

SECRETARIA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

INGENIERIA QUÍMICA

ALUMNO:
JONAPÁ PÉREZ HERMAS
No. DE CONTROL: 13270794

INFORME TÉCNICO DE RESIDENCIA PROFESIONAL:

NOMBRE DEL PROYECTO:

“Construcción y Automatización de un equipo de destilación en el laboratorio de Ingeniería química del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.”

ASESOR:

ING. MARCO ANTONIO MAZARIEGOS MORALES

REVISORES:

JIMÉNEZ OCAÑA JORGE CIRO
ROBLES VÁZQUEZ JOSÉ FREDI

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS. 02 DE FEBRERO DEL 2018.

INTRODUCCIÓN

La presión y la temperatura son variables que influyen directamente en un proceso de destilación ya que de estas depende que la destilación sea o no eficiente, sin embargo ambas propiedades están relacionadas entre sí, es decir, una depende de otra.

La carrera de Ingeniería química dentro de su retícula incluye en su plan de estudios la asignatura de instrumentación y control, cuyos conocimientos adquiridos en esta se pondrán en práctica durante el desarrollo de este proyecto.

El proyecto consiste en construir un equipo de destilación cuyo uso en el laboratorio de ingeniería química sea el de poder destilar soluciones de alcohol y realizar la recuperación de éste para poder reutilizarlo, (Así como otras sustancias diferentes al alcohol). Al equipo de destilación se le va a instrumentar para medir, en este caso, la variable de temperatura que es un factor que influye en la eficiencia del proceso; por lo tanto, se le tiene que determinar y controlar para que el proceso se lleve a cabo adecuadamente.

El equipo a instrumentar ya se encuentra en el laboratorio y se llevan a cabo procesos de destilación en él, sin embargo, este equipo no está montado como tal, más bien se hace de una forma improvisada, y lo más importante, no se mide ni se controla la temperatura todo se hace suponiendo en qué tiempo ya se pudo haber destilado lo que se requiere.

De esta manera, antes de hacer la automatización la primera tarea es la de construir y montar el equipo con todas sus partes necesarias para que ya quede fijo, para eso se cuentan con algunos recursos y materiales para su construcción, que, aunque algunos no son específicamente para usarlo en tal equipo, se pueden adecuar para que funcionen para el propósito planteado.

JUSTIFICACIÓN

El laboratorio de ingeniería química en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez es el lugar en el cual se desarrollan diversas prácticas con el fin de complementar los contenidos teóricos de asignaturas de la carrera de ingeniería química e ingeniería bioquímica, sin embargo, en esta labor se producen algunos residuos de diferentes tipos los cuales son recolectados dependiendo del tratamiento que se le debe dar a cada uno de ellos, pero cabe mencionar que algunos de estos residuos son mezclas de dos o más componentes que, dándoles el tratamiento adecuado pueden ser recuperados para ser utilizados nuevamente y evitar sus desperdicios, particularmente, este proyecto tomó importancia debido a que analizando nos pudimos dar cuenta que en laboratorio se encuentra grandes cantidades de solución de alcohol (agua-alcohol) que en ese estado ya no puede ser utilizado y por lo tanto se necesita un método de separación que ayude a recuperar el alcohol contenido en esa solución y por lo consiguiente, vuelva a ser utilizado para nuevas prácticas u otros usos, sin embargo, en el laboratorio no se cuenta con un equipo que pueda hacer una destilación para una cantidad grande de solución como la que ahí se tiene, solo puede hacerse para escalas pequeñas y experimentales, lo cual llevaría mucho tiempo y haría casi imposible este proceso.

Como se mencionó antes este proceso se lleva a cabo en el laboratorio, pero casi de forma improvisada sin medir ni controlar la temperatura; entonces, es este el motivo de realizar este proyecto ya que se necesita un equipo que pueda destilar una mayor cantidad y que aparte pueda medirse, en este caso, la temperatura para hacer más fácil y efectivo el proceso, ya que como se mencionó antes, la presión y temperatura son factores que están estrictamente relacionados con el proceso de destilación.

Por otra parte, se puede integrar como práctica en la asignatura de laboratorio integral 3.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL.

Automatización de un equipo de destilación implementando un sistema de control.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Tener conocimiento del manejo de un equipo automatizado
- Aplicar los conocimientos de programación del software Arduino.
- Conocimiento práctico de la influencia de la temperatura en el proceso de destilación simple.
- Adecuar sensores de temperatura en el equipo de destilación.
- Colocar una resistencia eléctrica en el Destilador.
- Aplicar un sistema de control adecuado.
- Implementar componentes electrónicos en el sistema de control.
- Reducir la cantidad de agua para el sistema enfriamiento.
- Implementar bombas electrónicas para la circulación de agua.

PROBLEMAS A RESOLVER:

La implementación de un sistema de control de los equipos es muy importante para poder garantizar la seguridad y la eficiencia de una planta química. Gracias a este sistema, se controlan todas las variables que intervienen en el proceso y que podrían afectar a este y, por lo tanto, se asegura la calidad, la viabilidad y la seguridad. Asimismo, la economía de la empresa y los factores medioambientales serán más favorables. A la hora de poner en marcha la planta, se debe tener en cuenta que, a pesar de que se haya hecho un buen diseño de los equipos, siempre existe la posibilidad de que se experimenten perturbaciones que puedan afectar al proceso. En nuestro caso, por ejemplo, no poder controlar la temperatura en el destilador podría originar una ineficiencia en la pureza de la sustancia a destilar.

Por lo tanto, la implementación un sistema de control automático en este equipo de destilación tiene la finalidad de que se mantengan los parámetros a controlar.

A continuación, se mencionan algunos problemas que podrán ser resueltos mediante la realización de este proyecto.

- Recuperar considerables cantidades de alcohol que de otra manera ya no hubiese sido posible.
- Favorecer el desarrollo de prácticas de laboratorio más eficaces.
- Los alumnos (Principalmente de la carrera de ingeniería química) podrán usar el equipo para otros fines que impliquen el desarrollo de nuevos conocimientos.

El laboratorio de ingeniería química tendrá a su disposición más cantidad de alcohol, necesario para realizar diversas actividades.

ALCANCES Y LIMITACIONES.

Con este proyecto se pretende ayudar a los alumnos, especialmente a los cursantes de Ing. Química del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; a que tenga una herramienta de apoyo para la realización de algunas prácticas de laboratorio, así como otras actividades que impliquen el uso de dicho equipo.

Durante las sesiones realizadas en este proyecto, existieron muchas limitaciones, por mencionar algunas, la falta de algunos materiales y los pocos conocimientos que se tienen como estudiante de Ingeniería Química en el área de electrónica. Sin embargo, a través de diferentes estrategias pudieron llevarse a cabo los objetivos.

DATOS DE LA EMPRESA.

GENERALIDADES.

Características de la empresa donde se realizó el proyecto.

El instituto tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, es una empresa educativa formadora de ingenieros en sus diferentes áreas. Fundada en los años 70, esta institución hoy en día cuenta con 9 licenciaturas:

- Ingeniería Mecánica
- Ingeniería en Sistemas Computacionales
- Ingeniería Industrial
- Ingeniería Electrónica
- Ingeniería Eléctrica
- Ingeniería Bioquímica
- Ingeniería Química
- Ingeniería en Gestión Empresarial
- Ingeniería Logística.

2 Maestrías en:

- Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecánica
- Maestría en Ciencias en Ingeniería Bioquímica

UBICACIÓN GEOGRÁFICA.

El instituto está ubicado en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez con la siguiente dirección:

Carretera Panamericana Km. 1080, C.P. 29050, Apartado Postal: 599,

Tel. (961)61 5 04 61 Fax: (961)61 5 16 87.

MISIÓN Y VISIÓN.

Misión:

“Formar de manera integral profesionistas de excelencia en el campo de la ciencia y la tecnología con actitud emprendedora, respeto al medio ambiente y apego a los valores éticos. “

Visión:

“Ser una institución de excelencia en la educación superior tecnológica del sureste, comprometida con el desarrollo socioeconómico sustentable de la región.”

FUNDAMENTO TEÓRICO.

GENERALIDADES DE LA DESTILACIÓN.

La destilación, es un proceso que consiste en calentar un líquido hasta que sus componentes más volátiles pasan a la fase de vapor y, a continuación, enfriar el vapor para recuperar dichos componentes en forma líquida por medio de la condensación. El objetivo principal de la destilación es separar una mezcla de varios componentes aprovechando sus distintas volatilidades, o bien separar los materiales volátiles de los no volátiles. En la evaporación y en el secado, normalmente el objetivo es obtener el componente menos volátil; el componente más volátil, casi siempre agua, se desecha. La destilación depende de parámetros como: **El equilibrio liquido vapor, temperatura, presión, composición, energía.**

- El equilibrio entre el vapor y el líquido de un compuesto está representado por la relación de moles de vapor y líquido a una temperatura determinada, también puede estudiarse este equilibrio a partir de sus presiones de vapor.
- **La temperatura** influye en las presiones de vapor y en consecuencia de la cantidad de energía proporcionada al sistema, también influye en la composición del vapor y el líquido ya que esta depende de las presiones del vapor.
- **La presión** tiene directa influencia en los puntos de ebullición de los líquidos orgánicos y por tanto en la destilación.
- La composición es una consecuencia de la variación de las presiones de vapor, de la temperatura que fijan las composiciones en el equilibrio.
- Puntos de ebullición, son aquellos puntos o temperaturas de compuestos puros a las que sus presiones de vapor igualan a la presión atmosférica, produciéndose el fenómeno llamado ebullición.

Hay diferentes tipos de destilación:

Destilación simple

Es el método que se usa para la separación de líquidos con punto de ebullición inferior a 150°C a presión atmosférica de impurezas no volátiles o de otros líquidos miscibles que presenten un punto de ebullición al menos 25°C superior al primero de ellos. Es importante que la ebullición de la mezcla sea homogénea y no se produzcan proyecciones. Para evitar estas proyecciones suele introducirse en el interior del aparato de destilación nódulos de materia que no reaccione con los componentes. Normalmente se suelen utilizar pequeñas bolas de vidrio.

Destilación Fraccionada

Este proceso, conocido como rectificación o destilación fraccionada, se utiliza mucho en la industria, no sólo para mezclas simples de dos componentes (como alcohol y agua en los productos de fermentación, u oxígeno y nitrógeno en el aire líquido), sino también para mezclas más complejas como las que se encuentran en el alquitrán de hulla y en el petróleo. La columna fraccionadora que se usa con más frecuencia es la llamada torre de burbujeo, en la que las placas están dispuestas horizontalmente, separadas unos centímetros, y los vapores ascendentes suben por unas cápsulas de burbujeo a cada placa, donde burbujean a través del líquido. Las placas están escalonadas de forma que el líquido fluye de izquierda a derecha en una placa, luego cae a la placa de abajo y allí fluye de derecha a izquierda. La interacción entre el líquido y el vapor puede ser incompleta debido a que puede producirse espuma y arrastre de forma que parte del líquido sea transportado por el vapor a la placa superior. En este caso, pueden ser necesarias cinco placas para hacer el trabajo de cuatro placas teóricas, que realizan cuatro destilaciones. Un equivalente barato de la torre de burbujeo es la llamada columna apilada, en la que el líquido fluye hacia abajo sobre una pila de anillos de barro o trocitos de tuberías de vidrio.

La única desventaja de la destilación fraccionada es que una gran fracción (más o menos la mitad) del destilado condensado debe volver a la parte superior de la torre y eventualmente debe hervirse otra vez, con lo cual hay que suministrar más calor. Por otra parte, el funcionamiento continuo permite grandes ahorros de calor, porque el destilado que sale puede ser utilizado para precalentar el material que entra.

Cuando la mezcla está formada por varios componentes, estos se extraen en distintos puntos a lo largo de la torre. Las torres de destilación industrial para petróleo tienen a menudo 100 placas, con al menos diez fracciones diferentes que son extraídas en los puntos adecuados. Se han utilizado torres de más de 500 placas para separar isótopos por destilación.

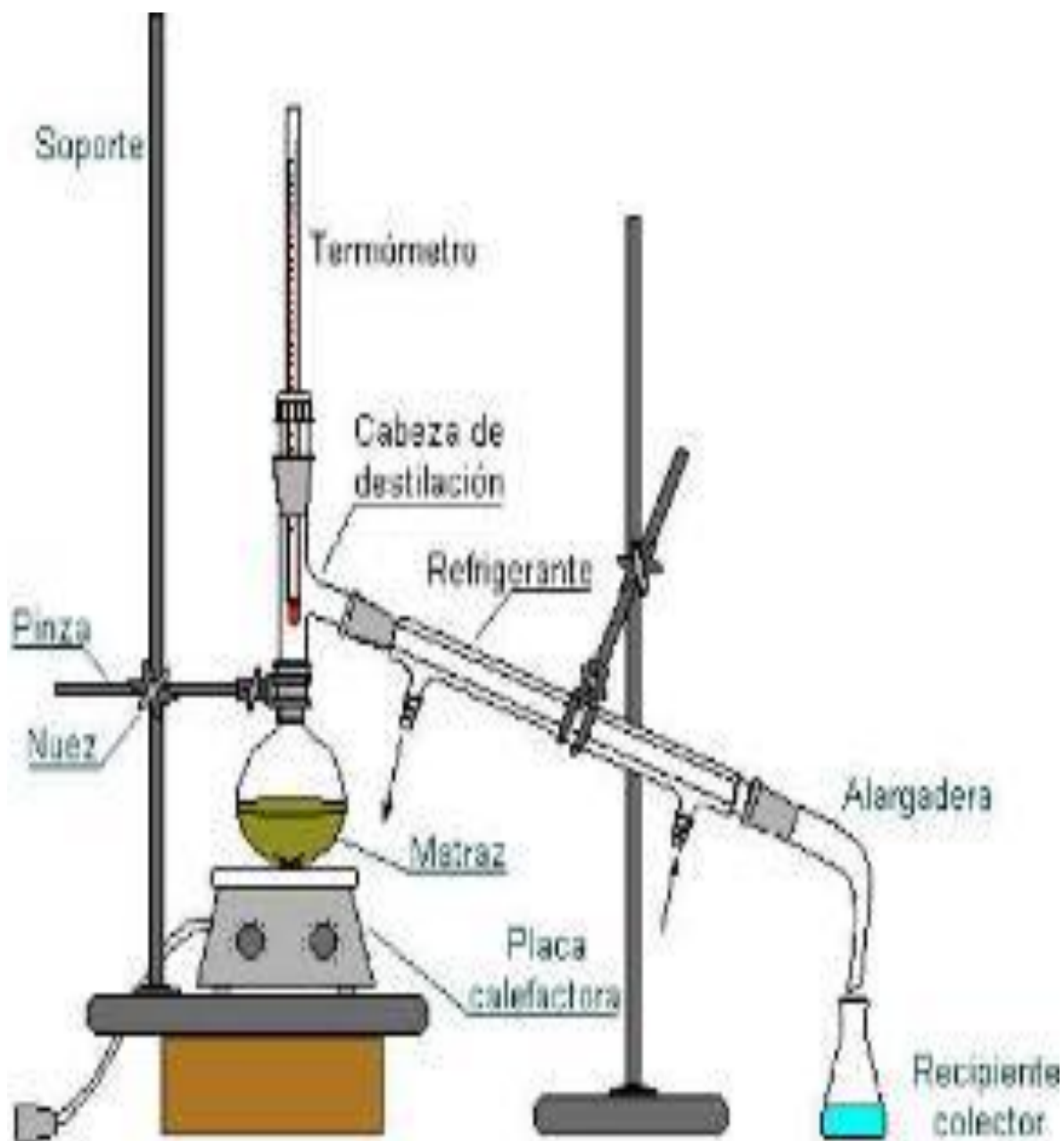
***Destilación por vapor ***

Si dos líquidos insolubles se calientan, ninguno de los dos es afectado por la presencia del otro (mientras se les remueva para que el líquido más ligero no forme una capa impenetrable sobre el más pesado) y se evaporan en un grado determinado solamente por su propia volatilidad. Por lo tanto, dicha mezcla siempre hierve a una temperatura menor que la de cada componente por separado. El porcentaje de cada componente en el vapor sólo depende de su presión de vapor a esa temperatura. Este principio puede aplicarse a sustancias que podrían verse perjudicadas por el exceso de calor si fueran destiladas en la forma habitual.

Destilación al vacío*

Muchas sustancias no pueden purificarse por destilación a la presión ordinaria, porque se descomponen a temperaturas cercanas a su punto de ebullición normal, en otros casos la finalmente poseen problemas de equilibrio líquido-vapor, en consecuencia, se emplea el método de destilación al vacío o a presión reducida.

ESQUEMA DE UN EQUIPO DE DESTILACIÓN SENCILLA EN LABORATORIO



SISTEMAS DE CONTROL AUTOMÁTICO.

El control automático de procesos es una de las disciplinas que se ha desarrollado a una velocidad vertiginosa, dando las bases a lo que hoy algunos autores llaman la segunda revolución industrial. El uso intensivo de las técnicas del control automático de procesos tiene como origen la evolución y tecnificación de las tecnologías de medición y control aplicadas al ambiente industrial. Su estudio y aplicación ha contribuido al reconocimiento universal de sus ventajas y beneficios asociados al ámbito industrial, que es donde tiene una de sus mayores aplicaciones debido a la necesidad de controlar un gran número de variables, sumado esto a la creciente complejidad de los sistemas. El control automático de procesos se usa fundamentalmente porque reduce el costo asociado a la generación de bienes y servicios, incrementa la calidad y volúmenes de producción de una planta industrial entre otros beneficios asociados con su aplicación. La eliminación de errores y un aumento en la seguridad de los procesos es otra contribución del uso y aplicación de esta técnica de control. En este punto es importante destacar que anterior a la aplicación masiva de las técnicas de control automático en la industria, era el hombre el que aplicaba sus capacidades de cálculo e incluso su fuerza física para la ejecución del control de un proceso o máquina asociada a la producción. En la actualidad, gracias al desarrollo y aplicación de las técnicas modernas de control, un gran número de tareas y cálculos asociados a la manipulación de las variables ha sido delegado a computadoras, controladores y accionamientos especializados para el logro de los requerimientos del sistema. El principio de todo sistema de control automático es la aplicación del concepto de realimentación o feedback (medición tomada desde el proceso que entrega información del estado actual de la variable que se desea controlar) cuya característica especial es la de mantener al controlador central informado del estado de las variables para generar acciones correctivas cuando así sea necesario. Este mismo principio se aplica en campos tan diversos como el control de procesos químicos, control de hornos en la fabricación

del acero, control de máquinas herramientas, control de variables a nivel médico e incluso en el control de trayectoria de un proyectil militar. El uso de las computadoras digitales ha posibilitado la aplicación en forma óptima del control automático a sistemas físicos que hace algunos años atrás eran imposibles de analizar o controlar. Uno de estos avances está dado por la aplicación de las técnicas de control difuso, aplicaciones con redes neuronales, simulación de sistemas de control y sistemas expertos entre otros. Es de vital importancia la aplicación del denominado control adaptativo cuya principal característica es su capacidad de modificar los parámetros del sistema de control en respuesta a cambios en la dinámica y/o perturbaciones del sistema. Esta fue la principal razón para introducir este tipo de reguladores, es decir, los cambios internos que puede sufrir la dinámica de la planta a controlar por factores ambientales u otros inherentes a los sistemas como el envejecimiento, desgaste y los cambios en el entorno del conjunto regulador-planta, como, por ejemplo, cambios en la presión y temperatura entre otros.

“El control automático es el mantenimiento de un valor deseado para una cantidad o condición física, midiendo su valor actual, comparándolo con el valor referencia, y utilizando la diferencia para proceder a reducirla mediante una acción correctiva. En consecuencia, el control automático exige un lazo cerrado de acción y reacción que funcione sin intervención humana”. El elemento más importante de cualquier sistema de control automático es el lazo de control realimentado, que no es más que una trayectoria cerrada formada por un sensor, un controlador y un elemento final de control. El concepto de control por realimentación no es nuevo, el primer lazo de control realimentación fue usado en 1774 por James Watt para el control de la velocidad de una máquina de vapor. A pesar de que los principios de funcionamiento del lazo de control ya eran conocidos, las técnicas de control y análisis de estabilidad se desarrollaron lentamente hasta que los primeros sistemas de transmisión neumática comenzaron a volverse comunes en los años 40. Desde esta fecha en adelante se marca un hito debido a la necesidad de contar con

herramientas de análisis y nuevas tecnologías aplicadas a los equipos de control, necesarios para la implementación de sistemas más seguros, robustos y estables. Dentro de los aportes más importantes tenemos los trabajos desarrollados por Minorsky y Hazen.

INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL.

Instrumentación industrial: es el grupo de elementos que sirven para medir, convertir, transmitir, controlar o registrar variables de un proceso con el fin de optimizar los recursos utilizados en éste. Es el conocimiento de la correcta aplicación de los equipos encaminados para apoyar al usuario en la medición, regulación, observación, transformación, ofrecer seguridad, etc., de una variable dada en un proceso productivo.

Un sistema de instrumentación es una estructura compleja que agrupa un conjunto de instrumentos, un dispositivo o sistema en el que se mide, unas conexiones entre estos elementos y, por último, y no menos importante, unos programas que se encargan de automatizar el proceso y de garantizar la repetibilidad de las medidas.

En términos abstractos, un instrumento de medición es un dispositivo que transforma una variable física de interés, que se denomina variable medida, en una forma apropiada para registrarla o visualizarla o simplemente detectarla, llamada medición o señal medida.

Una medición es, entonces, un acto de asignar un valor específico a una variable física. Dicha variable física es la variable medida. Un sistema de medición es una herramienta utilizada para cuantificar la variable medida.

El elemento clave fundamental de un sistema de instrumentación, es el elemento sensor. La función del sensor es percibir y convertir la entrada (variable física) percibida por el sensor, en una variable de la señal de salida.

El sensor es un elemento físico que emplea algún fenómeno natural por medio del cual sensar la variable a ser medida. El transductor, convierte esta información censada en una señal detectable, la cual puede ser eléctrica, mecánica, óptica, u otra. El objetivo es convertir la información censada en una forma que pueda ser fácilmente cuantificada.

Las variables a medir o controlar pueden ser:

Variables físicas:

- Caudal.
- Caudal másico.
- Caudal volumétrico.
- Presión.
- Temperatura.
- Nivel.
- Nivel de líquidos.
- Nivel de sólidos.
- Velocidad.
- Peso.
- Humedad.
- Punto de rocío.

Variables químicas:

- pH.
- Conductividad eléctrica.
- Redox.

INTRODUCCIÓN AL ARDUINO.

¿Qué es Arduino? Arduino es una herramienta para hacer que los ordenadores puedan sentir y controlar el mundo físico a través de tu ordenador personal. Es una plataforma de desarrollo de computación física (physical computing) de código abierto, basada en una placa con un sencillo microcontrolador y un entorno de desarrollo para crear software (programas) para la placa. Puedes usar Arduino para crear objetos interactivos, leyendo datos de una gran variedad de interruptores y sensores y controlar multitud de tipos de luces, motores y otros actuadores físicos. Los proyectos con Arduino pueden ser autónomos o comunicarse con un programa (software) que se ejecute en tu ordenador. La placa puedes montarla tú mismo o comprarla ya lista para usar, y el software de desarrollo es abierto.

El Arduino puede ser alimentado a través de la conexión USB o con una fuente de alimentación externa. La fuente de alimentación se selecciona automáticamente.

Hardware y cable USB.



Especificaciones técnicas

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current for I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328)
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz

POWER, INPUTS AND OUTPUTS.

Pines de alimentación (Power pins)



Bien, alimentemos al arduino mediante la conexión USB o mediante una fuente externa (recomendada de 7-12V), vamos a tener unas salidas de tensión continua debido a unos reguladores de tensión y condensadores de estabilización. Estos pines son:

- VIN: se trata de la fuente tensión de entrada que contendrá la tensión a la que estamos alimentando al Arduino mediante la fuente externa.
- 5V: fuente de tensión regulada de 5V, esta tensión puede venir ya sea de pin VIN a través de un regulador interno, o se suministra a través de USB o de otra fuente de 5V regulada.
- 3.3V: fuente de 3.3 voltios generados por el regulador interno con un consumo máximo de corriente de 50mA.

- GND: pines de tierra.

Digital Inputs/Outputs

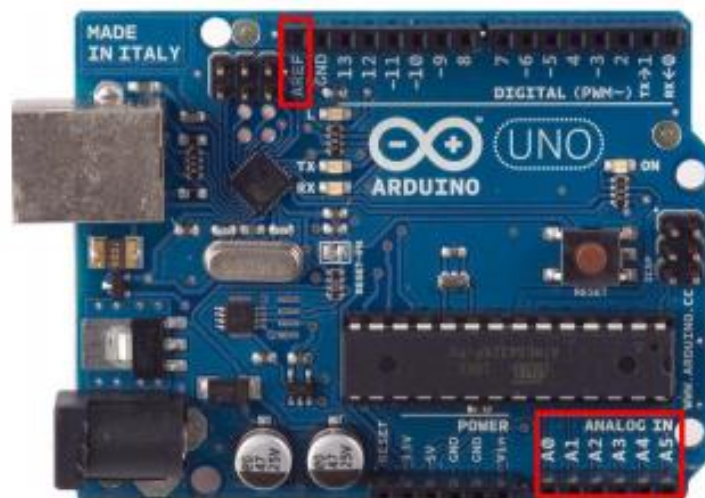


Digital Inputs/Outputs Cada uno de los 14 pines digitales se puede utilizar como una entrada o salida. Cada pin puede proporcionar o recibir un máximo de 40 mA y tiene una resistencia de pull-up (desconectado por defecto) de 20 a 50 kOhm. Además, algunos pines tienen funciones especializadas como:

- Pin 0 (RX) y 1 (TX). Se utiliza para recibir (RX) y la transmisión (TX) de datos serie TTL.
- Pin 2 y 3. Interrupciones externas. Se trata de pines encargados de interrumpir el programa secuencial establecido por el usuario.
- Pin 3, 5, 6, 9, 10 y 11. PWM (modulación por ancho de pulso). Constituyen 8 bits de salida PWM con la función `analogWrite()`.

- Pin 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Estos pines son de apoyo a la comunicación SPI.
- Pin 13. LED. Hay un LED conectado al pin digital 13. Cuando el pin es de alto valor, el LED está encendido, cuando el valor está bajo, es apagado.

Analog Inputs



El Arduino posee 6 entradas analógicas, etiquetadas desde la A0 a A5, cada una de las cuales ofrecen 10 bits de resolución (es decir, 1024 estados). Por defecto, tenemos una tensión de 5V, pero podemos cambiar este rango utilizando el pin de AREF y utilizando la función `analogReference()`, donde le introducimos una señal externa de continua que la utilizara como referencia.

PROGRAMACIÓN EN ARDUINO

La programación de Arduino es la programación de un microcontrolador. Esto era algo más de los ingenieros electrónicos, pero Arduino lo ha extendido a todo el público. Arduino ha socializado la tecnología.

Programar en Arduino consiste en traducir a líneas de código las tareas automatizadas que queremos hacer leyendo de los sensores y en función de las condiciones del entorno programar la interacción con el mundo exterior mediante unos actuadores.

Arduino proporciona un entorno de programación sencillo y potente para programar, pero además incluye las herramientas necesarias para compilar el programa y “quemar” el programa ya compilado en la memoria flash del microcontrolador. Además, el IDE nos ofrece un sistema de gestión de librerías y placas muy práctico. Como IDE es un software sencillo que carece de funciones avanzadas típicas de otros IDEs, pero suficiente para programar.

Estructura de un Sketch

Un programa de Arduino se denomina **sketch** o proyecto y tiene la extensión .ino. **Importante:** para que funcione el sketch, el nombre del fichero debe estar en un directorio con el mismo nombre que el sketch.

No es necesario que un sketch esté en un único fichero, pero si es imprescindible que todos los ficheros estén dentro del mismo directorio que el fichero principal.

```
1 void setup() {  
2 // put your setup code here, to run once:  
3 }
```

4

```
5 void loop() {
```

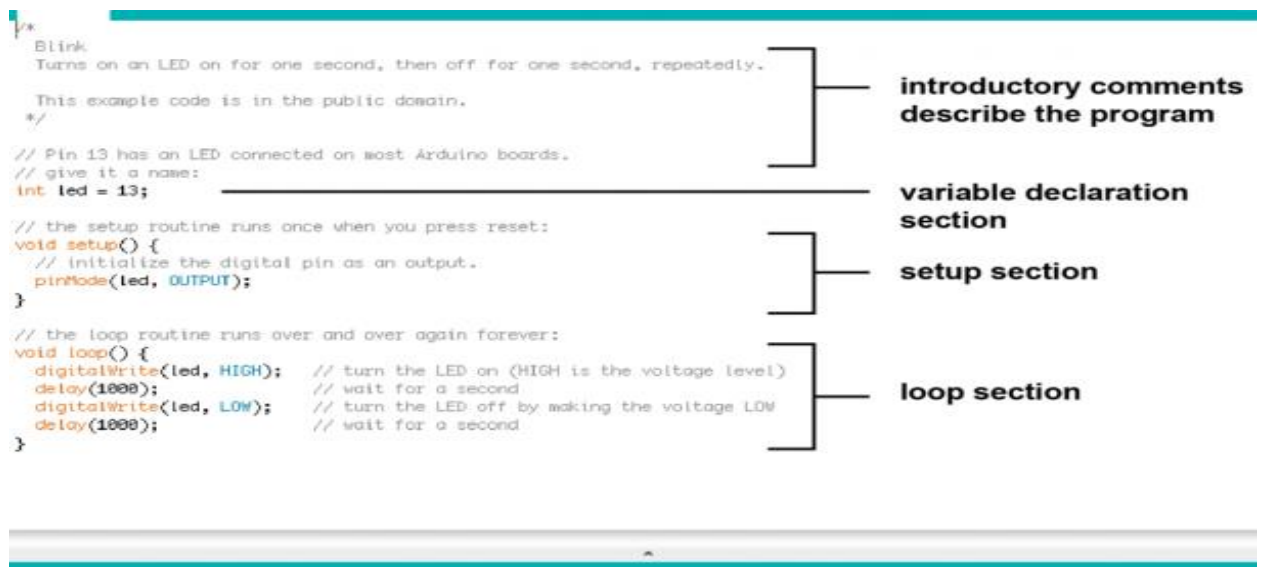
```
6 // put your main code here, to run repeatedly:
```

```
7 }
```

La estructura básica de un sketch de Arduino es bastante simple y se compone de al menos dos partes. Estas dos partes son obligatorias y encierran bloques que contienen declaraciones, estamentos o instrucciones.

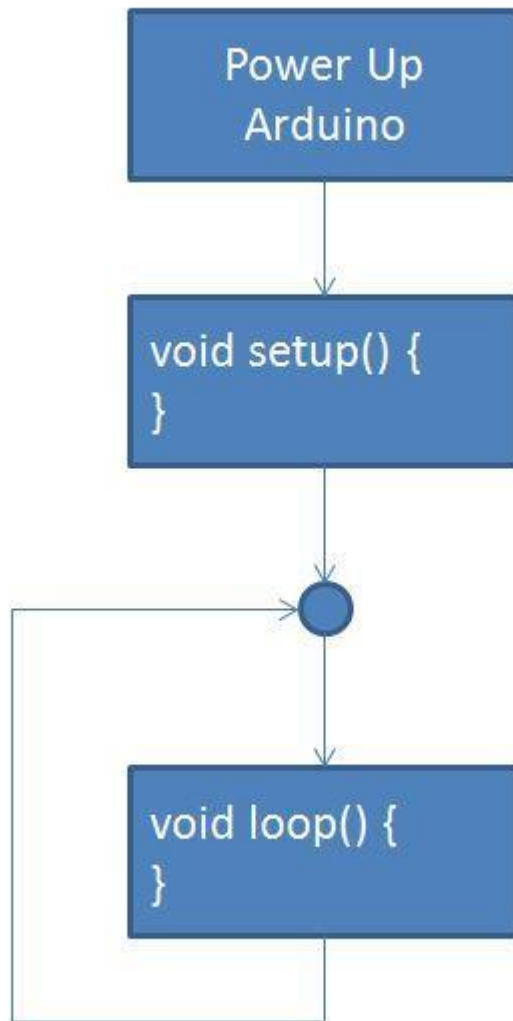
- setup()
- loop()

Adicionalmente se puede incluir una introducción con los comentarios que describen el programa y la declaración de las variables y llamadas a librerías.

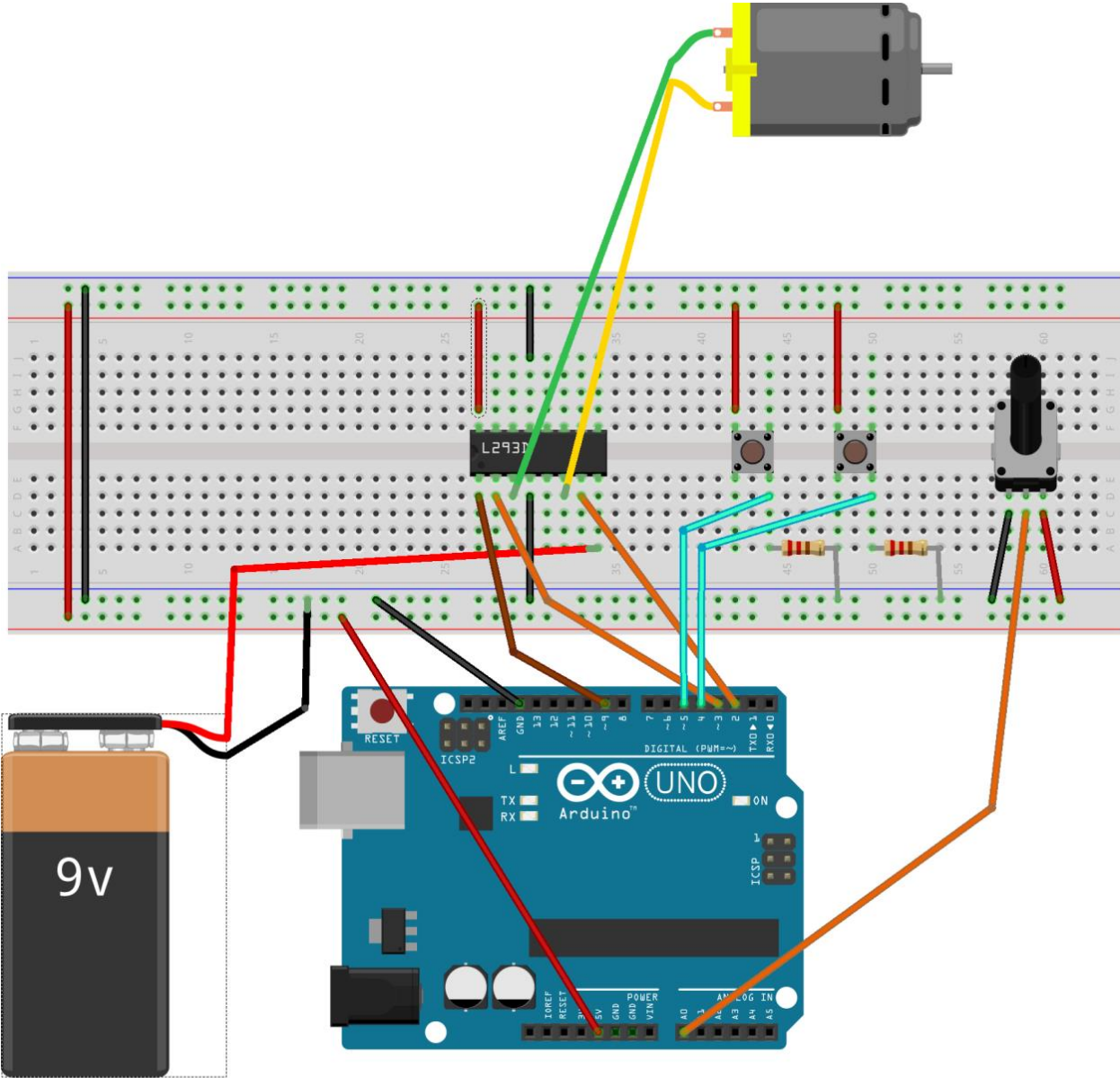


setup() es la parte encargada de recoger la configuración y **loop()** es la que contiene el programa que se ejecuta cíclicamente (de ahí el término loop –bucle–). Ambas funciones son necesarias para que el programa trabaje.

Se puede resumir un sketch de Arduino en los siguientes diagramas de flujo:



Esquema de conexiones:



LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN ARDUINO

El lenguaje de programación de Arduino es C++. No es un C++ puro sino que es una adaptación que proviene de [avr-libc](#) que provee de una librería de C de alta calidad para usar con [GCC](#)(compilador de C y C++) en los microcontroladores AVR de Atmel y muchas utilidades específicas para las MCU AVR de Atmel como **avrdude**.

Las herramientas necesarias para programar los microcontroladores AVR de Atmel son **avr-binutils**, **avr-gcc** y **avr-libc** y ya están incluidas en el IDE de Arduino, pero cuando compilamos y cargamos un sketch estamos usando estas herramientas.

Aunque se hable de que hay un lenguaje propio de programación de Arduino, no es cierto, la programación se hace en C++ pero Arduino ofrece una **api** o **core** que facilitan la programación de los pines de entrada y salida y de los puertos de comunicación, así como otras librerías para operaciones específicas. El propio IDE ya incluye estas librerías de forma automática y no es necesario declararlas expresamente. Otra diferencia frente a C++ standard es la estructura del programa que ya hemos visto anteriormente.

PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA:

Primeramente, se llevó a cabo diversas consultas bibliográficas en distintas fuentes de información con el fin de reforzar y adquirir más conocimientos en las áreas de conocimiento a usar tanto en la parte química (generalidades y conceptos importantes sobre el proceso de destilación) y principalmente el área de electrónica y programación (Uso de Arduino).

Las fuentes bibliográficas se presentan al final de este documento.

REALIZACIÓN DE PRUEBAS

Posteriormente si hicieron algunas pruebas como la medición del gasto volumétrico para hacer las dimensiones y el material de construcción de cada una de las partes del equipo.



CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO

Se prosiguió con la construcción del equipo de destilación para lo cual se usaron los siguientes elementos:

Una olla de presión



Un intercambiador de calor de doble tubo



Una resistencia eléctrica (Calentador de agua de 880 W)



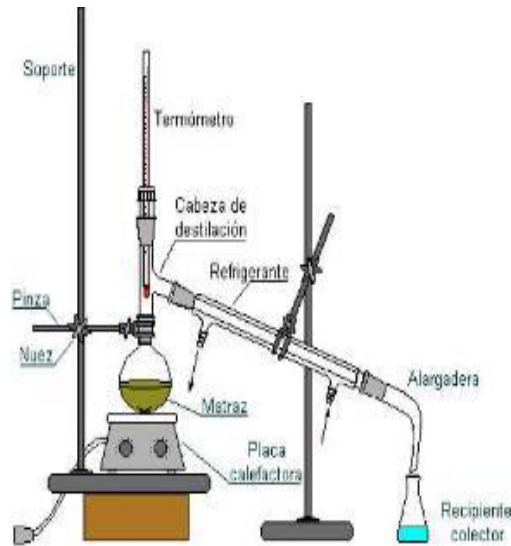
Mangueras



Un recipiente metálico para contener el agua de enfriamiento.



Como se vio con anterioridad en un esquema básico de destilación las partes que componen el sistema fueron sustituidas con estos elementos quedando de la siguiente manera:

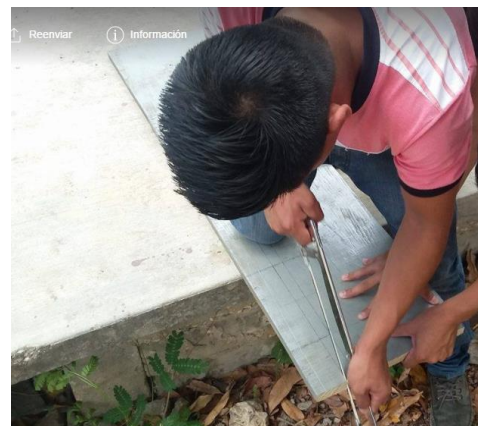


Equipo básico de destilación en laboratorio.



Equipo automatizado.

EQUIPO CONSTRUIDO MANUALMENTE.	
ELEMENTO	FUNCIÓN QUE REALIZA
OLLA DE PRESIÓN	Cumple con la función del matraz donde se calienta la mezcla
INTERCAMIADOR DE DOBLE TUBO	cumple con la función del refrigerante
RESISTENCIA ELÉCTRICA	cumple con la función de la placa calefactora
SENSORES DE TEMPERATURA	cumple con la función del termómetro



Imágenes de actividades realizadas para la construcción y adecuación del equipo.

Se usó además dos sensores de temperatura de tipo sumergible los cuales cumplen con la función de determinar la temperatura y enviar la señal al circuito de control y que este realice la función para la que fue programada.

DISEÑO E INSTALACIÓN DEL CIRCUITO ELECTRÓNICO EN EL EQUIPO DE DESTILACIÓN Y PROGRAMACIÓN EN ARDUINO.

En este paso se realizó el diseño del circuito de control a implementar en el sistema.

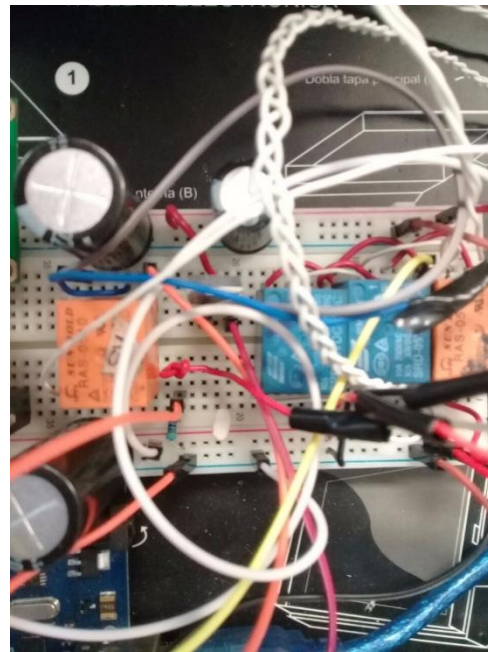
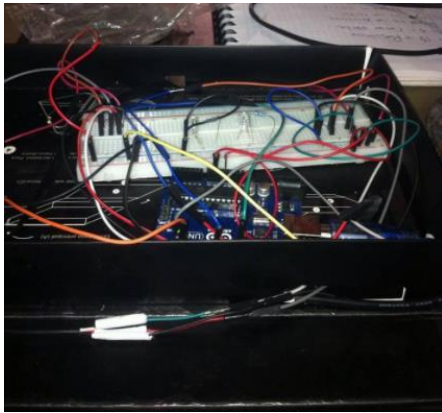


Diagrama de flujo del programa.

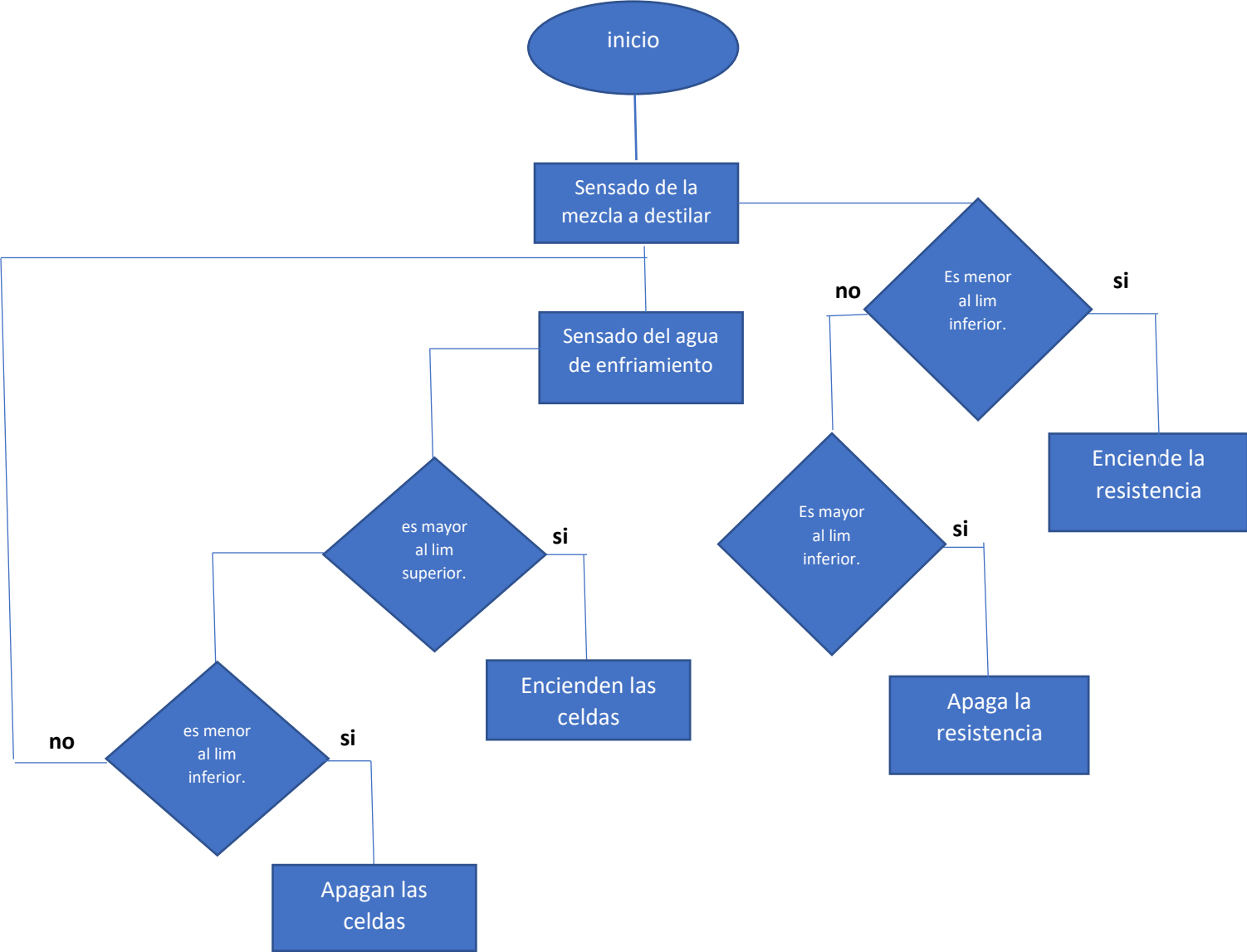
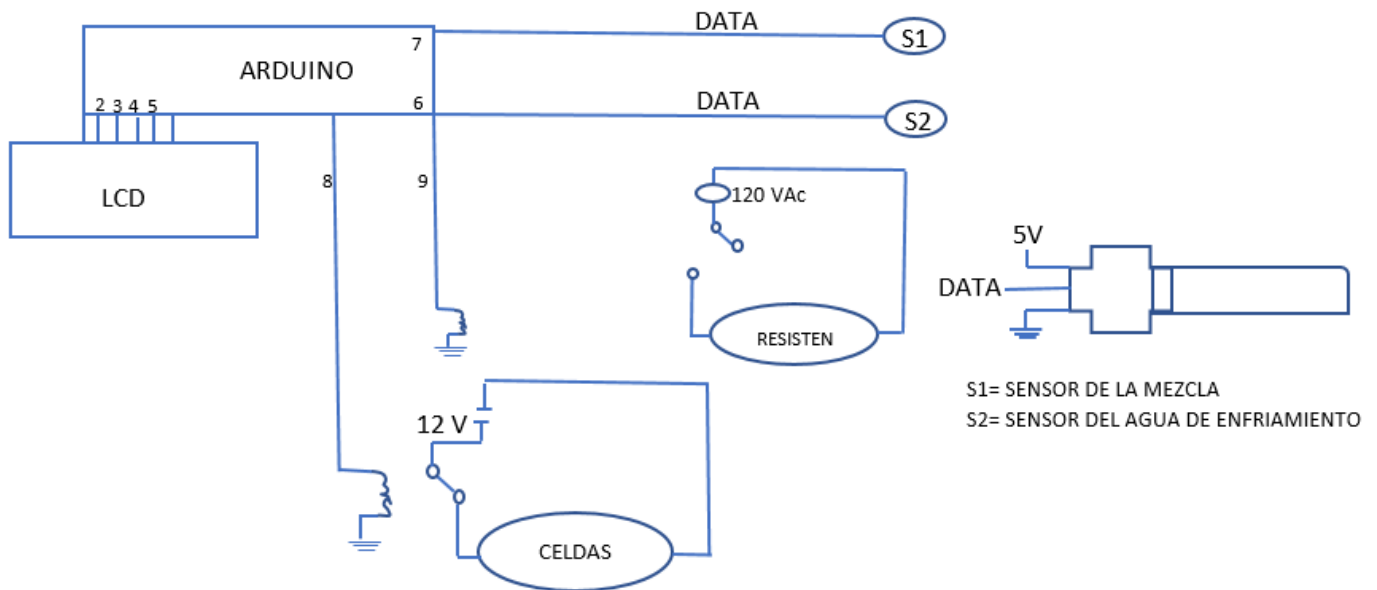


Diagrama eléctrico del circuito



CODIGO DEL PROGRAMA

```
#include <OneWire.h>           //Se importan las librerías

#include <DallasTemperature.h>

#define Pin1 6 //Se declara el pin donde se conectará la DATA

#define Pin 7

#define limite_superior_mezcla 85 //modificar limites

#define limite_inferior_mezcla 80 // modificar limites

#define limite_superior_agua 27 // modificar limites

#define limite_inferior_agua 24 // modificar limites
```

```
#define pinceldas 8
```

```
#define pinresistencia 9
```

```
OneWire ourWire1(Pin1);          //Se establece el pin declarado como bus para la  
comunicación OneWire
```

```
DallasTemperature sensors1(&ourWire1); //Se llama a la librería DallasTemperature
```

```
OneWire ourWire2(Pin);
```

```
DallasTemperature sensors2(&ourWire2);
```

```
float temperaturaagua;
```

```
float temperaturamezcla;
```

```
#include <LiquidCrystal.h>
```

```
const int rs = 12, en = 11, d4 = 5, d5 = 4, d6 = 3, d7 = 2;
```

```
LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);
```

```
void setup() {
```

```
  lcd.begin(16, 2);
```

```
  Serial.begin(9600);
```

```
  sensors1.begin(); //Se inician los sensores
```

```
  sensors2.begin();
```

```
  delay(1000);
```

```
  pinMode(pinresistencia, OUTPUT);
```

```
pinMode(pinceldas, OUTPUT);
```

```
}
```

```
void loop() {
```

```
sensors1.requestTemperatures(); //Prepara el sensor para la lectura
```

```
sensors2.requestTemperatures();
```

```
temperaturamezcla = sensors1.getTempCByIndex(0);
```

```
temperaturaagua = sensors2.getTempCByIndex(0);
```

```
Serial.print(temperaturaagua); //Se lee e imprime la temperatura en grados  
Centigrados
```

```
Serial.println(" Grados Centigrados");
```

```
lcd.setCursor(0, 0);
```

```
lcd.print("Mezcla:");
```

```
lcd.setCursor(0, 1);
```

```
lcd.print(temperaturamezcla);
```

```
lcd.print(" C");
```

```
lcd.setCursor(9, 0);
```

```
lcd.print("Refrigerante:");
```

```
lcd.setCursor(9, 1);
```

```
lcd.print(temperaturaagua);
```

```
    lcd.print(" C");

    if (temperaturamezcla <= limite_inferior_mezcla){

        digitalWrite(pinresistencia, HIGH);

    }

    if (temperaturamezcla >= limite_superior_mezcla){

        digitalWrite(pinresistencia, LOW);

    }

    if (temperaturaagua <= limite_inferior_agua){

        digitalWrite(pinceldas, LOW);

    }

    if (temperaturaagua >= limite_superior_agua){

        digitalWrite(pinceldas, HIGH);

    }

    delay(100);           //Se provoca una parada de 0.1 segundos antes de la próxima
    lectura

}
```

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO.

Una vez construido e instrumentado el equipo se realizó una pequeña prueba para corroborar el perfecto funcionamiento del equipo la cual consistió en comparar una destilación de **mosto fermentado** (previamente realizada por alumnos de octavo semestre.) realizada en un equipo de destilación simple de laboratorio y otra realizada en el equipo de destilación instrumentado para verificar la eficiencia de ambos equipos.

La destilación simple fue realizada en un equipo de destilación en el laboratorio bajo la siguiente metodología.

MATERIALES

- 1 Reactor biológico (fermentador)
- 1 Refractómetro (°Brix)
- 11 gr Levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)
- 1 Equipo de destilación simple
- 1 Probeta 50 ml
- 1 Probeta 250 ml
- 1 Termómetro
- 2 Soporte universal
- 1 Mechero
- 1 Tripie
- 1 Tela de asbesto
- 2 Manguera de hule
- 1 Tapón de hule
- 3 pinzas de tres dedos

REACTIVOS

- Agua destilada
- Melaza
- Nutrientes para levadura
- Alcohol

PROCEDIMIENTO

1. Se sanitizo el fermentador con alcohol etílico.
2. Pasamos a preparar el mosto a base de melaza, 3000 ml de mosto a 27 °Brix.
3. Se añadió la melaza a los 3000 ml de agua para llegar a los 27 °Brix en el mosto.
4. Se añadió la levadura previamente pesada.
5. Se dejó fermentar por 7 días el mosto.
6. Se ensablo el equipo de destilación simple para destilar 300 ml de mosto ya fermentado.
7. Se destilo a una temperatura de 68°C, cuando aumento la temperatura a 76°C se dejó de destilar ya que empezó a destilarse los alcoholes pesados (alcoholes de fusel) y agua.
8. Obteniendo 40 ml de destilado, el cual con el hidrómetro se midió el contenido de alcohol en volumen, que fue de 40 %.

CALCULO

Contenido de **alcohol en volumen 40%**

Volumen obtenido del destilado 40 ml

Mostro destilado 300 ml

$$\text{Vol. en destilado}_{C_2H_5O} = 40 \text{ ml} \times 0.4 = 16 \text{ ml}_{C_2H_5O}$$

$$\%_{C_2H_5O} = \frac{16 \text{ ml}_{C_2H_5O}}{300 \text{ ml}_{\text{mosto}}} \times 100\% = 5.33\%_{C_2H_5O}$$

El mosto tiene un 5.33% de alcohol en volumen

como podemos observar en esta práctica mediante el equipo de destilación en laboratorio se obtuvo un alcohol al 40% en volumen.

Ahora el mismo mosto fermentado se procedió a destilarlo, pero ahora en el equipo de destilación instrumentado bajo la siguiente metodología.

- Se montó el equipo de destilación instrumentado.
- El el programa se definió que el rango de temperatura en la olla de presión se mantuviera entre 77°C y 79°C, por la temperatura de ebullición del alcohol y la temperatura del agua de enfriamiento entre 23°C y 27°C
- Se midió la concentración de alcohol del mosto y se obtuvo una concentración de 5%
- Se colocó 4L de mosto fermentado en la olla.
- Se esperó un determinado tiempo en lo que se llevaba a cabo la destilación.
- Una vez que se obtuvo 500 ml de destilado se detuvo el proceso para medir la concentración de este.
- El alcohol destilado se midió en una concentración de 70 % de alcohol.

Conclusión

Mediante esta prueba observamos que efectivamente el proceso de destilación en el equipo instrumentado es más eficiente ya que se obtuvo una mayor concentración de alcohol en comparación al primer método.

RESULTADOS.



En esta imagen podemos apreciar el equipo ya terminado el cual cumple con la función de apagar la resistencia que suministra calor a la solución que se está destilando al momento en que está llega a una temperatura determinada, de igual manera enciende cuando se alcanza el límite inferior de la temperatura a la que fue programada.

Su función también es la de apagar y encender las celdas peltier (encargadas de mantener fría el agua de enfriamiento) a sus respectivas temperaturas a la que fueron programadas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El proyecto salió adelante exitosamente con el trabajo y la dedicación brindada ya que hay que mencionar que hubieron algunos detalles y circunstancias que se nos dificultaron un poco más y nos llevaron un poco más de tiempo y esfuerzo para encontrar la solución, pero con la aportación de cada uno lo sacamos adelante, principalmente en la parte de la programación y el armado del circuito y de cada una de las piezas electrónicas que se utilizaron, debido a que nuestro perfil no está enfocado tanto a esa área pero era necesario manejarlo para hacer funcionar y cumplir con el objetivo que era el de instrumentar un equipo de destilación.

En conclusión, podemos decir que en este trabajo cumplimos el objetivo exitosamente y que por fin el laboratorio cuenta con equipo de destilación eficiente el cual será útil para recuperar el alcohol diluido con agua que antes ya no se podía recuperar.

En la actualidad los ingenieros químicos deben de tener un conocimiento más amplio del funcionamiento en los equipos instrumentados ya que con esto se fortalecen nuestras competencias.

COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O APLICADAS

Se aplicó la ingeniería como tal ya que se tuvo que realizar un tipo de sistema en el cual se empleara un sistema digital y nos proporcionara datos para una destilación automatizada.

Las competencias aplicadas y desarrolladas en este proyecto fueron las siguientes:

- Capacidad de análisis y síntesis.
- Capacidad de organizar y planificar.

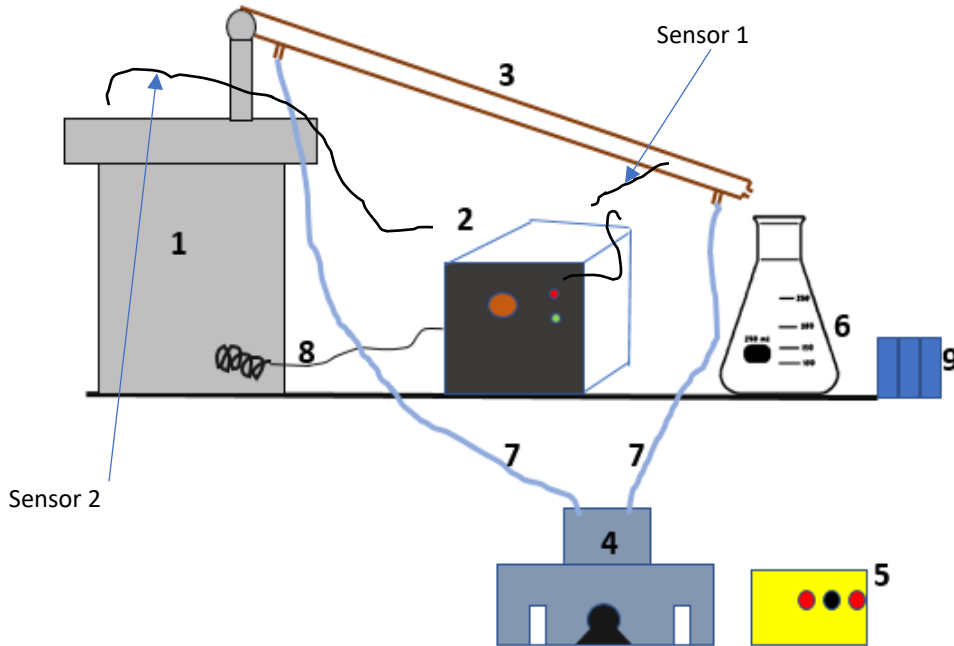
- Comunicación oral y escrita.
- Habilidades básicas de manejo de la computadora.
- Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas.
- Toma de decisiones.
- Capacidad crítica y autocrítica.
- Trabajo en equipo.
- Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.
- Habilidades de investigación.
- Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad).
- Habilidad para trabajar en forma autónoma.

ANEXOS

MANUAL DE USO DEL EQUIPO.

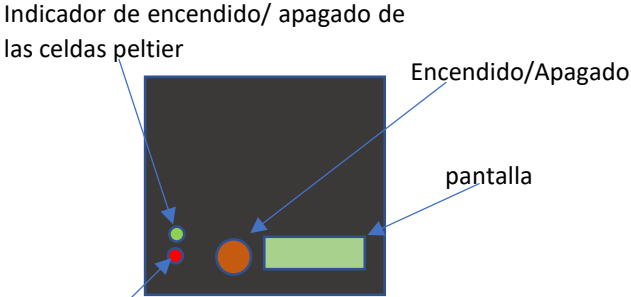
A continuación, se presenta una descripción detallada de cada una de las partes que componen al equipo de destilación, así como la manera correcta de operarlo y de darle mantenimiento.

ESQUEMA GENERAL DEL EQUIPO DE DESTILACIÓN

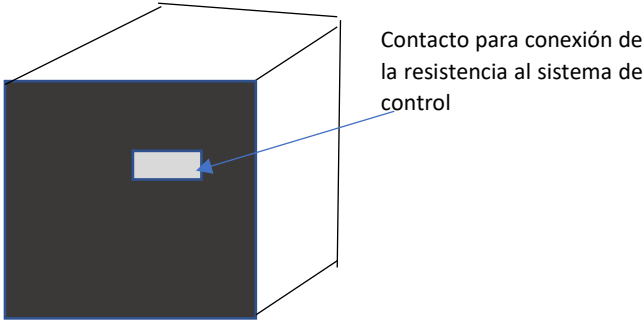


1. olla de presión
2. sistema de control
3. intercambiador de calor
4. sistema de enfriamiento
5. fuente poder
6. matraz de recepción de destilado
7. mangueras de agua
8. resistencia eléctrica
9. contacto para conexiones

SISTEMA DE CONTROL

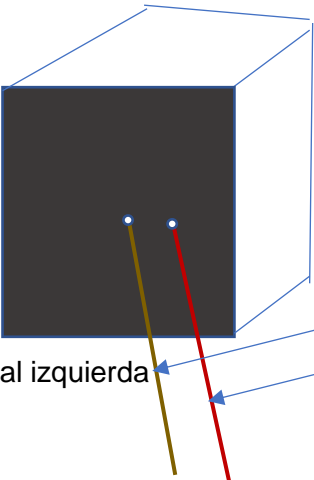


Vista superior



Vista lateral derecha

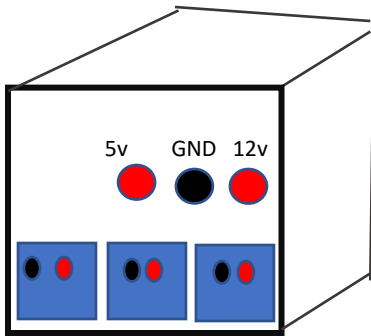
Indicador de encendido/ apagado de la resistencia



Vista lateral izquierda

Cable de conexión de la resistencia eléctrica a la corriente alterna

Cables de conexión de las celdas peltier al sistema de control

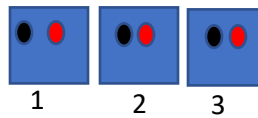


Vista anterior

Conexiones con la fuente poder

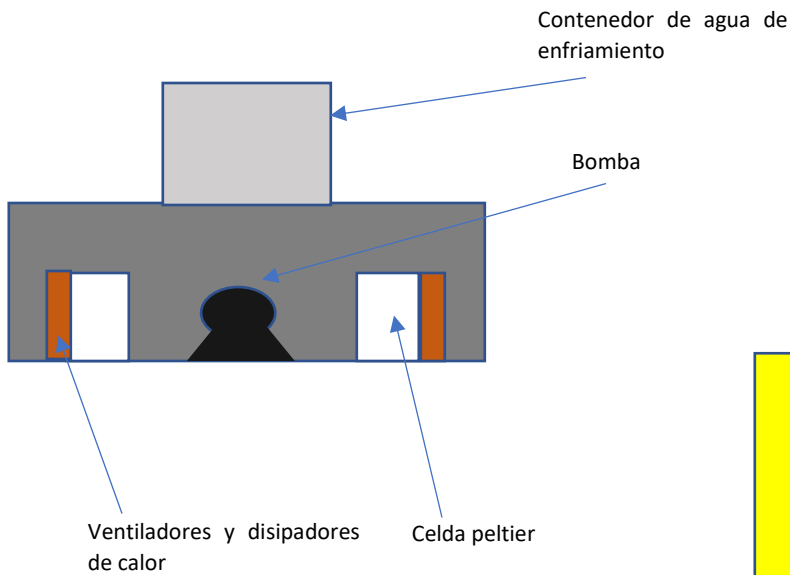


Conexión de los sensores

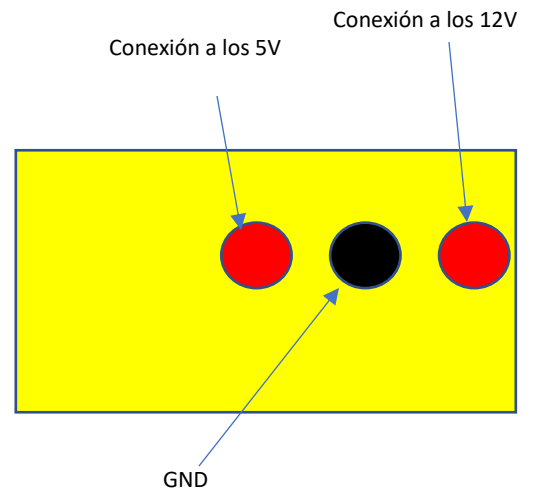


1. Conexión del sensor 1
2. Conexión de las señales
3. Conexión del sensor 2

SISTEMA DE ENFRIAMIENTO.



FUENTE PODER



ANTES DE USAR EL EQUIPO.

Antes de conectar los cables que van a la corriente directa verificar que las siguientes conexiones estén de manera correcta.

- Los 5V de la fuente poder deben estar conectados a los 5V del sistema de control.
- El GND debe estar conectado con el cable GND del sistema de control.
- El cable de los ventiladores de igual manera debe estar conectado a la fuente poder
- Los sensores deben estar conectados de la siguiente manera.

En el sensor 1:

La terminal verde va conectada al (-) de la conexión de “señales” en el sistema de control

La terminal negra va conectada al (-) de la conexión “Sensor 1” en el sistema de control y la terminal azul en el (+) de la conexión “Sensor 1”.

En el sensor 2:

La terminal verde va conectada al (+) de la conexión de “señales” en el sistema de control

La terminal negra va conectada al (-) de la conexión “Sensor 2” en el sistema de control y la terminal azul en el (+) de la conexión “Sensor 2”.

- Conectar el cable de la resistencia a la clavija del sistema de control.
- Conectar los cables que van a la corriente directa (Fuente poder, Sistema de control, bomba).
- Encender el sistema de control.

DESPUES DE TERMINAR DE USAR EL EQUIPO.

- Apagar el sistema de control
- Desconectar los cables que van a la corriente directa.
- Las demás conexiones pueden quedar conectadas o no.
- Esperar el tiempo suficiente para dejar enfriar la olla de presión y poder retirar el residuo.
- Lavar la olla perfectamente.

PRECAUCIONES

- No operar el equipo si las conexiones no están correctas
- No hacer contacto con la olla de presión mientras el equipo está en funcionamiento: Riesgo de quemadura.
- No derramar líquidos sobre el sistema de control o los cables.
- Verificar constantemente que el nivel del líquido en la olla de presión este sobre la resistencia, para evitar que esta se dañe.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Considine Douglas M. Process /Industrial Instruments & Controls Handbook 4th Edition. USA, Ed. Mc Graw Hill, 1993. 3. Creus Antonio.
- Instrumentación Industrial 6ª Edición . México D.F.: Ed. Alfaomega, 1998.
- Doebelin Ernest O. Diseño y Aplicaciones de Sistemas de Medición 5a Edición. Editorial Mc Graw Hill, 2004.
- <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2017/01/23/programacion-arduino-5/>
-

