidrosoles que son de interés en la industria de aromas, bien sea como ingrediente o como precursores de otras clases de productos.

Es necesario controlar la cantidad de vapor necesaria para realizar la extracción, ya que si se utiliza una cantidad muy grande, esta se condensara al final del proceso y puede generar que no se evidencie una separación física de fases, dificultando la posterior extracción del aceite esencial. Un método para subsanar este problema es la recirculación del agua al calderín o generador de vapor, pero si también se tiene interés en el hidrosol correspondiente, este puede verse degradado al ser expuesto a las temperaturas del calderín.

Si al montaje se le conecta una línea de operación al vacío, se puede realizar la operación de extracción a presiones de vacío, de manera similar a una destilación al vacío, permitiendo que el agua genere vapor a temperaturas menores a la temperatura normal de ebullición a las condiciones ambientales. Esto también permite proteger sustancias termolábiles que pueden ser de interés, pero a su vez aumenta el costo de la operación.

- Ventajas

- ✓ Fácil montaje y operación, bajo costo debido al uso de agua en lugar de solventes.
- ✓ La cantidad de vapor a utilizar en operaciones industriales se puede controlar fácilmente
- ✓ La temperatura de extracción siempre va a ser menor o igual que la temperatura de ebullición del agua a condiciones ambientales.

- ✓ Pueden obtenerse dos productos de la extracción, el aceite esencial y el hidrosol, cuya composición dependerá de la solubilidad de los compuestos en agua.

- Desventajas

- ✓ No todos los extractos se pueden obtener por medio de arrastre con vapor.
- ✓ Si el producto de interés es de bajo costo, el tiempo de amortización del capital necesario para el montaje a escala industrial puede ser muy largo
- ✓ No es una técnica de separación específica, se extrae toda sustancia volátil en el rango de temperatura de operación, esto puede incluir pesticidas o sustancias indeseadas
- ✓ No sirve para obtener todo tipo de sustancias (por ejemplo resinas).

- **La hidrodestilación.**¹⁵ En este método, el material a extraer está completamente sumergido en agua, la cual es calentada hasta ebullición, bien sea a través de fuego directo o a través de algún método de calefacción (chaquetas o serpentines de vapor o resistencias eléctricas). La característica principal de este proceso es el contacto directo entre el agua en ebullición y el material.

Es necesario mantener una agitación constante en este proceso, pues se puede generar acumulación de material sólido en el fondo y este degradarse térmicamente, lo que afectará la calidad del extracto obtenido. También es necesario determinar a través de ensayos de laboratorio si es necesaria la disminución del tamaño de partícula del material a trabajar, lo cual es una de las grandes ventajas de este proceso, ya que permite trabajar tamaños de partícula pequeños sin el inconveniente de la generación de caminos por los cuales, en el caso de la destilación con arrastre de vapor, se pueden generar si el material es muy fino. En este caso, el material se dispersa en el agua y se mantiene disperso

¹⁵ *Ibíd.*, p .3.

bien sea por agitación mecánica o por el mismo movimiento generado por la ebullición del agua.

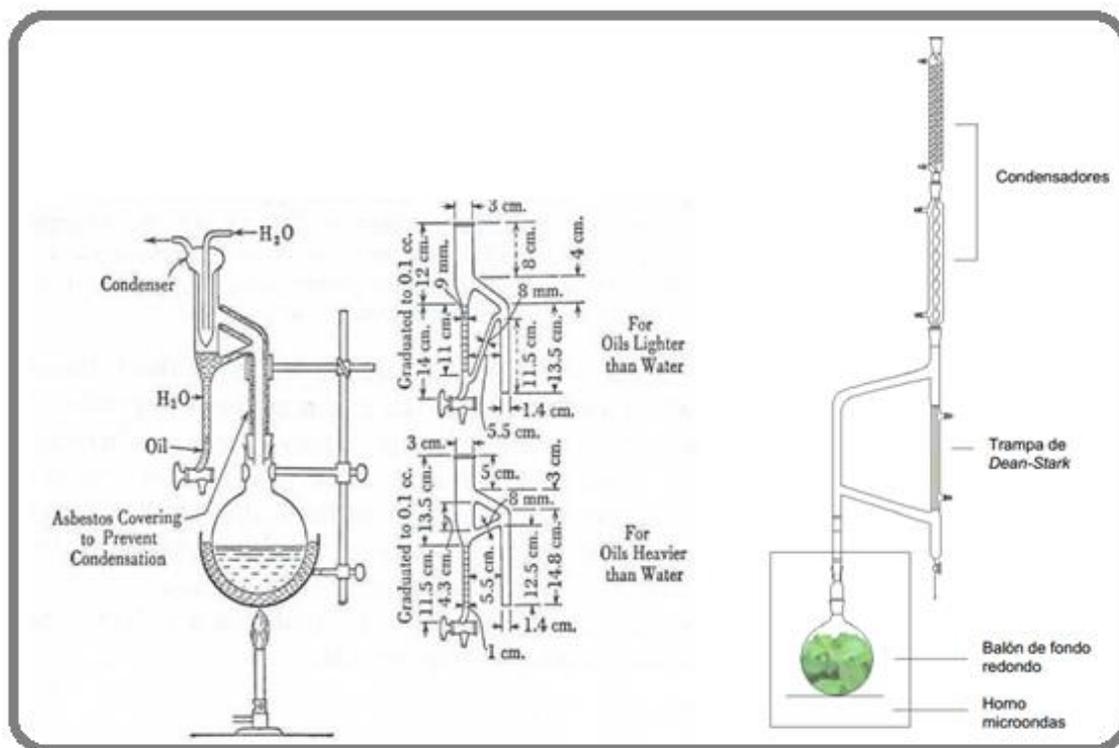
No se han realizado modificaciones significativas al proceso original y básico, por lo cual, las mayores modificaciones en los diseños han sido de carácter mecánico, buscando ese mayor contacto y que la materia prima sea calentada lo más rápidamente posible. El mayor inconveniente de este proceso es su condición de semi-continuo, las modificaciones industriales recientes han sido enfocadas a establecer un proceso continuo.

El más conocido es el equipo Clevenger (Günther, 1948) ¹⁶usado en muchos laboratorios y considerado en varios estándares internacionales como el más adecuado para la determinación del contenido total del aceite esencial de una planta aromática. Está compuesto de un matraz redondo o balón de vidrio, donde se deposita la materia prima molida y una cantidad conocida de agua pura. Se le calienta constantemente, el aceite esencial con el agua presente se evaporan continuamente. Un condensador va acoplado al matraz y una conexión en forma de D, permite acumular y separar el aceite esencial de la mezcla condensada.

Las ventajas de este equipo son su simplicidad y flexibilidad para trabajar con aceites de diferente densidad y naturaleza. Las desventajas radican en la incapacidad de usar los resultados obtenidos para un escalado, porque el material vegetal no forma un lecho fijo, sino está en contacto permanente con el agua; lo cual, no responde al tipo de hidrodestilación industrial empleado comúnmente. Además, el hecho de estar molido, genera que el aceite se encuentre disponible para su vaporización y “arrastre”, lo cual no ocurre a mayores escalas, en la (figura 6) se puede observar un Equipo Clevenger en vidrio Pyrex, el cual es implementado en este proyecto, ya que por su simplicidad y eficiencia permitió la realización de modificaciones que dieron lugar a la optimización del proceso ejecutado por el mismo.

¹⁶ RODRÍGUEZ ÁLVAREZ Margarito, ALCARAZ MELÉNDEZ Lilia, REAL COSÍO Sergio Manuel, procedimientos para la extracción de aceites esenciales en plantas aromáticas.p.15.

Figura 6. Equipo Clevenger en vidrio Pyrex



RODRÍGUEZ ÁLVAREZ Margarito, ALCARAZ MELÉNDEZ Lilia, REAL COSÍO Sergio Manuel, procedimientos para la extracción de aceites esenciales en plantas aromáticas. <http://intranet.cibnor.mx/personal/bmurillo/docs/manual-aceites-esenciales.pdf>

2.1.3 Historia y evolución del microondas. ¹⁷ Alrededor de 1946 el doctor Percy Spencer, ingeniero de la Raytheon Corporation, notó algo muy peculiar durante el curso de un proyecto de investigación relacionado con radares, Estaba probando un nuevo tubo al vacío llamado magnetrón cuando descubrió que una chocolatina que tenía en su bolsillo se había derretido. Intrigado y pensando que quizá la barra de chocolate había sido afectada casualmente por esas ondas, el doctor Spencer hizo un experimento. Esta vez colocó algunas semillas de maíz para hacer

¹⁷ evolución y transformación del microondas hacia el futuro <http://tecnologiaeinformatica.blogspot.com/> .p .1.

palomitas, cerca del tubo y, permaneciendo algo alejado, vio con una chispa de inventiva en sus ojos cómo el maíz se movía, se cocía e hinchaba y brincaba esparciéndose por todo el laboratorio.

El doctor Spencer diseñó una caja metálica con una abertura en la que introdujo energía en forma de microondas. Esta energía, dentro de la caja, no podía escapar y por lo tanto creaba un campo electromagnético de mayor densidad. Cuando se le colocaba alimento la temperatura del alimento aumentaba rápidamente. El doctor Spencer había inventado lo que iba a revolucionar la forma de cocinar y sentaba las bases de una industria multimillonaria: el horno de microondas.

Los ingenieros se dedicaron a trabajar en el invento del doctor Spencer, mejorándolo y modificándolo para un uso práctico. A finales de 1946, la Raytheon Company solicitó una patente para emplear las microondas en el cocimiento de los alimentos. Un horno que calentaba los alimentos mediante energía de microondas se instaló en un restaurante de Boston para hacer pruebas. En 1947, salió al mercado el primer horno comercial de microondas. Estas primeras unidades eran grandes y aparatosas, de 1,60 m de altura y 80 kg de peso. El magnetrón se enfriaba con agua, de modo que era necesario instalar una tubería especial. También, su precio era elevado, costaban alrededor de 5.000 dólares cada uno.

Hubo bastante resistencia contra estas unidades y no fueron aceptadas de inmediato. Las ventas iniciales eran desalentadoras. Sin embargo, las mejoras y refinamientos ulteriores produjeron un horno más fiable y liviano, menos caro y con un nuevo magnetrón enfriado por aire, se eliminó la necesidad de colocar tuberías. Finalmente el horno de microondas alcanzó un nivel de aceptación relativa, particularmente en el campo de la venta de alimentos rápidos.**2.1.3.1 Cómo funciona el horno microondas.**¹⁸ Un horno de microondas funciona haciendo pasar la radiación no ionizante de microondas, generalmente a una frecuencia de

¹⁸ *Ibíd.*, p. 1.

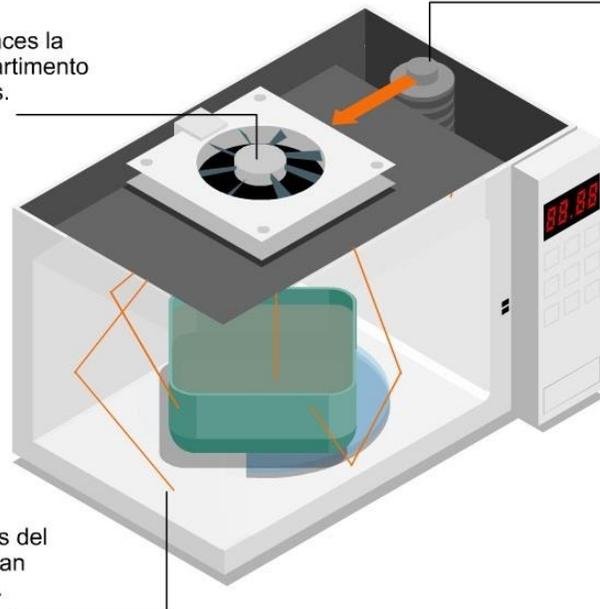
2,45 gigahercios (GHz) (con una longitud de onda de 122 milímetros) a través de la comida (Figura 7). La radiación de microondas está entre las frecuencias de radio común y de infrarrojos. El agua, grasas y otras sustancias presentes en los alimentos absorben la energía de las microondas en un proceso llamado calentamiento dieléctrico. Muchas moléculas (como las de agua) son dipolos eléctricos, lo que significa que tienen una carga positiva parcial en un extremo y una carga negativa parcial en el otro, y por tanto giran en su intento de alinearse con el campo eléctrico alterno de las microondas. Al rotar, las moléculas chocan con otras y las ponen en movimiento, dispersando así la energía. Esta energía, cuando se dispersa como vibración molecular en sólidos y líquidos (tanto como energía potencial y como energía cinética de los átomos), lo hace en forma de calor.

Figura 7. Funcionamiento general del horno microondas

Cómo funciona

Un ventilador divide en haces la onda y los envía al compartimento donde están los alimentos.

Un magnetrón genera microondas de 2450 MHz.



La paredes metálicas del compartimento reflejan las ondas irradiadas.

<http://losmejorestecnicosjunior.blogspot.com/2010/11/funcionamiento-y-partes-de-un-horno.html>.

2.1.3.2 Las microondas. Dentro de la gama de las ondas electromagnéticas, que incluyen desde las largas ondas de radio hasta los más cortos rayos X y Gamma,

pasando por la luz visible, están las microondas. Estas tienen una frecuencia que va desde poco menos de un gigaHertz (miles de millones de oscilaciones por segundo) hasta poco más de 10 gigaHertz. Son ondas que se miden en centímetros: típicamente, una onda de 3 gigaHertz tiene 10 cm. de longitud.¹⁹

Una característica de las microondas es que son absorbidas por el agua, las grasas y los azúcares. Al ser absorbidas hacen vibrar los átomos, y la vibración de los átomos produce calor. Otra característica importante es que no son absorbidas por el vidrio, la cerámica ni la mayoría de los plásticos, mientras que el metal las refleja. Estas características permiten que las sustancias que contienen agua, grasas o azúcares, o una combinación de estas sustancias, se calienten uniformemente al ser expuestas a las microondas.

2.2 SÍNTESIS

El proceso de hidrodestilación a lo largo de la historia ha venido presentando cambios en cuanto a los equipos que se encargan de este proceso físico, dichos cambios se ven reflejados en la parte mecánica, estructural y fuentes de calor (microondas) siendo el peldaño para la evolución de dicho método. En la actualidad este proceso se sigue usando y es de vital importancia como respaldo de investigaciones, proyectos y elaboración de productos por tanto su implementación es totalmente necesaria.

Los primeros métodos implementados para la extracción de los aceites fueron simples y poco eficientes, sin embargo los avances tecnológicos que han permitido la automatización de casi cualquier proceso, permiten la utilización de los métodos actuales y optimizarlos reduciendo el factor humano al aplicar un sistema de control autónomo que gobierne el proceso.

En la forma tradicional de calentamiento se usa un mechero para generar el vapor que se encarga de arrastrar los aceites contenidos en las plantas y así separarlos

¹⁹ *Ibíd.*, p .1.

de las mismas, calentando la sustancia en este caso agua destilada en la cual se encuentran sumergida las plantas. Al analizar el tiempo que tarda este método en llevar la sustancia al punto de ebullición se vio necesario el cambio de la fuente térmica. Para generar calor se requiere un consumo energético para poner en función un horno el cual calienta con el suministro de microondas el recipiente en la cual está contenida las plantas. Dando lugar a una mayor rapidez en todo el proceso puesto que con este sistema el material a tratar se calienta en un corto tiempo y la evaporación que un factor esencial en el proceso se presenta en aproximadamente 30 seg.

El consumo de agua para el enfriamiento y posterior condensación de los vapores que separan los aceites de las plantas es muy alto, puesto que existe una pérdida considerable de 20lt/min considerando que para obtener una cantidad considerable de aceite se necesitan 30 min hidrodestilando, por tanto al implementar estas mejoras, el proceso es optimizado. La cantidad de galones de agua que son usados y desperdiciados con la optimización de este proceso ya no son necesarios puesto que solo se utilizan aproximadamente 10 litros los cuales no son contaminados por ninguna sustancia permitiendo su reutilización.

2.3 HIPOTÉTICO

Con base al análisis realizado de los primeros métodos empleados para la hidrodestilación y los cambios realizados en la actualidad en este proyecto, podemos concluir que la mayoría son procesos que presentan deficiencias no solo por la necesidad de la presencia de un operario que monitoree el proceso para que el material no sea modificado con el exceso de temperatura, sino también por el alto tiempo empleado en el transcurso del calentamiento de la materia proveedora de aceite, los gastos de producción son mucho mayor por causa del alto consumo del agua la cual es esencial para condensar los vapores producidos en la máquina y así obtener esta sustancia y la posibilidad de obtener quemaduras en la piel por causa de los contenedores usados y la estructura en la cual opera todo este proceso. Por tal razón se vio la obligación de modificar partes del proceso y dirigir

todo mediante un lazo de control logrando superar los factores que hacían ineficiente y peligroso dicho proceso.

2.4 OBSERVACIÓN

Se observó la necesidad de hacer mejoras en cuanto a la estabilidad de la estructura en la cual se apoya el mecanismo de este proyecto, teniendo en cuenta la fragilidad de los componentes del mismo (vidriería). También se da lugar al cambio de la fuente de calor reemplazando un mechero por un horno microondas ya que el mechero no solo tarda más tiempo en calentar, sino que representa peligro para el usuario puesto que los aceites son inflamables y podrían causar un incendio sino se tienen las precauciones necesarias.

El condensador del equipo Clevenger requiere un flujo constante de agua por lo cual se implementó una bomba periférica de ½ HP para hacer recircular el agua por el mismo. Además al usarse solo 10 litros de agua para condensar constantemente los vapores desprendidos en el proceso, se observó que esta se calentaba; por lo cual se implementó un criostato para mantener el agua fría y así condensar eficientemente los aceites.

Al aplicar estos cambios se observó que el proceso, que es totalmente dependiente del factor térmico fue realizado en menos tiempo que el ejecutado usando el método de calentamiento tradicional. No hay pérdida de agua a la hora de operar la máquina ni contaminación del material. Se tiene un mejor control en el proceso, una alta precisión y seguridad para los operarios y un producto con las características apropiadas para su uso en diversos procesos.

2.5 REVISIÓN DOCUMENTAL

Tabla 4. Bomba periférica

	Marca: TOOLCRAFT
	Referencia: TC2666.
	Potencia: 373w- ½ hp
	Voltaje: 120v ac
	Frecuencia: 60 Hz
	Frecuencia de rotación: 3450 r/min

Propia del autor.

Para dar lugar a la condensación se requiere un cambio de temperatura en el vapor, en este caso el que contiene el aceite. Dicho cambio se origina al entrar este en contacto con un flujo de agua fría la cual permanece constante. Se utilizó la bomba presente en la tabla N°4 debido a su baja potencia (hp) puesto que el sistema hidráulico empleado requiere baja presión de fluidos debido a la fragilidad de los vidrios que hace imposible presiones mayores. Además usando esta bomba periférica se logra economizar una gran cantidad de galones de agua en cada proceso ya que no hay pérdida puesto que el agua que entra en el equipo es la misma que sale debido a que recircula por causa de la misma.

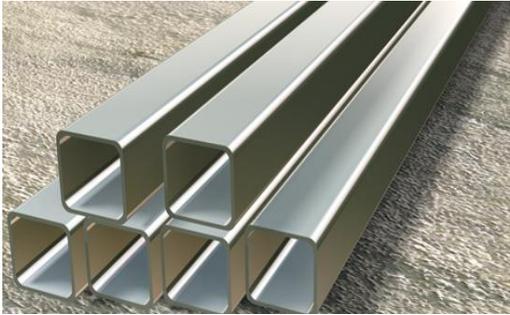
Tabla 5. Horno microondas Samsung mod. AME9114ST

	Características
	Marca: SAMSUNG
	Referencia: AME9114ST
	Potencia: 1.6kw
	Voltaje: 120v ac
	Amperaje: 13.3 A
	Frecuencia: 60 HZ

Propia del autor.

Para llevar los materiales que contienen el aceite vegetal al punto de ebullición sin la necesidad de emplear un mechero ni otra fuente de calor que use combustibles fósiles, debido a su buen tamaño, potencia, asequibilidad y eficiencia. Se empleó el microondas presente en la tabla N°5 debido a que a la hora de calentar los materiales solo tarda aproximadamente 30 segundos para llevarlos al punto de ebullición y así iniciar el proceso de destilación. Con este dispositivo electrónico se logra tener un control total del tiempo empleado en el calentamiento de forma automática. Por usar radiación de microondas en lugar de un mechero para calentar, los materiales no son contaminados ni quemados debido a un calentamiento rápido y uniforme.

Tabla 6. Tubos cuadrados de 1 ½

	Características
	Material: hierro
	Longitud: 6 mt

Propia del autor.

A la hora de trabajar con vidrios, equipos electrónicos, altas temperaturas y líquidos al mismo tiempo, la seguridad es indispensable. Se utilizó en este proyecto tubos cuadrados de hierro los cuales fueron soldados por un profesional teniendo en cuenta la precisión en los ángulos de cada unión dando un soporte totalmente seguro a cada componente de esta máquina, ver tabla N° 6. Este proyecto utiliza materiales de alto costo y fragilidad, como la vidriería que conforma el circuito hidráulico, la cual para este caso consta de 6 vidrios diferentes características, avaluados en aproximadamente \$ 3.500.000. En este orden de ideas, se optó por usar hierro debido a su resistencia, maleabilidad, y economía en relación a otros materiales y además es muy seguro, proporcionando la estabilidad que requiere cada componente.

Tabla 7 . Tope para tubo cuadrado

	Características:
	Marca: DVP
	Material: plástico negro

Propia del autor.

Para un buen acabado y estabilidad. Se utilizaron 8 topes plásticos para tubo cuadrado de 1 ½ como el presente en la tabla N°7, estos proporcionan una separación milimétrica entre la estructura y el suelo evitando que al ser movida la estructura se raye la pintura en la parte inferior evitando la aparición de la corrosión en esta, además permite un mayor agarre sin la posibilidad de deteriorar por causa de rayones la superficie sobre la cual este ubicada.

Tabla 8. Clavija con polo tierra

	Características
	Marca: CODELCA
	Referencia: 95646
	Voltaje: 250V
	Material: caucho - metal

Propia del autor.

Por lo general todo equipo eléctrico y electrónico consta de una clavija para obtener la electricidad de un tomacorriente. En este equipo se utilizó dos clavijas de tres terminales con polo a tierra con mango de caucho marca CODELCA (ver tabla N°8). Teniendo en cuenta el consumo energético y las características del mismo se optó por escoger este conector, para evitar choques eléctricos, picos de voltaje y corrientes de fuga que pueden perjudicar el correcto funcionamiento del equipo y de igual manera proteger la integridad del operario siendo necesaria la utilización del polo a tierra.

Tabla 9 Lámparas tipo led de 8 mm

	Características
	Referencia: cngad
	Voltaje: 110v – 220V
	Frecuencia: 60HZ

Propia del autor.

Para indicar los procesos durante el funcionamiento de la maquina se utilizaron 3 lámparas tipo led de 8 mm como luces pilotos como la presente en la tabla N°9 las cuales son de fácil instalación y bajo consumo energético. Estos permiten indicar que componentes eléctricos están siendo accionados y desactivados y si el sistema esta energizado o no. Además permiten tener un mayor control del proceso puesto que permiten identificar con facilidad que componentes en caso de una avería, son los que están en mal funcionamiento.

Tabla 10. Breaker bipolar

	Características
	Marca: SASSIN
	Referencia: 3SB1-63N
	Voltaje: 230 – 400 VAC
	Amperaje: 63 A
	Voltaje: 230 – 400 VAC
	Amperaje: 63 A
	poder de corte: 6000 A
	Frecuencia: 50 /60 HZ

Propia del autor.

La seguridad es primordial en todo circuito eléctrico y electrónico por tanto se optó por la implementación de un interruptor automático conocido como breaker (ver tabla N°10), el cual protege el equipo y sus componentes eléctricos contra sobrecargas ,corto circuitos aislando el circuito del flujo eléctrico, proporcionando un control y maniobra general del encendido y apagado del mismo.

Tabla 11. Caja de distribución de tres polos

	Características	
	Marca: EBSHQ	
	Referencia: 25922	

Propia del autor.

A la hora de controlar el encendido y apagado de la maquina en general, se busca que al realizar esta acción no haya riesgo para esta y para los operarios de la misma. Para esta función se habilito un breaker bipolar, para posicionarlo en la estructura de la maquina se usó una caja de distribución de tres polos (ver tabla N°11), permitiendo un ajuste seguro de dicho componente y aislando a la ves todo contacto eléctrico del exterior.

Tabla 12 .Cable encauchetado # 10 y # 12 de 3 hilos

	#10	Características	#12
	Marca: CENTELSA		Marca: CENTELSA
	Referencia: N° 10		Referencia: N° 12
	Voltaje: 110 VAC		Voltaje: 110 VAC
	Amperaje: 40 A		Amperaje: 30 A
	Frecuencia: 50 /60 HZ		Frecuencia: 50 /60 HZ

Propia del autor.

El equipo tiene un consumo de 27.7A, con base a esta información se procedió a implementar un cable encauchetado calibre 10 de tres polos, el cual soporta una corriente de hasta 40 amperios, este cuenta con un aislamiento individual termoplástico de policloruro (pvc) de vinilo permitiendo el trabajo en lugares húmedos.

Tabla 13. Canaletas para mecanismos color gris

	Características
	Poseen una tapa desmontable con la mano lo que hace más fácil y rápido el montaje y desmontaje.
	Tienen un perfil porta - etiquetas, retenedores de cables y elementos de fijación.
	Seguridad eléctrica: Están fabricada con material aislante, el que aumenta la seguridad frente a contactos indirectos del personal de mantenimiento e instalación.
	Seguridad ante el fuego: No son propagadoras de llamas y su reacción de fuego es clase M1 s/ UNE 23727 1990.

Propia del autor.

Tabla 14. Laminas metálicas de separación

	Características
	Material : zinc
	Calibre: 9

Propia del autor.

Al trabajar con fluidos y equipos eléctricos al tiempo se procedió a dividir la estructura en tres zonas las cuales tienen por separado los componentes principales que conforman esta máquina (bomba periférica, horno microondas y vidriería especial). Estas láminas están hechas en zinc cortadas y dobladas en una troqueladora. Ver Tabla N° 13.

Tabla 15. Prensa estopas

	Características
	Marca: MOSS
	Referencia: SR 1704

Propia del autor.

Para ubicar correctamente las mangueras y darles una trayectoria correcta por toda la estructura fue necesario la implementación de este componente el cual fue utilizado para pasar de forma estética las mangueras a través de una superficie,

apretándolas y permitiendo una fijación segura, además este componente fue utilizado para el cruce de cables a través de láminas de separación metálicas evitando posibles cortos. Ver tabla N° 14.

Tabla 16. Timer LE4S

	Características
	Marca: AUTONICS
	Referencia: LE4S

Propia del autor.

Para un control del tiempo de encendido y apagado de la bomba periférica, se seleccionó por parte del ing. TULLIO CESAR BOHÓRQUEZ ASSIA el TIMER LE4S que se muestra en la tabla N°15. teniendo en cuenta las características eléctricas tales como la cantidad de cargas a controlar, la tensión máxima que soporta, las configuraciones de tiempo que se pueden realizar y las dimensiones que posee dicho componente.

Tabla 17. Contactor tripolar CHINT NC11210

	Características
	Corriente: 12A AC3 / 380V
	Voltaje Bobina: 24VAC / 60HZ
	Número de Polos: 3
	Contactos Auxiliares: 1NA

Propia del autor.

Para accionar la bomba periférica se utilizó el tipo de contactor presente en la Tabla N° 16 el cual soporta una corriente máxima de 12 A, en esta parte del circuito este dispositivo accionara la bomba periférica la cual tiene un consumo energético de 4.77 A. De esta forma queda aislada la etapa de control de la etapa de potencia.

Tabla 18. Laminas metálicas perforadas

<p>Para completar el chasis del criostato Se usaron dos tapas hechas a la medida Con láminas metálicas, perforada y Dobladas a la medida (50.5 cm x 70.5 cm). Tal como se puede ver a continuación.</p>	
---	--

Propia del autor.

3. RESULTADO Y ANALISIS

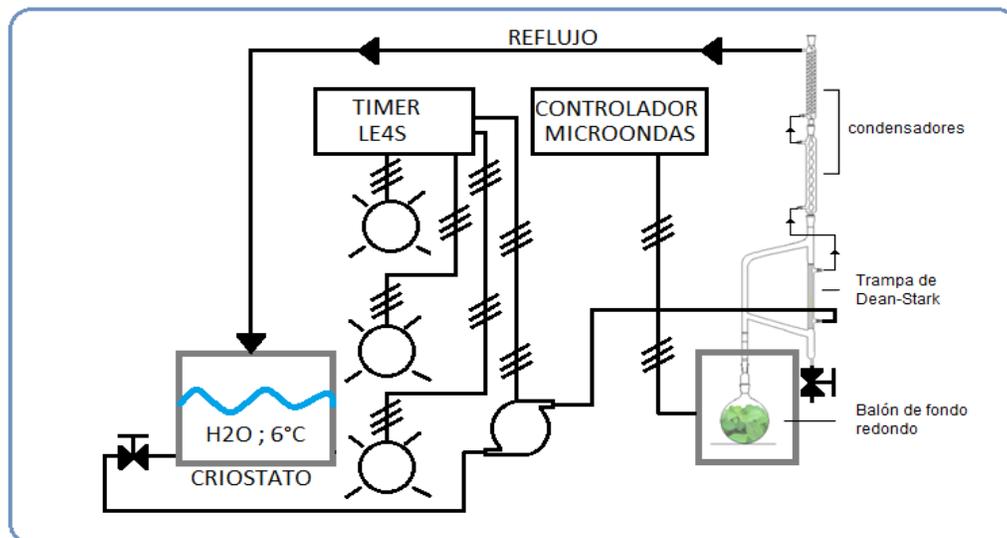
3.1. REALIZACIÓN DE LOS DIAGRAMAS (EPS, P&ID Y DE CONEXIONES)

Diagrama (EPS) entrada, proceso y salida del proceso de fabricación de aceites



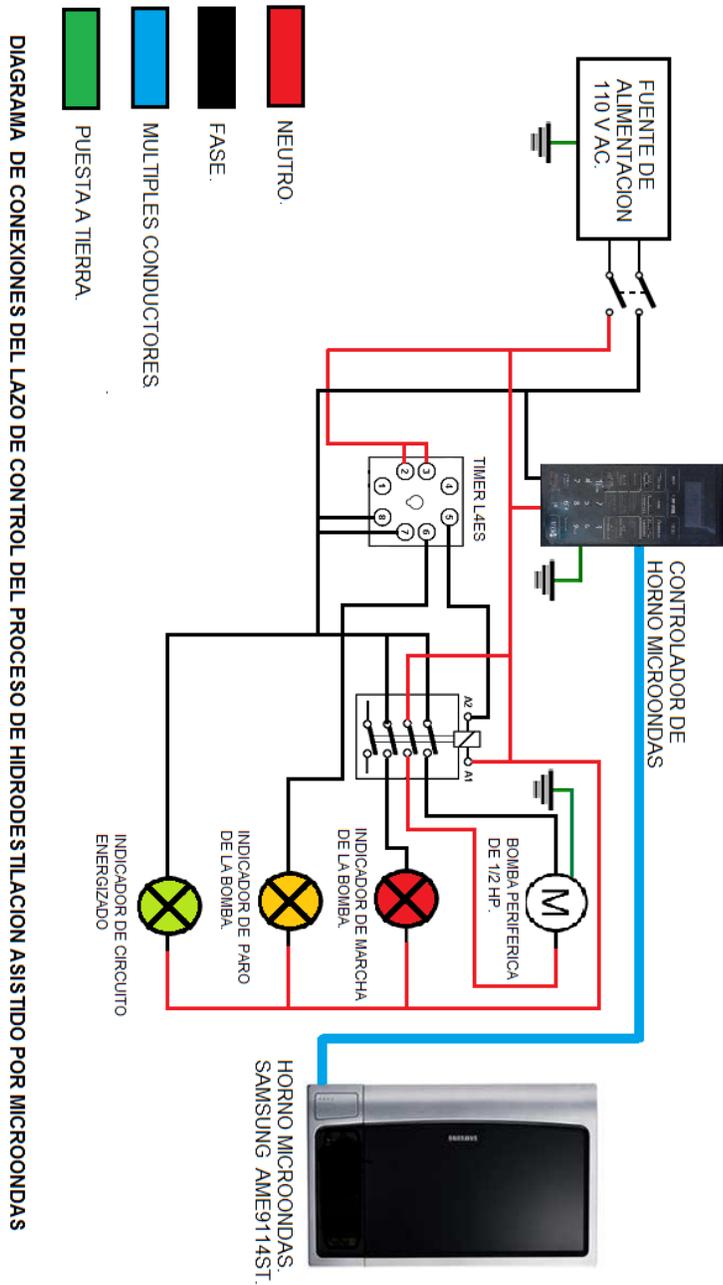
Propio del autor.

Diagrama p&id del proceso de hidrodestilación por microondas



Propio del autor.

Diagrama de conexiones del lazo de control del proceso de destilación asistido por microondas



Propio del autor.

3.2. CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA METÁLICA DE LA MÁQUINA

Uno de los objetivos más importantes propuestos en este proyecto va enfocado a la seguridad de los operarios, por tanto una estructura estable y resistente es indispensable a la hora de cumplir con el objetivo propuesto.

La estructura de la maquina está hecha de tubos cuadrados de hierro de 1 ½, los cuales son muy resistentes, duraderos, económicos y mucho más fáciles de soldar que otros materiales.

Un buen corte de los tubos, medidas precisas y una buena soldadura son la clave para dar lugar a una buena armonía entre todas las piezas y así formar una sola. A continuación se presenta el proceso de armado de la estructura la cual fue realizada gracias a la indispensable ayuda de la Universidad de Sucre al proporcionar el servicio de soldadura en el taller de mantenimiento.

Se utilizó el programa **google sketchup** para la realización de los planos los cuales posteriormente se usaron para la construcción de la estructura metálica del equipo. En los anexos N°3, N°4, N°5 y N°6 se puede observar las dimensiones del mismo. En la tabla N° 3 se puede observar las medidas de los cortes a realizar en cada tubo los cuales hacen parte de la estructura.

Tabla 3. Medidas de tubos para corte y posterior unión.

Cantidad de tubos	longitud
4	150cm
4	60cm
4	52cm
2	72cm
11	40cm
2	45.7cm
1	68cm

Propia del autor.

Para dar lugar a una estructura totalmente estable fue indispensable la utilización de la escuadra y el metro. En los anexos N°8 y N°9 se puede observar la ubicación de los 4 tubos que conforman la cercha en la parte externa y en Los anexos N°10, N°11, N°12 y N°13 el resto de tubos soldados a esta.

Una vez soldadas las piezas se procedió a eliminar las irregularidades en la superficie de la misma puliendo todas las soldaduras como se puede observar en el anexo N° 14; posteriormente se presentan los componentes para verificar su correcto posicionamiento. Ver anexos N°16, N°17 y N°18.

A la hora de trabajar con vidrios, la precisión es totalmente necesaria, por lo cual para la ubicación del soporte de estos se monta el microondas y se ensaya la posición de la base de los vidrios, con base a esto se obtiene el correcto posicionamiento de los mismos .una vez marcada la posición, se suelda el soporte al cual va unida la varilla que sostiene los vidrios, ver anexos N°19, N°20 y N°21. Ya fijado el soporte se dio lugar a soldar la varilla en la cual van sujetas las pinzas que sostienen la vidriería, en este punto fue indispensable el uso de un nivel de gota tal como se muestra en los anexos N°22 y N°23, de esta manera se obtuvo una correcta ubicación del soporte, ver anexo N°24, brindando una alta precisión y estabilidad para los vidrios que conforman el circuito hidráulico.

Para proteger la estructura de la corrosión y así garantizar la integridad de la misma se aplica una base de anticorrosivo color rojo (ver anexos N° 25 y N° 26). Este paso es totalmente necesario ya que la maquina trabaja con un sistema hidráulico, el cual puede afectarla directamente debilitándola y llevándola a un pronto deterioro.

Una vez aplicada la capa de anticorrosivo, se pinta con un esmalte blanco de secado rápido y se colocan los tacos plásticos en las 8 esquinas de la misma. (Ver anexos N° 27 y N° 28).

Consumo eléctrico (torre de destilación).

V: 120 v

I: $1.92\text{kw} / 120\text{v} = 16\text{A}$

WT: 1.92 kw

Teniendo en cuenta el consumo máximo de la máquina, se procede a calcular el calibre del cable de poder y a seleccionar el respectivo conector, breaker, switch, contactor y tomas.

I: 16 A

W: 1.92 kw

V: 120V

Se seleccionó el cable encauchetado marca centelsa de tres hilos # 12. El cual soporta una corriente de 30A. Lo cual lo hace óptimo para trabajar con estas especificaciones eléctricas.

Este cálculo está basado en el consumo máximo de la máquina destiladora de aceite vegetal. El criostato esta alimentado de manera independiente por lo cual no se incluyó en el cálculo del conductor el cual no siempre tendrá este consumo puesto que el criostato se apaga cuando el agua alcanza los 6°C reduciendo considerablemente de esta manera su consumo energético.

3.4. EL CRIOSTATO

A la hora de incorporar el criostato al resto de componentes del destilador, se procedió a organizar su cableado y a realizar un mantenimiento correctivo, puesto que el contactor que se encarga de activar y desactivar la unidad de refrigeración del mismo, (por causas de deterioro) se quemó. Ver anexo N° 47. Por lo cual se procedió a remplazarlo por uno de mayor capacidad.

En lo que concierne a la estructura del criostato, se incorporaron 2 láminas metálicas calibre 90 ver anexo N°56, las cuales fueron marcadas y perforadas para completar la carcasa del mismo ver anexo N°57, N°58 y N°59, las cuales posteriormente se pintaron de rojo e instalaron, ver anexo N°60 de esta manera

están mejor protegidos los componentes internos eléctricos y electrónicos ya que se reduce el acceso a estos, aislando al usuario de posibles descargas eléctricas las cuales pueden ocasionar lesiones. Por último se incorporó una prensa estopa para fijar la manguera de retorno del agua tal como se ve en el anexo N°61.

3.5. MONTAJE DE EQUIPOS Y COMPONENTES

Una vez posicionado los equipos y componentes eléctricos y electrónicos en la estructura se realizaron las respectivas conexiones eléctricas utilizando canaletas para mecanismos color gris como la que se observa en el anexo N° 36. Estas canaletas ranuradas tienen la particularidad de que pueden distribuir de una manera organizada, estética y segura los cables que transportan las señales eléctricas. En el anexo N°37 se puede observar la salida de los cables del microondas.

3.5.1 Horno microondas. Para controlar la temperatura, se tuvo en cuenta varias opciones, las cuales fueron analizadas, entre estas la utilización de un PLC (CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE) un PIC (CIRCUITO INTEGRADO PROGRAMABLE) y un CONTROLADOR DE PROCESOS. Sin embargo a la hora de seleccionar los componentes que harían parte del lazo de control se analizó el control que estas tendrían sobre el horno microondas y se pudo observar que un PIC, es un componente muy limitado a la hora de incorporar múltiples funciones, además es un componente el cual no está a la altura para el control de un proceso industrial. Por otra parte el PLC es un dispositivo muy completo el cual permite la incorporación de múltiples componentes y casi ilimitadas funciones dependientes de la programación que esté ejecutando, sin embargo su implementación en este proyecto no fue posible debido a los altos costos económicos que requieren la utilización del mismo. Teniendo en cuenta los años de estudio que se han invertido por parte del fabricante y las continuas mejoras que se han implementado dotando el mismo de múltiples funciones y de un control total ,de la temperatura; se optó por utilizar la misma tarjeta que el fabricante incorporo en el microondas, ya que el

tiempo estipulado para desarrollar el proyecto no era suficiente para fabricar un programa y un hardware que cuente con las características que el fabricante junto con todo su equipo de trabajo (técnicos-tecnólogos e ingenieros eléctricos y electrónicos) han desarrollado por más de seis décadas e implementado.

Una vez definido el lazo de control a implementar se reposiciono la tarjeta e interfaz del microondas quitándolo del mismo y adaptándolo a la estructura de este proyecto, ver anexos N°38, N°39, N°40, N°41, N°43, N°44 y N°45 ubicándolo en el extremo derecho del panel de control, localizado en el extremo superior de la parte frontal de la máquina. Tal como se ve en el anexo N° 42.

En el anexo N°45 se observa la instalación de una regleta de conexión para vincular los terminales neutros de cada componente de la planta.

Para reubicar dicho panel, se procedió a prolongar los cables que van de la tarjeta del microondas hacia los componentes del mismo. Para ello se utilizó en la transmisión de datos cable automotriz #22, y en la alimentación del MAGNETRON cable # 14, Una vez prolongado los cables de conexión del circuito del microondas se soldaron para reducir la resistencia provocada por dicho empalme y se protegió con termo encogible como se ve en el anexo N°46.

Una vez prolongados los conductores, se pintaron los separadores metálicos y el panel de control de color rojo y se procedió a montar el resto de componentes que hacen parte del lazo de control tal como se ve en el anexo N°49, N°50 y N°51.

Para proteger el circuito encargado de controlar la máquina, se construyó una carcasa a la medida hecha en acrílico transparente el cual es resistente al agua, detergente y otros químicos. Ver anexo N°51. Para culminar se incorporaron las mangueras que hacen parte del circuito hidráulico y se montaron los vidrios especiales tal como se observa en los anexos N°53, N°54. Todo esto dio como resultado la construcción de la primera planta de destilación asistida por microondas de la Universidad de Sucre, tal como se observa en el anexo N°55.

3.5.2 Prueba del equipo. Se utilizaron 344 g de material vegetal tal como lo vemos en el anexo N° 62, el peso del balón de vidrio sumado a la base plástica es de 579.7 g que agregado al peso del material da el valor de 923.7 g presente en dicho anexo, en este caso se utilizó la planta **lippia alba** la cual en procedimientos anteriores para cantidades de 93.7g de material vegetal dio una cantidad de aceite de 0.2466 g.

Utilizando el equipo de destilación se obtuvo a partir de 344g de material vegetal una cantidad de 0.54 g de aceite. En el anexo N°63 se puede observar la cantidad de aceite obtenida el día 09 de septiembre del 2014 por parte de una investigadora del laboratorio de microbiología de investigación.

En el anexo N°65 se observa la cantidad de aceite traspasada a un contenedor eppendorf.

En el anexo N°66 se extrae con la ayuda de una micropipeta los hidrosoles contenidos en el fondo del contenedor.

En el anexo N°67 se observa el peso total del aceite obtenido sumado con el peso del contenedor.

Para determinar la cantidad de aceite primero se pesa el contenedor eppendorf ,en este caso su peso fue de 0.9 g, luego se pesa dicho contenedor con el aceite en su interior con una balanza analítica tal como se muestra en el anexo N°67 y por último se resta el peso del contenedor al peso del aceite.

Peso del eppendorf: 0.9 g

Peso del eppendorf con aceite: 1.44 g

Cantidad de aceite: $1.44\text{ g} - 0.9\text{ g} = 0.54\text{ g}$

Para determinar el **rendimiento** se utiliza la siguiente formula:

(Peso del aceite / Peso de la planta) x 100

$$(0.54 \text{ g} / 344 \text{ g}) \times 100 = 0.15 \%$$

El rendimiento muchas veces se ve afectado por el estado de la planta, el tamaño de la hoja entre otros factores. A primera vista pareciese que no se obtuvo un buen resultado pero en realidad fue todo lo contrario puesto que los compuestos aceitosos se encuentran en muy pequeñas proporciones dentro de la planta. Ver el anexo N°68.

Otras extracciones con la planta **lippia alba**:

Peso balón = 575.3g

Peso balón = 579.4g

Balón + planta = 669g

Balón + planta = 606,5g

Planta= 93.7g

Planta= 27,1g

Aceite= 0,2466g

Aceite= 1,3g

Rendimiento: 0.26%

Rendimiento= 1,47%

Estas son tres de 25 extracciones realizadas en el periodo de prueba de la maquina desde el día 25 de agosto hasta el 25 de septiembre del 2014 lo cual dio excelentes resultados obteniendo los aceites esenciales de una manera satisfactoria con el rendimiento y calidad esperado.

4. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta el objetivo general de este trabajo, el cual se orientó a la optimización del proceso de producción de aceite vegetal, a través de la implementación de un equipo, se puede concluir:

- Se realizaron los respectivos diagramas de E.P.S (entrada, proceso y salida) de cada una de las etapas respectivas del proceso de fabricación de aceites usando el método de hidrodestilación permitiendo la comprensión del proceso en general.
- se alcanzó la construcción de la planta de destilación de aceites.
- se implementó satisfactoriamente una estructura segura para el equipo automático, de esta manera no solo los componentes del sistema y la vidriería que hace parte del circuito hidráulico están seguros, sino que los operarios no correrán riesgo de lesionarse por desprendimientos y quiebres de los mismos.
- El equipo se espera que sea operado de una manera correcta puesto que se capacito satisfactoriamente el personal encargado de operarlo haciendo entrega del respectivo manual.

En este sentido, se puede observar el cumplimiento de todos los objetivos propuestos en el presente trabajo. Por último, es importante señalar que el dispositivo se encuentra ensamblado y funcionando, de modo que los aceites ya están siendo producidos por la maquina en modo automático. Esto ha permitido que docentes, estudiantes e investigadores del Programa de Biología se beneficien de estos insumos, producidos por este dispositivo tal como se puede ver en el anexo N° 48.

5. RECOMENDACIONES

Para un buen funcionamiento del equipo tenga en cuenta todas las recomendaciones dadas por el fabricante en este punto sin escatimar ninguna de estas.

- Conocer el manual de operaciones.
- Revisar los niveles de potencia en el lugar de trabajo para ver si se ajustan a la potencia de consumo del sistema optimizado, los niveles eléctricos deben ser dimensionados de acuerdo con los estándares eléctricos utilizados en Colombia.
- Debe proveer un voltaje de 110VCA por medio de una fase a una frecuencia de 60Hz, ésta debe tener una capacidad de potencia mínima de 3.5 KW libres para el equipo y disponer de una línea de neutro y su respectiva puesta a tierra.

Es responsabilidad exclusiva del usuario El estado del suministro eléctrico (Fase, Neutro y Tierra).

- Ubicar la maquina sobre una superficie nivelada y estable.
- No mover la máquina constantemente de su lugar, procure en lo posible ubicarla en un lugar estratégico en el cual no sea necesario reposicionar más adelante la estructura, esto con el fin de evitar daños en componentes delicados de la misma.
- A la hora de desconectar las mangueras de los vidrios realícelo con calma y delicadamente, recuerde que está trabajando con vidrios especiales muy costosos.

6. EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA

Tabla 1. Presupuesto

RUBROS	FUENTES			TOTAL
	ESTUDIANTE	DIRECTOR	UNIVERSIDAD DE SUCRE	
PERSONAL	\$ 210.000	\$240.000		\$ 350.000
EQUIPOS			\$6.219.400	\$6.219.400
MATERIALES E INSUMOS	\$ 100.000	\$ 62.900		\$ 162.000
TOTAL	\$ 310.000	\$ 302.900	\$6.219.400	\$ 6.731.000

Propia del autor.

En lo personal el estudiante tuvo una inversión de \$210.000. Esto incluye consultas, transporte, alimentación, y prestación de servicios de herrería. En cuanto a los gastos de materiales e insumos se necesitó \$ 100.000. Todo este gasto se realizó en un periodo de 17 meses por lo cual fue viable su realización debido a la facilidad de la obtención del recurso económico por parte del estudiante.

La inversión de la Universidad de Sucre en la realización de este proyecto fue de (\$6.219.400) representada en equipos, componentes, servicios como soldadura entre otros. Esta inversión se ve justificada en lo que respecta a la demanda del producto que se elabora a través de la máquina de destilación asistida por microondas, debido a que en promedio se requieren semanalmente 10 extracciones de aceites lo que equivale a 10 ml semanal, 100 ml mensual es decir 1200 ml anual.

1 ml de aceite se consigue en el “Centro Nacional de Investigaciones para la Agroindustrialización de especies Vegetales Aromáticas Medicinales Tropicales (CENIVAM)” en la ciudad de Bucaramanga. Incluyendo gastos de envío en mínimo \$50.000, lo que equivale a \$500.000 semanal, al mes \$2.000.000 y al año mínimo

\$24.000.000 Por tanto podemos ver que gracias a la optimización del proceso de extracción de aceites a base de plantas en el Laboratorio de Microbiología de investigación de la Universidad de Sucre se evita el gasto anual que se requeriría para la obtención de los aceites esenciales.

Tabla 2. Materiales e insumos

ITEM	DETALLES	CAN TIDAD	VALOR U/C	TOTAL
1	TUBOS CUADRADOS DE 1 ½.	3	\$ 17.000	\$51.000
2	ANTICORROSIVO ROJO.	¼	\$ 7.400	\$ 7.400
3	GALÓN DE DILUYENTE PARA PINTURA.	1	\$14.500	\$14.500
4	ESMALTE DE SECADO RAPIDO BLANCO.	¼	\$10.000	\$10.000
5	PLIEGOS DE LIJA DE 240.	2	\$1.000	\$2.000
6	PLIEGOS DE LIJA DE 80.	2	\$1.300	\$2.600
7	DISCO PARA CORTE DE METAL.	1	\$5.700	\$5.700
8	DISCO PARA ESMERILAR METAL.	1	\$4.700	\$4.700
9	TACOS PLASTICOS PARA TUBOS CUADRADOS DE 1 ½.	8	\$300	\$2.400
10	HORNO MICROONDAS SAMSUNG MOD. AME9114ST. (ENTREGADO POR EL LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE SUCRE).	1	\$232.000	\$232.000
11	BOMBA DE AGUA 1/2 hp PERIFERICA 1X1 TOOLCRAFT MOD. TC2666. (ENTREGADO POR LA UNIVERSIDAD DE SUCRE).	1	\$80.000	\$80.000
12	MOLDES DE LAMINA METALICA.	5	\$19.000	\$41.000
13	CABLE ENCAUCHETADO DE TRES	7.65	\$2.000	\$15.000

	HILOS # 12 (ENTREGADO POR LA UNIVERSIDAD DE SUCRE).	mt		
14	CONECTOR CON POLO TIERRA	2	\$4.900	\$9.800
15	CRIOSTATO	1	\$2.000.000	\$2.000.000
16	LÁMPARAS TIPO LED DE 8 MM	3	\$ 10.000	\$ 30.000
17	TORNILLOS DE ACERO DE ¾	100	\$ 5.000	\$ 5.000
18	PRENSAESTOPAS DE SEGURIDAD #16	5	\$ 1.000	\$ 5.000
19	CABLE AUTOMOTRIZ N°22	12 mt	\$ 500	\$ 6.000
20	PISA VIDRIO DE ALUMINIO BLANCO	1 mt	\$ 2.000	\$ 2.000
21	CABLE N°14	4 mt	\$ 1.400	\$ 5.600
22	TERMO ENCOGIBLE DE 2 MM	1 mt	\$ 500	\$ 500
23	ACRÍLICO NEGRO DE 10 X 30cm	1	\$ 1000	\$ 1000
24	TIMER LE4S	1	\$ 250.000	\$ 250.000
25	RACORES	2	\$ 4.000	\$ 8.000
26	CANALETAS PARA MECANISMOS COLOR GRIS.	2	\$14.000	\$ 28.000
27	BREAKER BIPOLAR DE 63 A.	1	\$24.000	\$24.000
28	BREAKER UNIPOLAR DE 63 A.	1	\$12.000	\$12.000
29	CAJA DE DISTRIBUCION EBSHQ	1	\$ 8.400	\$ 8.400
30	CONTACTOR NC11210 CHNIT	1	\$32.000	\$32.000
31	MANGUERAS TRANSPARENTES	4mt	\$ 1.000	\$ 4.000
32	ACRÍLICO TRANSPARENTE 10*10 cm	1	\$ 1.000	\$ 1.000
33	PINZAS DE SOPORTE UNIVERSAL	3	\$ 12.000	\$26.000
34	VIDRIOS ESPECIALES PARA DESTILAR			\$3.500.000
35	REGLETAS DE CONEXION	1	\$ 3.900	\$ 3.900
Total				\$6.430.500

BIBLIOGRAFÍA

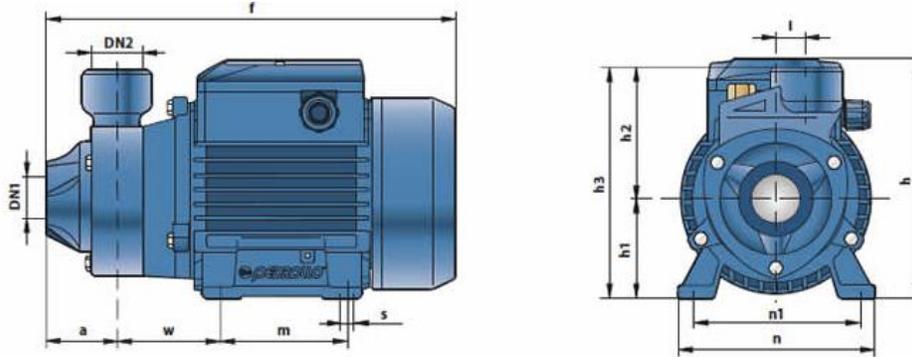
- Mujer otra medicina [online]:[25 Nov, 2010].<http://www.otramedicina.Com/2010/11/25/historias-alternativas-la-historia-de-los-aceites-esenciales>.
- m. gimenacameroni.Historia de las hierbas aromáticas, especias y aceites esenciales.[online]2005. disponible en internet:http://www.Alimentosargentinos.gov.ar/contenido/sectores/aromaticas/publicaciones/Hiervas_2012_06Jun.pdf.
- Wikipedia [online]: [02 abril 2007]. disponible en internet: http://es.wikipedia.org/wiki/Horno_de_microondas.
- Manu Peláez. Mundo de la ciencia y tecnología. Como es el funcionamiento de un horno microondas?.[04 febrero, 2010]. Disponible en internet: <http://manupelaez.blogdiario.com/>
- Margarito Rodríguez Álvarez, Lilia Alcaraz Meléndez, Sergio Manuel Real Cosío. Procedimientos para la extracción de aceites esenciales en plantas aromáticas. Disponible en internet: <http://intranet.cibnor.mx/personal/bmurillo/docs/manual-aceites-esenciales.pdf>.
- Wilson de Jesús Arrubla Hoyos, Diego Armando Madera Madera, Anuar Enrique Martínez romero. Recuperación y automatización de un horno de convección forzada para el laboratorio de suelos y aguas de la universidad de sucre. tecnólogo en electrónica. Colombia. Universidad de Sucre sede puerta roja. 2009.109p.
- Omar David Montes Palencia, Yair Omar Pastor Ríos, Jose Gregorio Salcedo Mercado .Reparación y reconversión de un horno multifuncional para esterilización, secado, reparación, muestra y tratamiento térmico. tecnólogo en electrónica. Colombia. Universidad de Sucre sede puerta roja.

2009. 97p.

- implementación de un sistema de control automático para la recuperación de la incubadora de muestras del laboratorio de microbiología de la universidad de sucre. tecnólogo en electrónica. Colombia. Universidad de Sucre sede puerta roja.2009.108p.
- Emel Moises Pacheco Bertel, Marlon Andrés Pineda Mendoza, Jose Alberto Zafra Hernández. Recuperación construcción y automatización del equipo de laboratorio denominado baño de maría utilizado en distintos laboratorio de la universidad de sucre. tecnólogo en electrónica. Colombia. Universidad de Sucre sede puerta roja.2009.99p.
- Clara Nathalia Celis Melo. Estudio Comparativo De La Composición y Actividad Biológica De Los Aceites Esenciales Extraídos De lippia alba, lippia organoides y Phyla (lippia) dulcis, Especies De La Familia Verbenaceae. Química. Colombia. Universidad Industrial De Santander.2007. 153p.

ANEXOS

Anexo N°1. (Dimensiones de la bomba periférica)



MODEL		PORTS		DIMENSIONS mm											kg		
Single-phase	Three-phase	DN1	DN2	a	f	h	h1	h2	h3	i	m	n	n1	w	s	1~	3~
PKm 60*	PK 60*	1"	1"	42	245	152	63	75	138	20	80	120	100	55	7	5.3	5.3
PKm 65	PK 65			80	143	6.9	6.4										
PKm 70	PK 70			55	285	180	71	85	156							10.1	9.0
PKm 80	PK 80			58	282	95	166	10.1	9.0								
PKm 90	PK 90	¾"	¾"	58	282			95	166						10.2	9.2	
PKm 100	PK 100	1"	1"	55	350	212	80	94	174		100	164	125	85	9	14.4	12.4
PKm 200	PK 200			15.5	13.4												
-	PK 300			-	15.6												

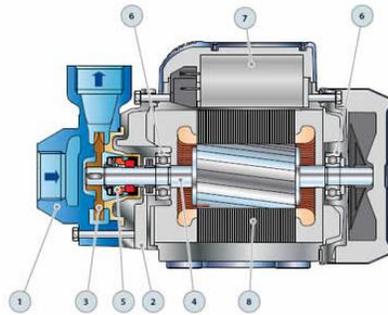
MODEL		POWER		Q	H metres															
Single-phase	Three-phase	kW	HP		m³/h	0	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	
PKm 60*	PK 60*	0.37	0.50	0	0	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90		
PKm 65	PK 65	0.50	0.70	l/min	40	38	33.5	29	24	19.5	15	10	5							
PKm 70	PK 70	0.60	0.85		55	50	45.5	40.5	36	31	27	22	17	8						
PKm 80	PK 80	0.75	1		65	62	57	52	47	42	37	32	27	18						
PKm 90	PK 90	0.75	1		70	66	61	56	51	46	41	36.5	31	22						
PKm 100	PK 100	1.1	1.5		90	82	71	60	49	38	27	17	5							
PKm 200	PK 200	1.5	2		85	80	75	70	65	60	55	50	45	35	25	15				
-	PK 300	2.2	3		90	86	81	76	71	65.5	60	55	50	40	30	20	10			
					100	95	90	85	80	75	70	65	60	50	40	30	20	10		

Q = Flow rate H = Total manometric head HS = Suction height

Tolerance of characteristic curves in compliance with EN ISO 9906 App. A.

http://www.pumpsforafrica.co.za/product.php?id_product=656.

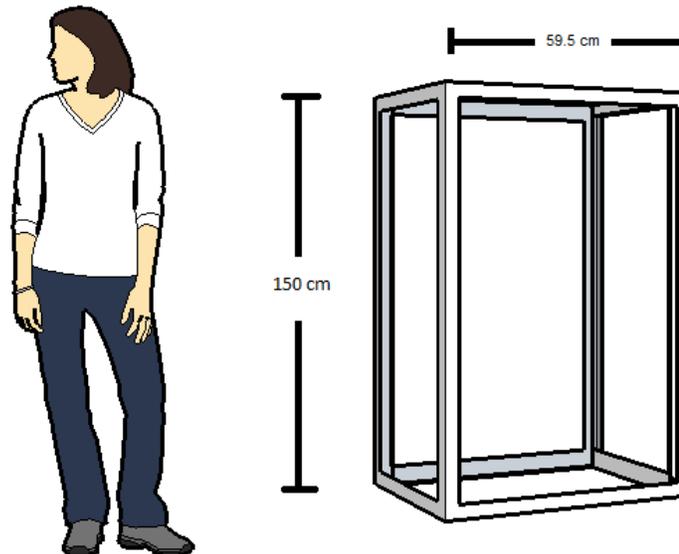
Anexo N°2. (Características constructivas de la bomba periférica)



POS. COMPONENTE	CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS					
1 CUERPO BOMBA	Hierro fundido, con bocas roscadas ISO 228/1					
2 SOPORTE	Aluminio con tapa en latón y laminita de ajuste frontal antibloqueo (patentado)					
3 RODETE	Latón, del tipo aletas periféricas radiales					
4 EJE MOTOR	Acero inoxidable EN 10088-3 - 1.4104					
5 SELLO MECANICO	Electrobomba	Sello	Eje	Materiales		
	Modelo	Modelo	Diámetro	Axilión	Anti-rodete	Estribo
	PK 60-65-70-80	AR-12	Ø 12 mm	Cerámica	Grafito	NBR
	PK 90	MG1-12	Ø 12 mm	Carburo de silicio	Grafito	NBR
PK 100-200-300	FR-14	Ø 14 mm	Grafito	Cerámica	NBR	
6 RODAMIENTOS	Electrobomba	Modelo				
	PK 60-65	6201 ZZ / 6201 ZZ				
	PK 70-80-90	6203 ZZ / 6203 ZZ				
PK 100-200-300	6204 ZZ / 6204 ZZ					
7 CONDENSADOR	Electrobomba	Capacidad				
	Modelo	220V o 240V	110V			
	PKm 60	10 µf 450 V	25 µf 250 V			
	PKm 65	14 µf 450 V	30 µf 250 V			
	PKm 70	16 µf 450 V	40 µf 300 V			
	PKm 80	20 µf 450 V	60 µf 300 V			
	PKm 90	20 µf 450 V	60 µf 300 V			
PKm 100	31.5 µf 450 V	60 µf 250 V				
PKm 200	45 µf 450 V	80 µf 250 V				
8 MOTOR ELECTRICO	PKm: monofásica 230 V - 50 Hz con protección térmica incorporada en el bobinado.					
	PK: trifásica 230/400 V - 50 Hz.					
	= Las bombas con motores trifásicos son de alto rendimiento en clase IE2 (IEC 60034-30) - Aislamiento: Clase F. - Protección: IP44.					

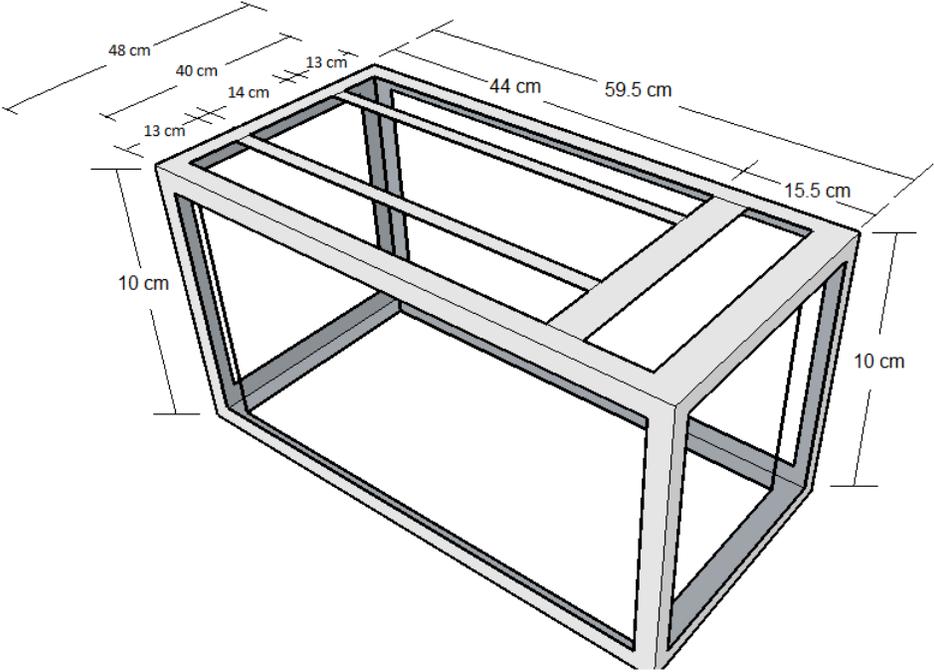
http://www.pumpsforafrica.co.za/product.php?id_product=656.

Anexo N° 3 (Figura 10: Dimensiones en la parte externa)



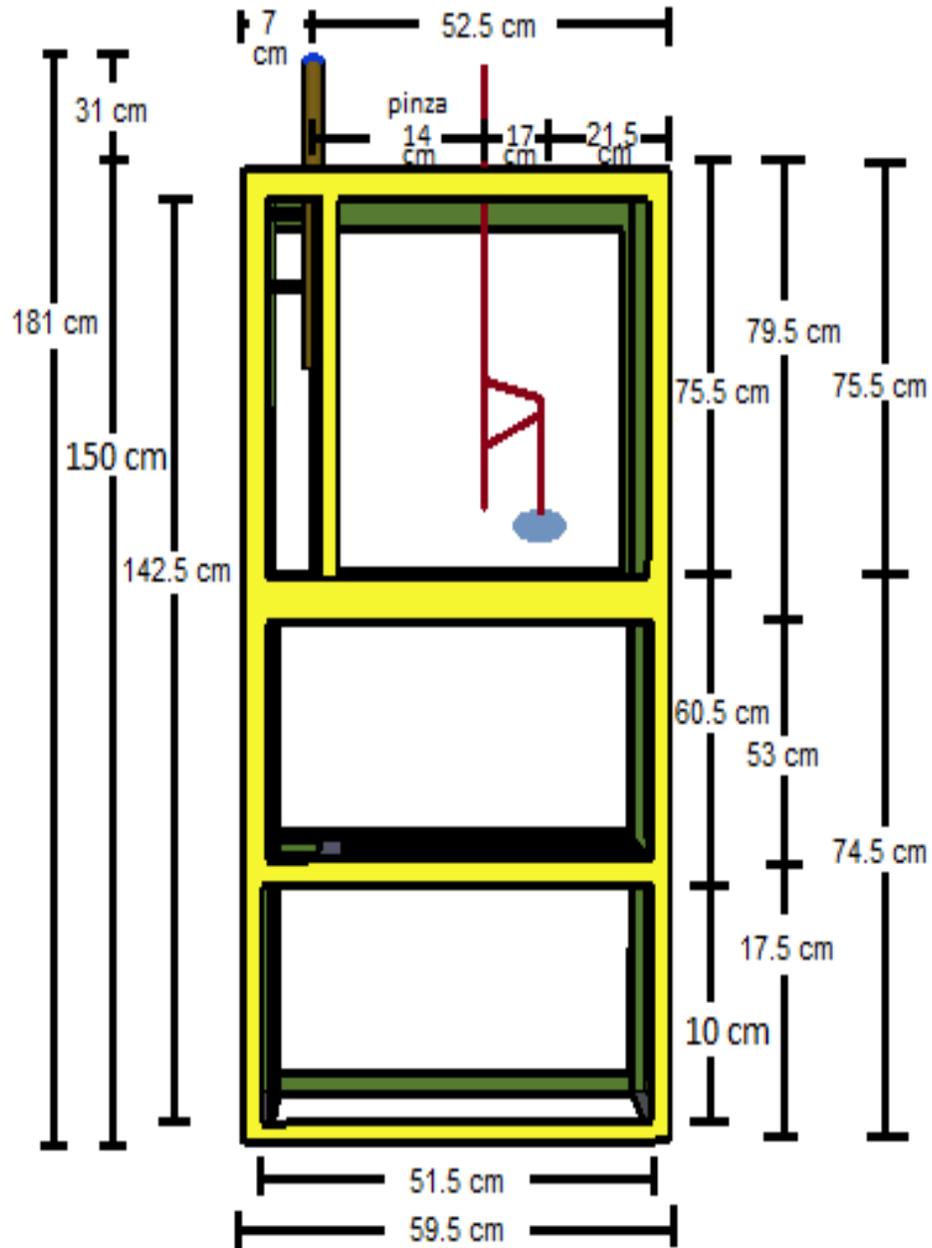
Propio del autor.

Anexo N° 4. (Figura 11: dimensiones del soporte del microondas y la bomba periférica)



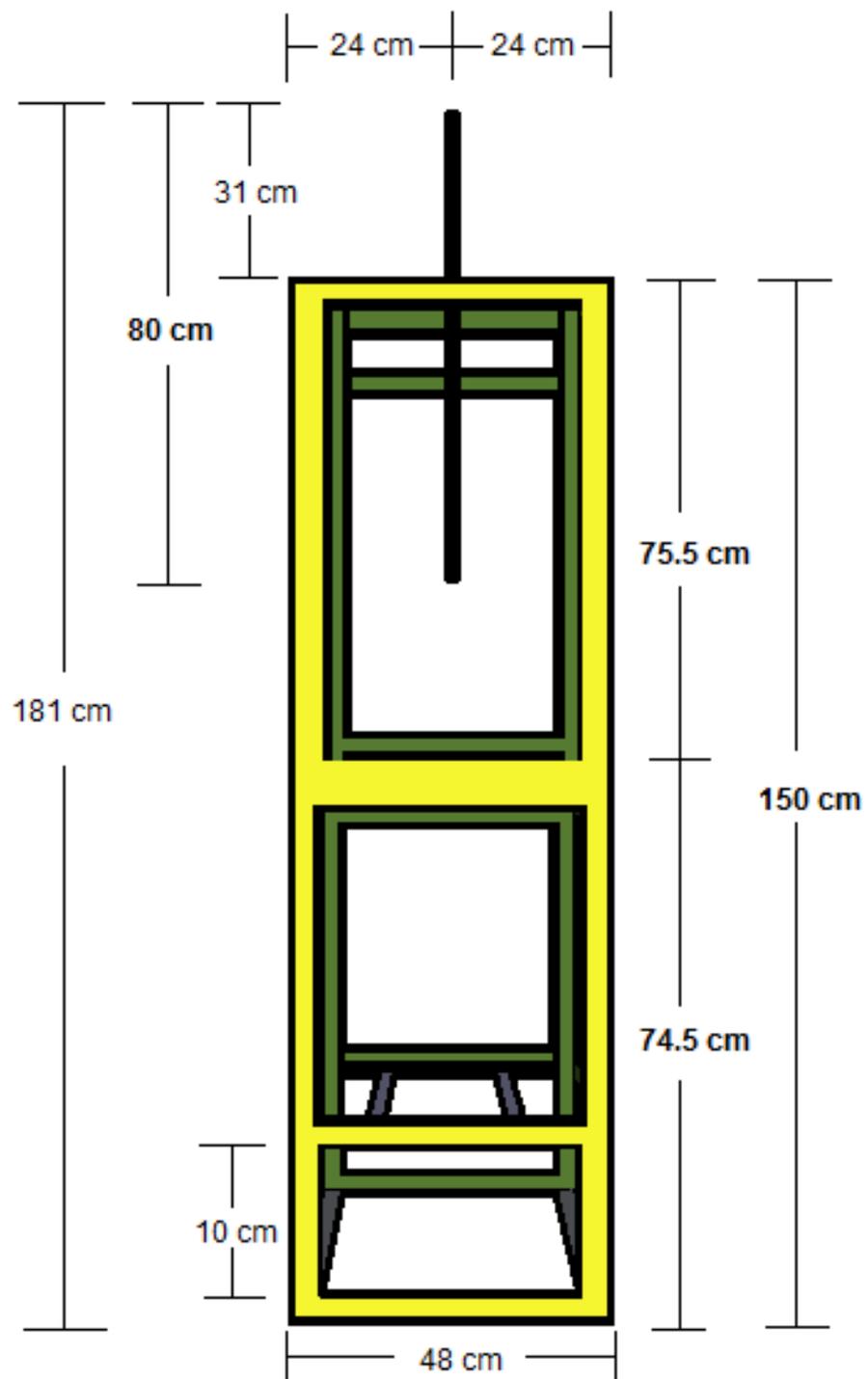
Propio del autor.

Anexo N° 5. (Figura 12: dimensiones del módulo en la parte lateral)



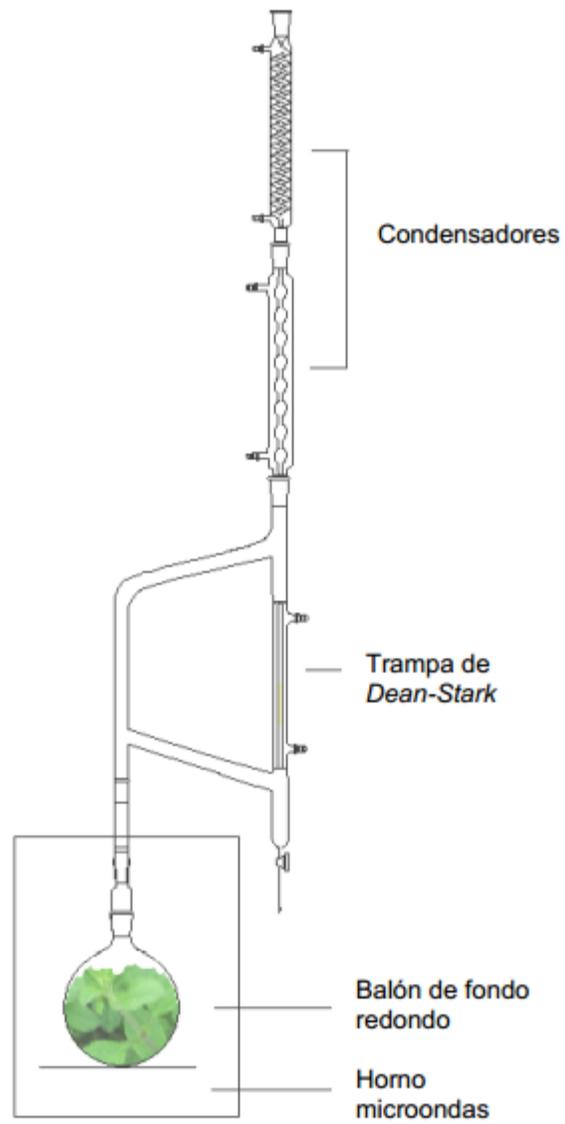
Propio del autor.

Anexo N°6. (Figura 13: dimensiones del módulo en la parte frontal)



Propio del autor.

Anexo N°7. (Vidriería de destilación)



<http://intranet.cibnor.mx/personal/bmurillo/docs/manual-aceites-esenciales.pdf>

Anexo N°8 (soldada de los primeros tubos)



Propio del autor.

Anexo N°9 (soldada de los cuatro tubos laterales)



Propio del autor.

Anexo N°10 (unión de los tubos del chasis principal)



Propio del autor.

Anexo N° 11(base metálica principal)



Propio del autor.

Anexo N°12 (proceso de soldada de tubos)



Propio del autor.

Anexo N°13 (proceso de soldada de tubos)



Propio del autor.

Anexo N°14 (pulido de irregularidades en la soldadura)



Propio del autor.

Anexo N°15 (chasis en su primera etapa)



Propio del autor.

Anexo N° 16 (presentación del horno microondas metálica)



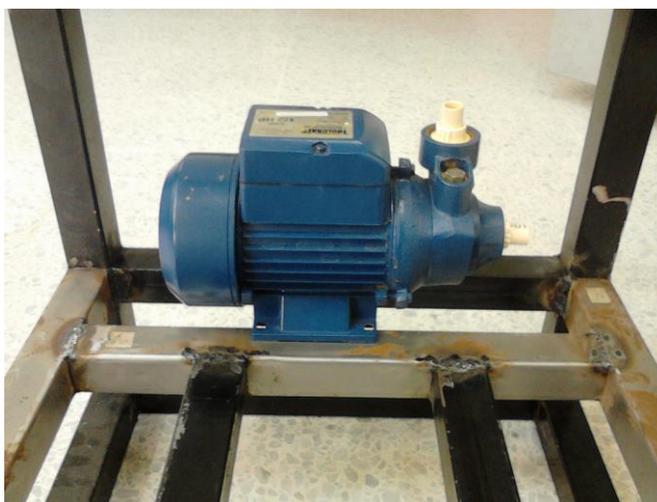
Propio del autor.

Anexo N°17 (vista trasera de la bomba periférica en la cercha metálica)



Propio del autor.

Anexo N°18 (vista frontal de la bomba periférica en la cercha metálica)



Propio del autor.

Anexo N°19 (ubicación de la varilla para el soporte de los vidrios)



Propio del autor.

Anexo N°20 (soldada de tubos para fijar la varilla para el soporte de los vidrios)



Propio del autor.

Anexo N°21 (vista frontal de soldada de tubos para fijar la varilla encargada del soporte de los vidrios)



Propio del autor.

Anexo N°22 (soldada de la varilla para el soporte de los vidrios)



Propio del autor.

Anexo N°23 (soldada de la varilla para el soporte de los vidrios)



Propio del autor.

Anexo N°24 (varilla soldada en su lugar)



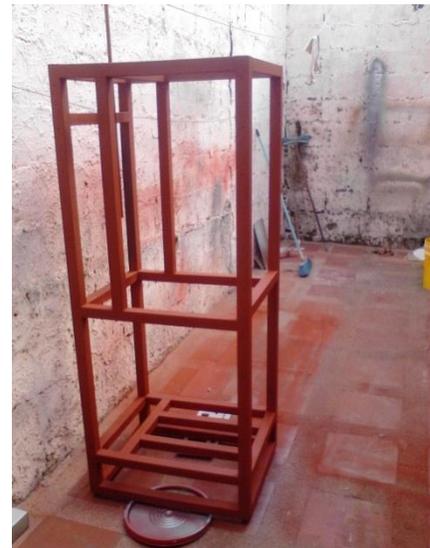
Propio del autor.

Anexo N°25 (suministro de anticorrosivo)
de anticorrosivo)



Propio del autor.

Anexo N° 26 (suministro completo



Propio del autor.

Anexo N°27 (pintada en proceso)



Propio del autor.

Anexo N°28 (pintada completa)



Propio del autor.

Anexo N°29 (pinza de soporte universal)



Propio del autor.

Anexo N°30 (pinza pintada)



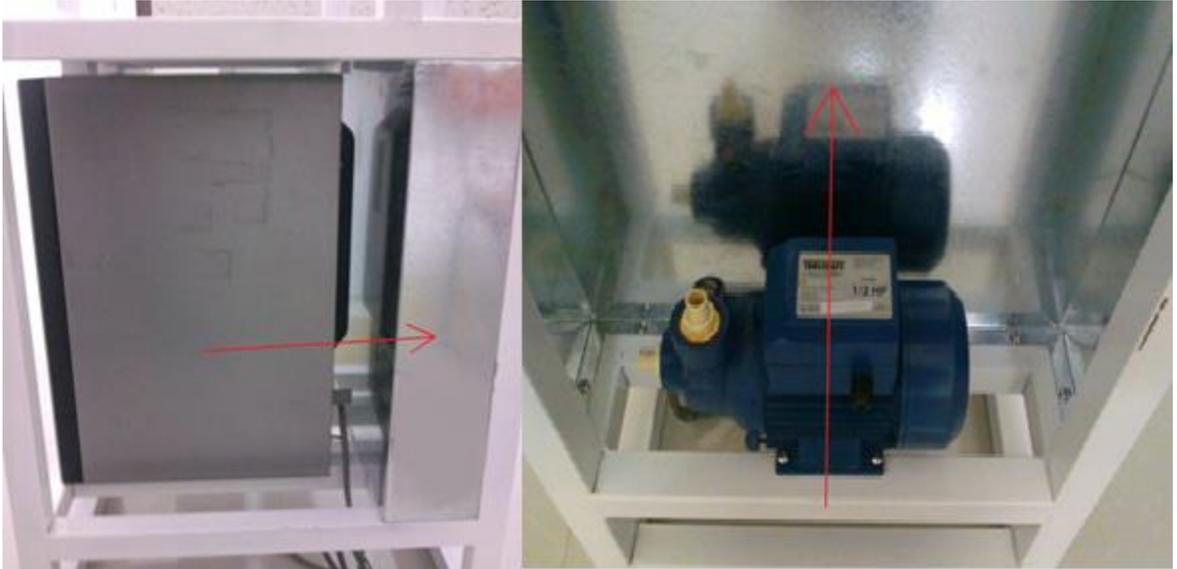
Propio del autor.

Anexo N°31 (moldes de separacion en cartulina)



Propio del autor.

Anexo N°32 (separadores metalicos instalados)



Propio del autor.

Anexo N°33 (separador y base metálica en zinc)



Propio del autor.

Anexo N°34 (lámina metálica perforada)



Propio del autor.

Anexo N°35 (vista de vidrio atravesando la lámina)



Propio del autor.

Anexo N°36 (canaleta para mecanismos instalados)



Propio del autor.

Anexo N°37 (distribución de cables por canaletas ranuradas)



Propio del autor.

Anexo N°38 (panel microondas)



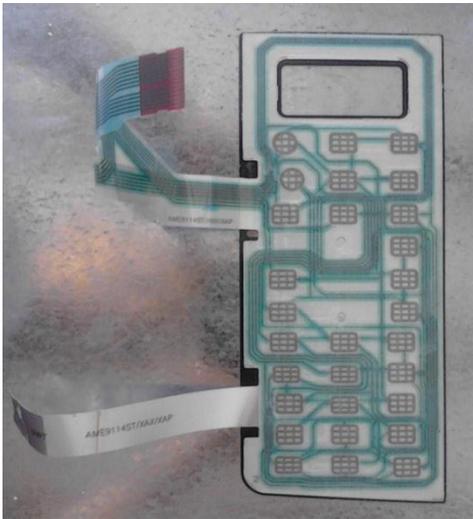
Propio del autor.

Anexo N°39 (circuito microondas)



Propio del autor.

Anexo N°40 (táctil microondas)



Propio del autor.

Anexo N°41 (microondas modificado)



Propio del autor.

Anexo N°42 (táctil de microondas en el panel de control)



Propio del autor.

Anexo N°43 (circuito de microondas en el panel de control)



Propio del autor.

Anexo N°44 (prolongación de cables del microondas)



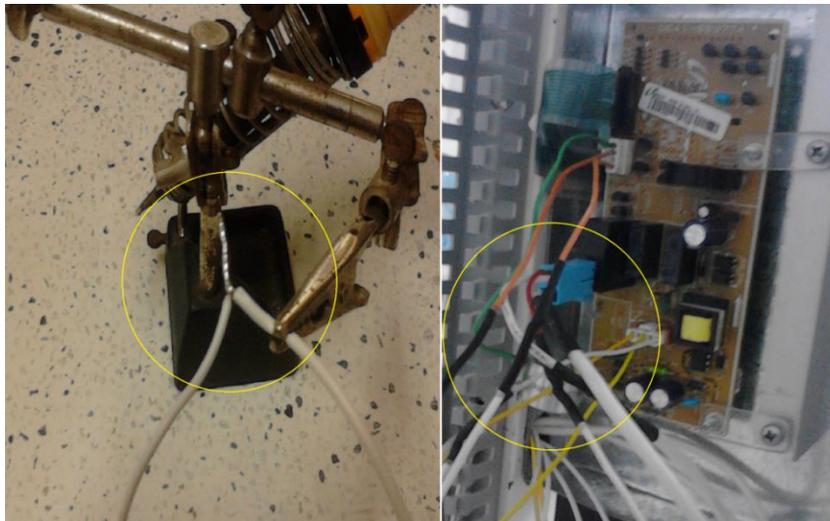
Propio del autor.

Anexo N°45 (distribución de cables conductores del sistema de control)



Propio del autor.

Anexo N°46 (aplicación de soldadura y termo incogible en prolongación de cables del microondas)



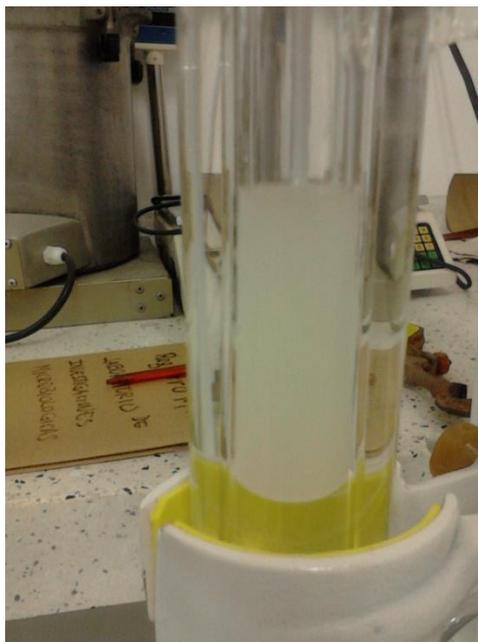
Propio del autor.

Anexo N°47 (relay averiado y cambiado)



Propio del autor.

Anexo N°48 (aceite extraído de la planta de destilación asistida por microondas)



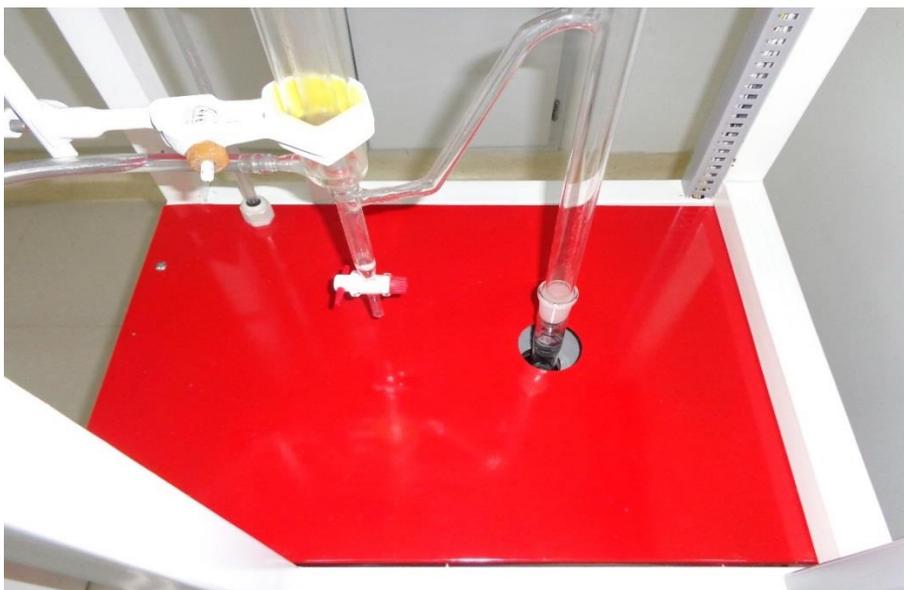
Propio del autor.

Anexo N°51 (chasis en acrílico para protección del lazo de control)



Propio del autor.

Anexo N°52 (ubicación de vidriería en la parte inferior de la planta de destilación)



Propio del autor.

Anexo N°53 (vista lateral del montaje de la vidriería de la planta de destilación)



Propio del autor.

Anexo N°54 (vista trasera del montaje de la vidriería de la planta de destilación)



Propio del autor.

Anexo N°55 (vista frontal de la planta de destilación asistida por microondas)



Propio del autor.

Anexo N°56 (laminas del criostato)



Propio del autor.

Anexo N°57 (marcación de perforaciones en la lámina)



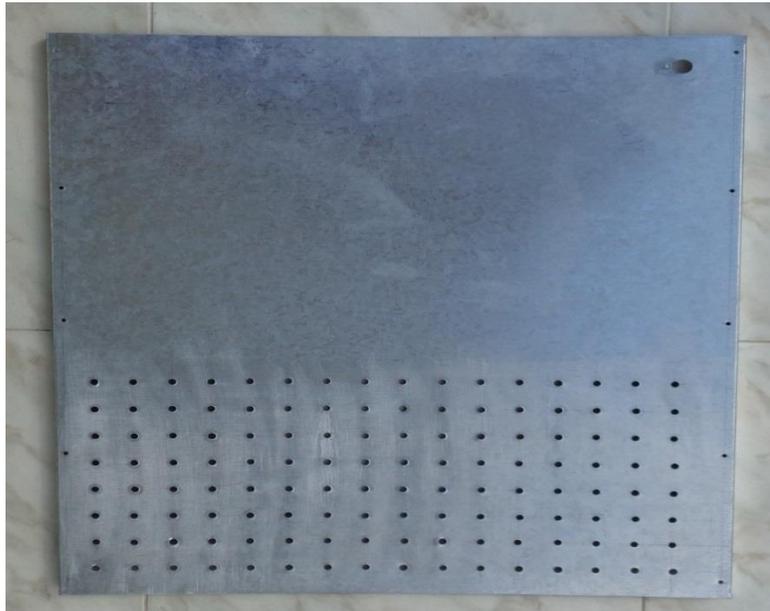
Propio del autor.

Anexo N°58 (perforación de las láminas)



Propio del autor.

Anexo N°59 (lamina perforada y lijada)



Propio del autor.

Anexo N°60 (lamina pintada y ubicada en el criostato)



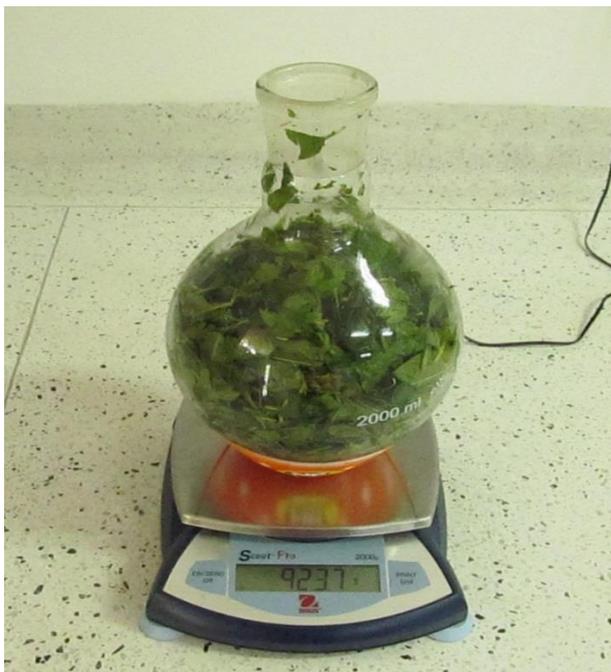
Propio del autor.

Anexo N°61 (fijación de manguera al criostato a través de una prensa estopa)



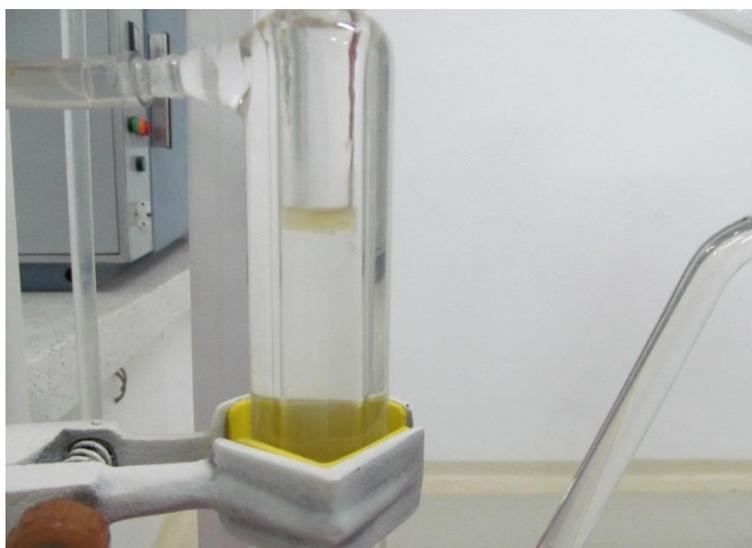
Propio del autor.

Anexo N°62 (material vegetal en balón de fondo redondo)



Propio del autor.

Anexo N°63 (aceite vegetal e hidrosoles)



Propio del autor.

Anexo N°64 (aceite vegetal extraído)



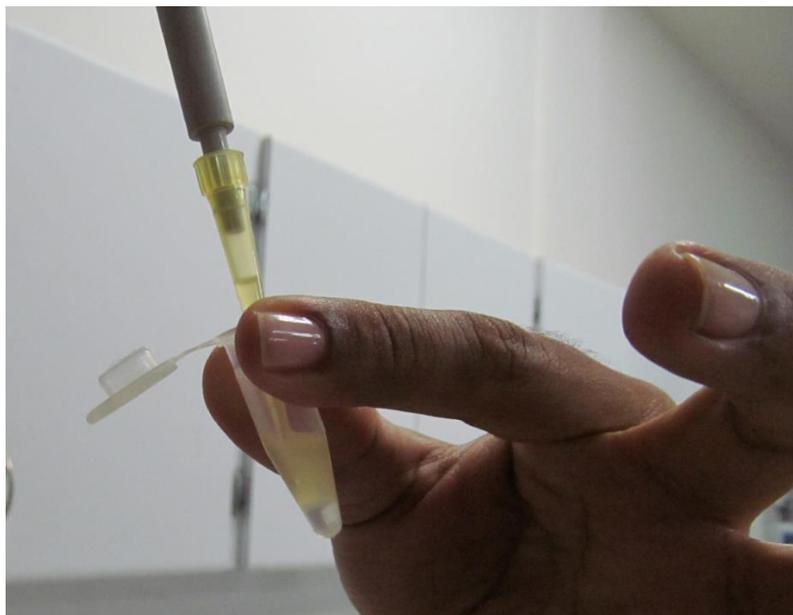
Propio del autor.

Anexo N°65 (aceite en tubo eppendorf)



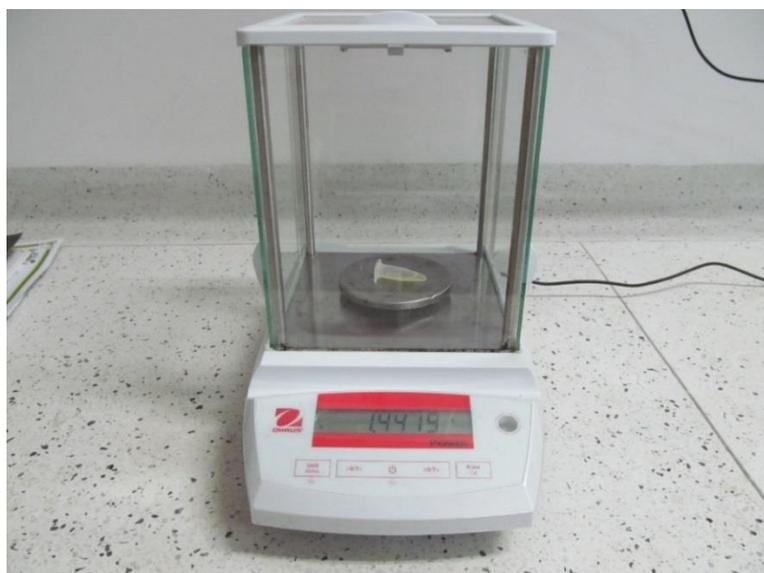
Propio del autor.

Anexo N°66 (extracción de hidrosoles con micropipeta)



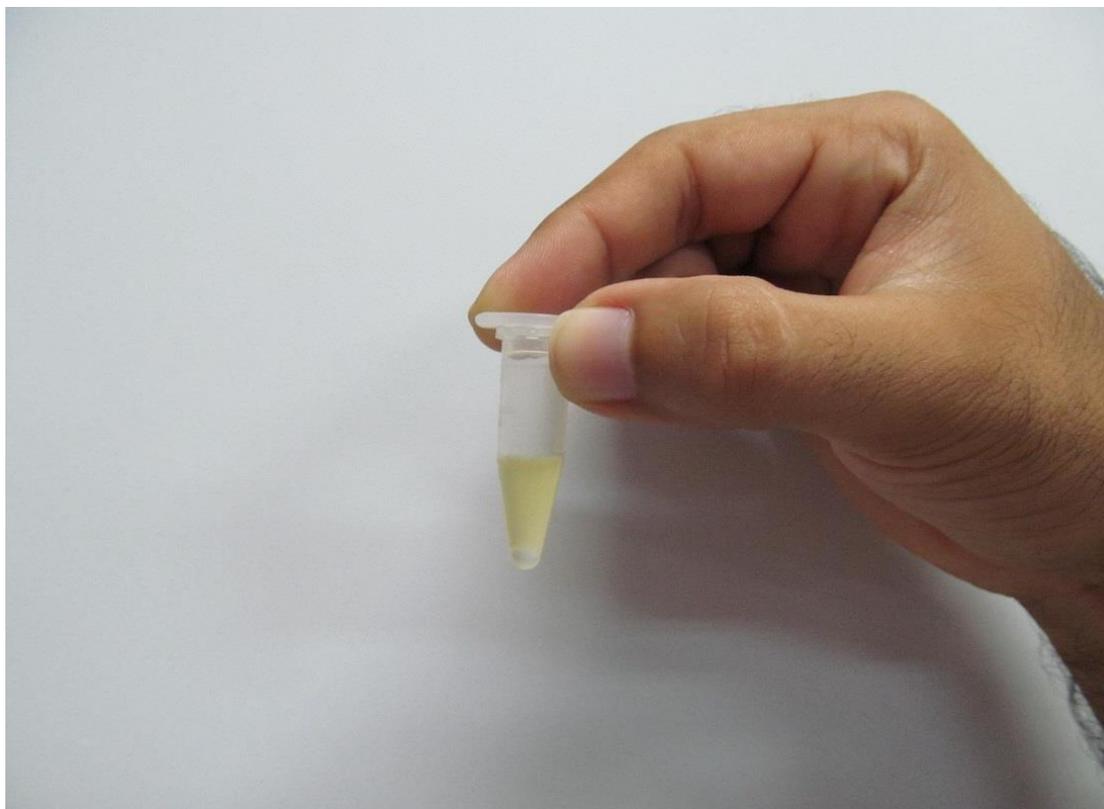
Propio del autor.

Anexo N°67 (peso del aceite más el tubo eppendorf para calcular cantidad de aceite obtenido)



Propio del autor.

Anexo N°68 (aceite vegetal extraído de la planta de destilación asistida por microondas)



Propio del autor.

14. MANUAL DE OPERACIONES

1. REQUERIMIENTOS BASICOS PARA EL BUEN FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA.

Revisar los niveles de potencia en el lugar de trabajo para ver si se ajustan a la potencia de consumo del sistema optimizado, los niveles eléctricos deben ser dimensionados de acuerdo con los estándares eléctricos utilizados en Colombia.

Debe proveer un voltaje de 110VCA por medio de una fase a una frecuencia de 60Hz, ésta debe tener una capacidad de potencia mínima de 3000 vatios libres para el equipo y disponer de una línea de neutro y su respectiva puesta a tierra.

Es responsabilidad exclusiva del usuario El estado del suministro eléctrico (Fase, Neutro y Tierra).

No conectar en el mismo toma corriente el criostato y la planta de destilación.

2. MONTAJE DE LA VIDRIERIA Y EL SISTEMA HIDRAULICO

1. Introduzca las plantas dentro del balón de fondo redondo acompañadas de 200 a 300 ml de agua destilada, ver figura 6 , dependiendo la cantidad de material vegetal que se meta dentro de dicho recipiente así serán los mililitros de agua destilada a usar.
2. Introduzca el balón dentro del microondas, posicionándolo de una manera estable dentro del mismo, utilice un recipiente plástico para mantener el balón en una posición vertical. Bajo ninguna condición ponga este vidrio sin ningún soporte.
3. poner el vidrio (trampa de dean-stark) y sujetarlo con una pinza para fijar su posición, a la hora de apretar use una presión baja que permita sujetarlos

sin romper estos. una vez fijada, vierta dentro de esta, agua destilada hasta el desborde que internamente tiene dicho vidrio.

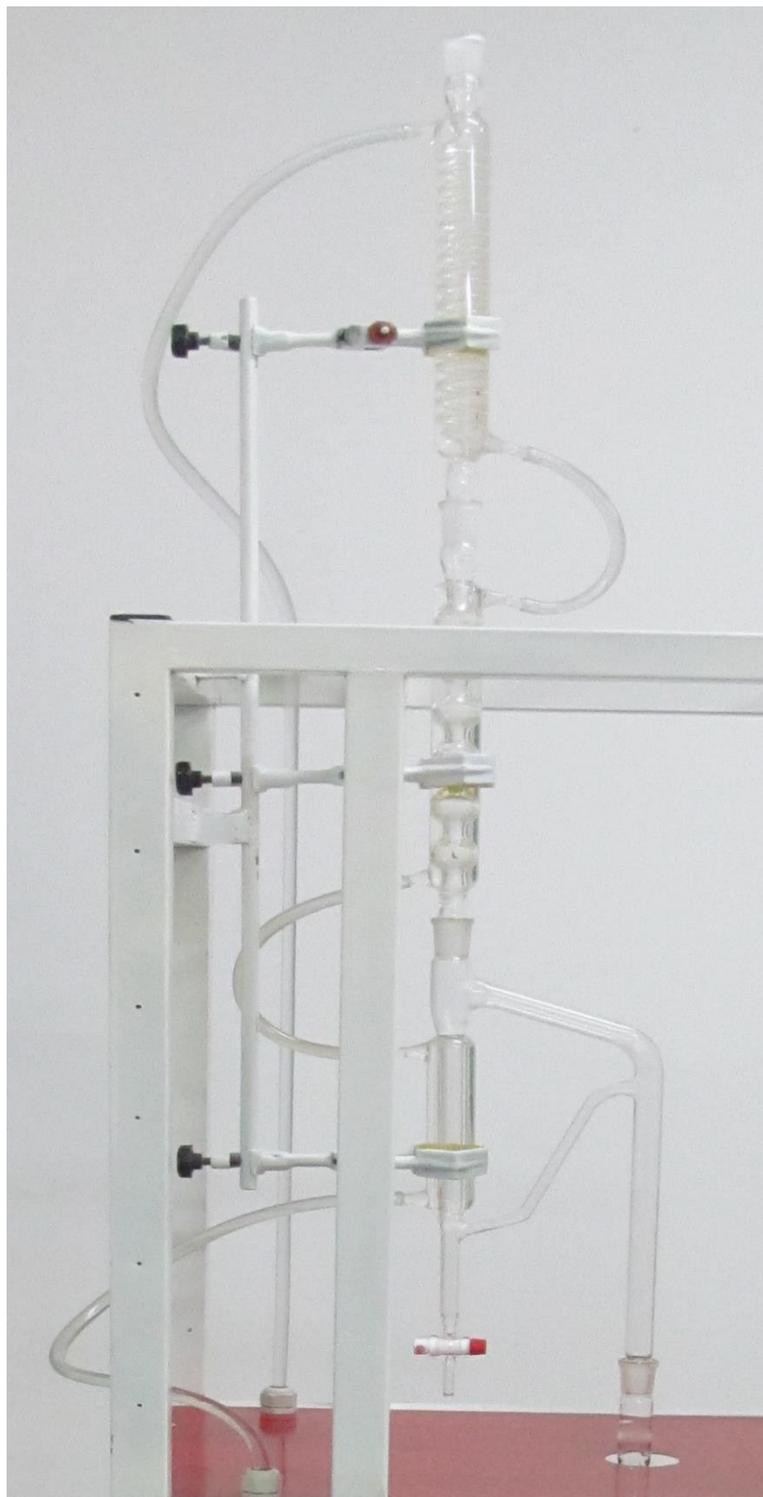
4. Acople el siguiente vidrio (condensador de bola) y sujételo con una pinza luego ponga el siguiente vidrio (condensador en espiral) asegurándolo con otra pinza.
5. interconecte los vidrios con las mangueras con mucho cuidado. Cerciórese que cada vidrio que conforma el circuito este perfectamente acoplado uno encima del otro.
6. Una vez cumplido con el procedimiento anterior verifique cada conexión del sistema hidráulico, cerciorándose de que los vidrios estén conectados en el orden correcto y cada acople entre las mangueras y estos sean seguros, no debe haber uniones flojas ni mangueras sueltas. ver imágenes N°1 y N°2.

Imagen 1. Circuito hidráulico



Propia del autor.

Imagen 2. Circuito hidráulico



Propia del autor.

3. CRIOSTATO.

El criostato se encarga de llevar el agua a una temperatura mínima de 6 °c sin embargo por causa de la temperatura de los vapores que este enfría a través de dicho liquido la temperatura se mantiene en aproximadamente 12 °c, esta es usada para dar lugar a la condensación del material que al final termina como aceite.

Antes de activar el lazo de control es necesario que el criostato indique la temperatura apropiada del agua, es decir entre 6°C y 12°C de lo contrario bajo ninguna condición inicie la destilación puesto que esto genera pérdidas por el escape de los vapores no condensados.

Para que la planta de destilación funcione en óptimas condiciones, primero debe tener con anticipación el criostato encendido con una temperatura de 6°C.

4. PANEL DE CONTROL DE PLANTA DE DESTILACIÓN.

Imagen 3. Panel de control.



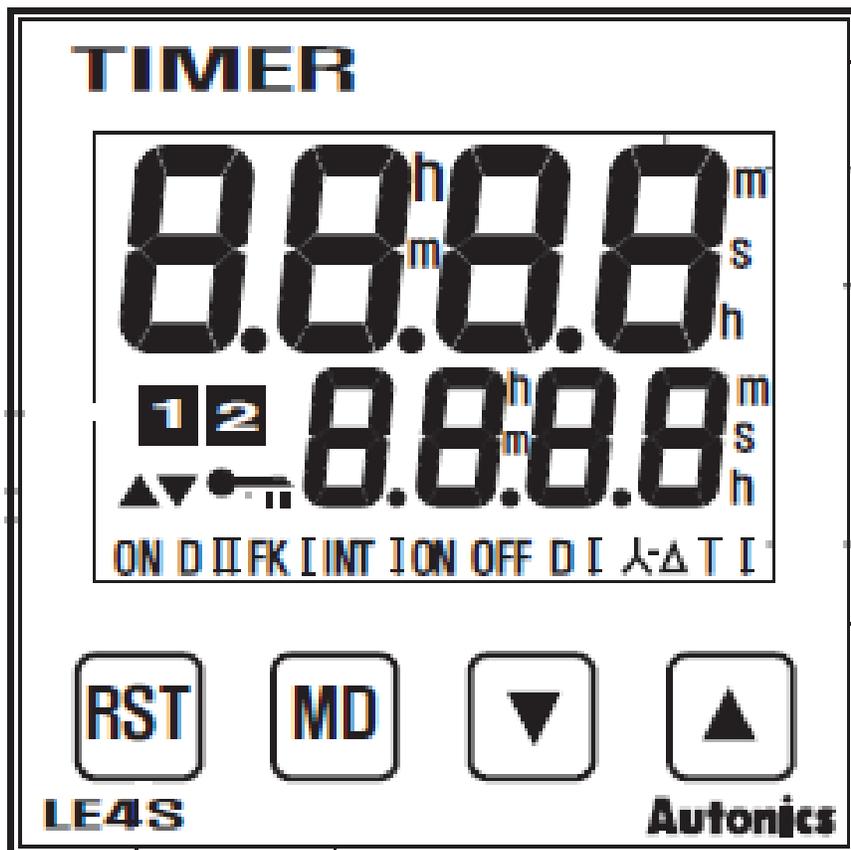
Propia del autor.

1. Accionar los breaker ubicados en la parte superior izquierda del panel de control. El indicador luminoso verde avisa que el sistema está energizado y listo para operar.
2. Programar el horno microondas por 10 minutos y darle inicio. Una vez activada la bomba se activa el indicador luminoso rojo, el cual indica que está accionado dicho actuador. Cuando se apaga dicha bomba se desactiva el indicador rojo y se activa el indicador amarillo el cual muestra que la bomba se ha desconectado.
3. Una vez terminado el primer ciclo de 10 minutos se espera 5 minutos y se presiona el botón RST del timer activando la bomba por 10 minutos más, inmediatamente después de haber realizado esta acción se enciende el

microondas por 10 minutos y de esta manera se cumplen los 3 ciclos de 10 minutos de extracción de aceites.

4. Si se necesita aumentar o disminuir el tiempo de exposición del material a la temperatura se presiona el botón MD del timer LE4S por 3 seg y con los dos pulsadores ubicados en la parte inferior derecha del mismo se aumentan o disminuyen los minutos y segundos .para que el timer quede programado con ese tiempo se presiona nuevamente el pulsador MD por 2 seg y se pulsa el botón RST.

Imagen 4. Timer LE4S



<http://www.sensource.biz/products/digital-timers/le4s-series/>

5. En caso de cualquier anomalía sea eléctrica, hidráulica o de cualquier tipo bajar los breaker para asegura la integridad del sistema y de los operarios y contactarse con los creadores de la misma.
6. Una vez terminado el ciclo, no apague la máquina inmediatamente sino esperar mínimo 10 minutos hasta que se enfríe.