



**TRABAJO PROFESIONAL
COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**QUE PRESENTA:
ESPINOZA GUTIÉRREZ ISAAC AARÓN
DOMÍNGUEZ VELÁZQUEZ ALAN JOSUÉ**

**CON EL TEMA:
“DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL REACTOR BATCH DIDÁCTICO
BIO4L PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES”**

**MEDIANTE:
OPCION 2
(RESIDENCIA PROFESIONAL)**

**PERIODO DE REALIZACIÓN:
AGOSTO- DICIEMBRE 2019**

**ASESOR:
DR. HECTOR RICARDO HERNÁNDEZ DE LEÓN**

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN	5
1.1 RESUMEN	5
1.2 ABSTRACT	6
1.3 JUSTIFICACIÓN	7
1.4 ESTADO DEL ARTE	8
1.4.1 LA MEDICION DE MAGNITUDES HIDRAULICAS (I): MEDICIÓN DE CAUDALES EN CONDUCCIONES CERRADAS, EN DIÁMETROS PEQUEÑOS Y MEDIANOS. ANDONI LARREATEGUI FADRIQUE LABORATORIOS LABEIN. BILBAO "	8
1.4.2 ESTUDIO DE LA OBTENCIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DE ACEITE COMESTIBLE USADO.	11
1.5 ANTECEDENTES	14
1.6 OBJETIVOS	15
1.6.1 OBJETIVO GENERAL	15
1.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.7 LUGAR DONDE SE DESARROLLA EL PROYECTO	15
1.7.1 HISTORIA DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ	15
1.7.2 ESCUDO	17
1.7.3 MISIÓN	18
1.7.4 VISIÓN	18
1.7.5 VALORES	18
1.7.6 OFERTA EDUCATIVA	18
1.7.7 ÁREA ESPECÍFICA RELACIONADA CON EL PROYECTO	19
1.7.8 LOCALIZACIÓN	20
1.8. PROBLEMA A RESOLVER	20
1.9 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	21
1.10 ALCANCES	21
1.11 LIMITACIONES	21
1.12 METODOLOGÍA PARA LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO	21
1.12.1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN E INVESTIGACIÓN	21
1.12.2 IDENTIFICAR EL MODELO DINÁMICO DE COMPORTAMIENTO DEL BIORREACTOR	22
1.12.3 DESARROLLAR UN ESQUEMA DE VALIDACIÓN DEL FOTOBIORREACTOR	22
1.12.4 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL ESQUEMA DE VALIDACIÓN CON DATOS REALES	22
CAPÍTULO 2 FUNDAMENTO TEORICO	22
2.1 INTRODUCCIÓN A LOS SENSORES DE FLUJO.	22
2.2 OBTENCIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DE METANOL Y ACEITES VEGETALES	24
2.2.1 INTRODUCCIÓN	24
2.2.2 EL MECANISMO QUE PRESENTA LA REACCIÓN DE TRANSESTERIFICACIÓN ES EL SIGUIENTE:	25
2.2.3 PARTE EXPERIMENTAL	25
2.2.4 PROCEDIMIENTO	26
2.3 INTRODUCCIÓN A LA MEDICIÓN DE FLUJO	26
2.3.1 CLASIFICACIÓN DE LOS MEDIDORES DE FLUJO	27
2.3.2 FLUJO	28
2.3.3 PRECISIÓN EN LA MEDICIÓN DE FLUJO	29
2.4 FACTORES PARA LA ELECCIÓN DEL TIPO DE MEDIDOR DE FLUIDOS	30

2.4.1 RANGO	30
2.4.2 EXACTITUD REQUERIDA	30
2.4.3 PÉRDIDA DE PRESIÓN	30
2.4.4 TIPO DE FLUIDO	30
2.4.5 CALIBRACIÓN	31
2.5 REACTOR TUBULAR CONTINUO	31
2.6 ARDUINO	31
2.7 SENSOR DE FLUJO DE 1/2" YF-S201	33
2.7.1 CARACTERÍSTICAS:	33
2.7.2 ¿CÓMO FUNCIONA EL SENSOR DE FLUJO CON ARDUINO?	33
2.7.3 CONEXIÓN DEL SENSOR DE FLUJO.	34
2.7.4 CONEXIÓN DEL SENSOR Y ARDUINO	35
2.7.5 CALIBRANDO SENSOR DE FLUJO	35
2.8 TECLADO MATRICIAL	36
2.8.1 ¿CÓMO FUNCIONA UN TECLADO MATRICIAL?	37
2.8.2 ESQUEMA DE CONEXIÓN	39
2.9 LIBRERÍAS UTILIZADAS AL IMPLEMENTAR EL I2C	40
2.9.1 LIBRERÍA LIQUIDCRYSTAL_I2C PARA ARDUINO	40
2.9.2 LIQUIDCRYSTAL_I2C(LCD_ADDR, LCD_COLS, LCD_ROWS)	40
2.10 CONFIGURACIÓN DE LCD CON I2C	41
2.10.1 HARDWARE DEL MÓDULO ADAPTADOR LCD A I2C	41
2.11 CONEXIONES ENTRE ARDUINO Y MÓDULO ADAPTADOR LCD A I2C	42
2.12 METANOL	44
2.12.1 APLICACIONES	45
CAPITULO 3 RESULTADOS	47
<hr/>	
3.1 DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO	47
3.1.1 DIAGRAMAS DE FLUJO DE LOS PROGRAMAS DESARROLLADOS PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS DE FLUJO.	47
3.2 REQUERIMIENTOS INICIALES	49
3.3 ELECCIÓN DE COMPONENTES	49
3.4 DIAGRAMAS A BLOQUES.	50
3.4.1 DIAGRAMA A BLOQUES DE 2 SENSORES.	50
3.4.2 DIAGRAMA A BLOQUES DEL SENSOR DE 3 VELOCIDADES	50
3.5 MONITOREO DE DATOS POR LOS SENSORES DE FLUJO.	51
3.5.1 GRAFICAS DE LA OBTENCIÓN DE DATOS	57
3.6 MIDIENDO FLUJO Y CONSUMO DEL LÍQUIDO.	60
3.7 PROCESO USADO PARA LA OBTENCIÓN DE BIODIESEL.	61
3.7.1 PROCEDIMIENTO:	61
3.8 CONCLUSIONES	63
ANEXOS	64
A1 CÓDIGOS DE LOS PROGRAMAS DESARROLLADOS	64
A2 IMÁGENES DEL PROYECTO IMPLEMENTADO	71
A2.2 IMAGEN 1 Y 2 CONEXIÓN Y CREACION DE ORIFICIOS PARA LAS ENTRADAS DE LOS SENSORES ASI COMO LA ALIMENTACION.	71
A2.3 (IMAGEN 3) PRUEBA DEL PROGRAMA Y FINALIZACION DEL ARMADO DEL PROYECTO(IMAGEN 4)	72

A2.4 CALIBRACION DEL SISTEMA PARA 2 SENSORES (IMAGEN 5) Y DE LA BOMBA DE 3 VELOCIDADES (IMAGEN 6).	73
A2.5 INSTALACION DE LOS SENSORES DE FLUJO (IMAGEN 7 Y 8)	74
A2.6 RESULTADO FINAL DEL PROYECTO INSTALADO Y FUNCIONANDO (IMAGEN 9).	75
REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIAS	76

Capítulo 1 Introducción

1.1 RESUMEN

En este presente reporte se documentará el proyecto de residencia el cual tiene por nombre “diseño y construcción de un reactor batch didáctico bio4I para la producción de biocombustibles”, el cual tiene por objetivo desarrollar una forma de medir flujo de los reactivos utilizados para la producción del biocombustible, por lo cual se hará uso de sensores de flujo para la producción en curso.

Dentro del campo de caudalímetros que podemos emplear en nuestro proyecto de electrónica, tenemos diversos modelos como el YF-S201, FS300A, FS400A. Cada uno dispone de distintas características, aunque el criterio de selección entre estos tres será el diámetro de la tubería. El funcionamiento del sensor de flujo electrónico a turbina que utilizaremos con Arduino es simple y complejo a la vez. Simple porque básicamente consta de una turbina que gira al pasar el agua a través de ella, y complejo por que utiliza un sensor de efecto Hall para calcular el flujo.

El fluido circula a través del cuerpo del medidor de flujo haciendo girar la turbina o hélice que tiene dentro. Cuanto más flujo haya más rápido girarán las aspas de la turbina. Un imán situado en la turbina genera un pulso positivo cada vez que pasa por el sensor de efecto Hall. De esta forma podemos conocer las RPM que genera la hélice y calcular el caudal del líquido con una sencilla ecuación.

Para llevar a cabo la adquisición de datos, se utilizará la plataforma Arduino como mediadora del sensor de flujo, los datos será enviados y mostrados o impresos en una pantalla de cristal líquido (LCD).

1.2 Abstract

This report will document the residency project which has the name "design and construction of a bio4l didactic batch reactor for the production of biofuels", which aims to develop a way to measure the flow of reagents used for production of the biofuel, which will make use of flow sensors for ongoing production.

Within the field of flow meters that we can use in our electronics project, we have several models such as the YF-S201, FS300A, FS400A. Each one has different characteristics, although the selection criteria among these three will be the diameter of the pipe. The operation of the electronic turbine flow sensor that we will use with Arduino is simple and complex at the same time. Simple because it basically consists of a turbine that rotates as the water passes through it, and complex because it uses a Hall effect sensor to calculate the flow.

The fluid circulates through the body of the flow meter by rotating the turbine or propeller inside. The more flow there is, the faster the turbine blades will turn. A magnet located in the turbine generates a positive pulse each time it passes through the Hall effect sensor. In this way we can know the RPM generated by the propeller and calculate the flow of the liquid with a simple equation.

To carry out the data acquisition, the Arduino platform will be used as a mediator of the flow sensor, the data will be sent and displayed or printed on a liquid crystal display (LCD).

1.3 Justificación

El biocombustible renovable nos ayuda a satisfacer la creciente demanda de energía y es necesario para la sostenibilidad ambiental y el reducir el riesgo de cambio climático. El biocombustible derivado de cultivos oleaginosos (microalgas) y diversas semillas son una alternativa potencialmente renovable capaz de satisfacer la demanda mundial de combustibles.

La complejidad de los bioprocesos, entre ellos la de los reactores, han sido objeto de estudio y área abierta de investigación debido a la necesidad de contar con la identificación de sus parámetros principales y herramientas específicas para el modelado y simulación. Los usos de los modelos matemáticos rigurosos son necesarios para realizar tareas de análisis, diseño, optimización, control y simulación.

En la presente Residencia Profesional se instrumenta al reactor con sensores de flujo, para que tome en cuenta la dinámica de su comportamiento, de tal manera que se convierta en una herramienta útil para optimizar la operación del reactor en la producción de biocombustibles.

Los sensores de flujo son versátiles, permiten configurar en la propia pieza el caudal de disparo, por eso el mismo sensor puede ser utilizado en aplicaciones de diferentes caudales (dentro del rango de sensibilidad del sensor), así se obtiene un mejor control y monitoreo de los fluidos.

Nuestros indicadores de flujo tienen rosca de conexión GAS (BSP) hembra. La salida eléctrica es normalmente abierta (NA) con la señal encendida cuando el caudal (en litros por minuto) estuviere más alto que el que fuera ajustado en la pieza y señal de apagado cuando el flujo disminuye para abajo del ajuste definido.

Su utilización sirve para detectar la disminución o el aumento del caudal en tuberías. Así son aplicados en la prevención de daños a las bombas, cojinetes y equipos que deben tener un flujo constante de algún material líquido en el proceso.

1.4 Estado del arte

1.4.1 LA MEDICION DE MAGNITUDES HIDRAULICAS (I): Medición de caudales en conducciones cerradas, en diámetros pequeños y medianos. Andoni Larreategui Fadrique Laboratorios LBEIN. Bilbao "

1.4.1.1 RESUMEN

En este artículo y entregas sucesivas se pasa revista al estado actual de la tecnología y el conocimiento, en lo concerniente a mediciones hidráulicas. En este número la exposición se centra en los caudales, en tuberías de pequeño y mediano diámetro. Por su extensión este primer artículo se divide en dos partes: En primer lugar, se realiza una descripción básica de los principales equipos de medida disponibles en el mercado. Se incluye un listado de normas técnicas y legales y a continuación se analizan los criterios fundamentales de selección. Por último, la exposición se centra en la calibración, el diseño de instalaciones de medida y aspectos relativos al mantenimiento.

La medida de caudal en una sección de control dada, consiste en la determinación de la cantidad de masa o volumen que circula por dicha sección en la unidad de tiempo. Los equipos que realizan esta función se denominan genéricamente caudalímetros. Una modalidad particular utilizada para medir y documentar volúmenes, la constituyen los contadores. El conocimiento de caudales y volúmenes circulantes es muy importante en toda transacción comercial (suministro de agua, gasolinas, productos químicos, gas...). No le van a la zaga aspectos como regulación en redes de abastecimiento, ensayos de rendimiento en turbinas hidráulicas, mediciones en laboratorio, documentación de caudales ecológicos, medición de cantidades de líquidos contaminantes, etc. Desgraciadamente en la vida diaria nos encontramos con bastantes aplicaciones de caudalímetros incorrectamente implementados, mal elegidos o dimensionados y, aunque no siempre, a un precio injustificadamente elevado. La conclusión suele ser una incorrecta medición del caudal, que en los tiempos que corren es un lujo que no podemos permitirnos. El agua, líquido al que se ceñirá el artículo, es un fluido estratégico, con una importancia superior al petróleo. Sin agua no hay vida. Desde tiempos remotos ha sido origen de disputas y guerras.

Como anécdota se puede citar que en muchos "westerns" forma parte del guión de la película. Ahondando en la cuestión se deduce que para el agua existen dos precios: uno el correspondiente a la factura y otro el político y social. Incluso podríamos añadir el ecológico. Sin ningún baremo objetivo, pero analizando la actitud de la opinión pública se asume que estos dos últimos "precios" son muy superiores al que se abona en el recibo correspondiente.

Por simple filosofía deductiva se concluye que la correcta medición de algo valioso, raro u objeto de disputa es parte fundamental para evitar fraudes, derroches o nuevas disputas. Si se analiza el reciente caso del transvase de 55 Hm³ desde la Cuenca del Tajo a la Vega del Segura se observa que un error del 1% en esta medición supone 0,55 Hm³ (medición considerada como muy buena), un 2,5% equivale a 1,375 Hm³ (medición buena) y un 5% a 2,75 Hm³ (medición que puede ser la que suceda en la realidad). Esta última cifra cabe en un embalse como el de Linsoles (Huesca) que alimenta dos grupos Francis 18 MW cada uno y produce una energía anual de 140 GWh.

1.4.1.2 LA TECNOLOGÍA

En la medida del flujo se ha producido un avance importante en las últimas décadas. Algunas técnicas antiguas han sobrevivido, otras se han mejorado, otras han caído en desuso y algunas todavía no han podido ser desarrolladas comercialmente. Fenómenos físicos descubiertos hace muchos años (el teorema de Coriolis, los vórtices de Von Karmann, la ley de Laplace), han sido utilizados como punto de partida para el diseño de nuevos caudalímetros. El desarrollo tecnológico en disciplinas como simulación numérica de flujos, óptica, acústica, electromagnetismo, electrónica y nuevos materiales ha mejorado sensiblemente la sensoria y electrónica de equipos que podemos considerar "clásicos", además de la aparición de los nuevos conceptos de instrumentos. Los avances en la tecnología han supuesto una mejora en la exactitud, repetibilidad de las medidas y estabilidad a largo plazo. Sin embargo las cifras de precisión que se alcanzan son bastante modestas en comparación con otras áreas de la metrología. Las dificultades inherentes a la medida de caudal pueden venir de:

- se trata de una magnitud derivada no fundamental.
- las mediciones se realizan en régimen dinámico.
- un gran número de factores influyen la calidad de las mediciones.

1.4.1.3 FACTORES DE INFLUENCIA SON LOS SIGUIENTES:

- temperatura y presión.
- número de Reynolds.
- rugosidad en la tubería o paredes del canal, encastramientos. - condiciones de instalación (tramos rectos y tipos singularidades).
- presencia de burbujas de aire o de cavitación.
- envejecimiento de componentes mecánicos.
- presencia de pulsaciones y/o fluctuaciones de presión.
- presencia de vibraciones en la tubería.
- ausencia de calibración periódica.

1.4.1.4 EL CICLO DE LA CORRECTA MEDIDA DE CAUDAL

Garantizar la exactitud de las mediciones de un caudalímetro significa realizar bien las siguientes tareas:

- selección del principio de medida y tamaño adecuado.
- diseñar correctamente el tramo de conducción o canal en que va a ser alojado.
- calibrar el equipo en laboratorio. Para tamaños superiores a 1 m de diámetro (tuberías en carga) prever disposiciones especiales de ensayo previo de recepción.
- montar adecuadamente el caudalímetro y el equipamiento auxiliar.
- realizar un mantenimiento eficaz que incluya la recalibración periódica.

1.4.2 Estudio de la obtención de biodiesel a partir de aceite comestible usado.

1.4.2.1 RESUMEN

Nuestro país actualmente no cuenta con una estrategia para utilizar racionalmente el volumen de aceite vegetal usado que se genera en la industria alimentaria y el sector turístico proveniente del proceso de fritura, es por eso que el presente trabajo tiene como objetivo estudiar la obtención del biodiesel a partir de aceites comestibles usados y metanol. Las cantidades de aceite y reactivos para que se desarrolle la reacción de transesterificación, mediante la cual se obtiene biodiésel y glicerina, se fijaron a partir de búsqueda bibliográfica. Se procedió a caracterizar el aceite empleado como materia prima. Posteriormente se llevó a cabo la fase experimental a nivel de laboratorio. Como resultado de los experimentos se obtuvo un 88,385 % de rendimiento, valor que se encuentra en el orden de los reportados en la bibliografía consultada. La técnica usada en el laboratorio se puede escalar a otros niveles.

1.4.2.2 INTRODUCCIÓN

En la industria alimentaria y en el sector hotelero actualmente se generan grandes volúmenes de aceite vegetal usado debido a la gran demanda que han tenido los productos fritos, constituyendo un problema desde el punto de vista medio ambiental, así como para la salud de los consumidores.

Desde hace años se sabe que el aceite no debe ser reutilizado en la elaboración de alimentos, al menos no con frecuencia, debido a que las altas temperaturas a que debe ser sometido para freír alimentos generan la liberación de agentes cancerígenos como el benzopireno, un elemento que también está presente en el humo del tabaco. Algunas de las dolencias más comunes del exceso de frituras tienen relación con el colon, problemas vasculares e incluso, un posible cáncer gástrico.

Esto se relaciona con los usos que se le da a este producto, que algunos, por las condiciones de trabajo y porque resulta muy caro, continúan utilizándolo indiscriminadamente. En otros casos, se vierte directamente a los suelos, ríos,

mares, entre otros, lo que provoca afectaciones al ecosistema del lugar. Esta situación ha conllevado a que se trabaje en la búsqueda de alternativas para el uso de estos aceites. A nivel mundial, una solución a este problema es utilizarlo para la obtención de biocombustible.

Los biocombustibles buscan renovar el consumo de carburantes fósiles, debido a su bajo impacto ambiental. Uno de los más recientes que se puede citar es el biodiésel, el cual se utiliza como aditivo en motores de combustión interna en forma de mezcla que contenga el 20 % y el 50 % de biodiesel (B 20, B 50) o directo que contenga el 100 % de biodiesel (B 100), y presentado características óptimas.

El biodiesel se obtiene a partir de aceites vegetales, el método más habitual es la transformación de estos aceites vegetales a través de un proceso de combinación con alcohol metílico e hidróxido de sodio (NaOH), conocido como reacción de transesterificación, produciéndose un compuesto que se puede utilizar directamente en un quemador o en un motor Diesel sin modificar, obteniéndose glicerina como subproducto. La glicerina puede utilizarse en otras industrias como la farmacéutica, de detergentes, etcétera.

La utilización de este biocombustible resulta ventajosa desde el punto de vista energético, y mucho más recomendable desde el punto de vista medioambiental, por su menor nivel de emisión de gases nocivos, en particular el dióxido de carbono (CO₂), que es el principal causante del efecto invernadero. El biodiésel es un producto biodegradable y su ciclo tiene, además, un "efecto sumidero", es decir, la planta consume más CO₂ del que se emite en la combustión [3].

La no utilización de productos agrícolas, con características alimentarias, para la producción de combustibles es un principio de la política estatal cubana; sin embargo, en el caso de algunos desechos, su uso para la obtención de fuentes alternativas ha sido un tema frecuentemente estudiado.

Es por esto la necesidad de buscar combustibles renovables alternativos a los que se obtienen del petróleo, no solo por la limitación de este recurso, sino también por los problemas de contaminación ambiental creciente, y los biocombustibles son una opción válida. Por estas razones el objetivo de este

trabajo es estudiar la obtención del biodiesel a partir de aceites comestibles usados y metanol.

1.4.2.3 MÉTODOS UTILIZADOS Y CONDICIONES EXPERIMENTALES

Para la obtención del biodiesel es necesario mezclar aceite vegetal, ya sea usado o no, con un alcohol en presencia de un catalizador. A este proceso se le denomina reacción de transesterificación. Luego que la reacción se haya completado y los nuevos productos hayan decantado se obtendrá biodiesel y glicerina. El combustible es de color ámbar y fluye como agua y el jabón de color marrón, teniendo una consistencia gelatinosa queda en el fondo pudiendo ser retirado por bombeo, sifonado o drenado .

En este caso se empleó aceite usado proveniente de una empresa de elaboración de alimentos, la cual tiene una planta de productos conformados en la que se pre-fríen productos empanados y sin empanar. Particularmente se utilizó aceite proveniente de la línea de productos empanados. Como alcohol se decidió utilizar el metanol y como catalizador el hidróxido de sodio, ya que estos son los reactivos que más se emplean en el mundo para la obtención de biodiesel a partir de aceites usados.

La cantidad de aceite y alcohol que se emplean se determinan por relaciones estequiométricas. En el caso del hidróxido de sodio cuando se trabaja con el aceite de cocina usado se debe poner más lejía que con el aceite nuevo, no para catalizar la reacción, sino para neutralizar los ácidos grasos libres que se forman en el aceite al cocinarlo. Cuanto más se haya calentado y más tiempo haya estado caliente, más ácidos grasos libres contendrá, y hará falta más lejía para neutralizarlos.

Si se coloca más lejía de la debida se forma más jabón, el biodiesel queda muy alcalino, es difícil lavarlo y se pierde producción; o si la proporción de jabón respecto al biodiesel es tal, que la mezcla se convierte en una pasta. Si no se pone suficiente lejía, una parte del aceite quedará sin reaccionar.

Por esta razón es necesario determinar la cantidad necesaria de catalizador a emplear, lo cual garantiza la caracterización del aceite utilizado pues esto es un indicador de la acidez del producto. La cantidad de catalizador a emplear se

determinó a través de valoraciones. Luego se realizó una previa caracterización de la materia prima fundamental que es el aceite y posteriormente se desarrolló un diseño de experimentos para definir la cantidad de corridas experimentales que permiten la determinación del rendimiento del biodiesel obtenido a partir de aceite vegetal usado y metanol.

1.5 Antecedentes

- La medición de fluidos en la industria es usada para contabilizar la transferencia de materia entre diferentes partes de un proceso o para controlar procesos productivos de forma automática [1]. Actualmente existen diferentes tipos de sensores para medir caudal.
- A nivel mundial existen varias empresas que se dedican a la fabricación y comercialización local e internacional de actuadores y sensores utilizados en la medición y el control de caudal para la industria petrolera, química, alimenticia, energética, papelera, minera y del agua entre otras; algunas de las compañías más reconocidas en este mercado son: Flowserve, Endress+Hauser, Siemens, ABB y Weatherford, etc.
Actualmente en la industria encontramos cientos de procesos con aplicaciones de control de caudal, dentro de estas encontramos:
- En Pacific Rubiales Energy para los Pozos de Agua Dispuesta (PAD'S), se usan variadores de velocidad de media tensión para variar la velocidad de motores de inducción de media tensión, los cuales están acoplados a una bomba con la cual inyectan agua que ha sido retirada del crudo de nuevo al pozo. Para medir la cantidad de barriles de agua por día que se inyectan al pozo, se usan medidores de caudal de presión dinámica y presión diferencial.
- En la fabricación de pisos en cerámica en la empresa Alfagres S.A. se usan medidores de caudal electromagnéticos para controlar la cantidad de agua que se le inyecta a la arcilla para humectarla.
- En las plantas de concreto de la empresa Astecnia S.A. se usan medidores de flujo de paletas para controlar la cantidad de agua que se inyecta a la mezcla de concreto.

- Litros por Minuto (l/m)
- Litros por Hora (l/h)
- Factor de Conversión (K).
- Cantidad de Pulsos Medidos con el Sensor (n°Pulsos)

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

- Implementar un sistema de sensor de flujo de agua para la adquisición de datos con Arduino.

1.6.2 Objetivos específicos

- Desarrollar la identificación respectiva del funcionamiento, componentes y aplicaciones de los elementos empleados en el proceso de la práctica.
- Fundamentar el desarrollo de la práctica mediante la información indagada y presentada en el informe, teniendo este como base para las debidas rectificaciones y aplicación en la programación.
- Adquirir datos del caudal de agua mediante el uso del Arduino.
- Conocer la teoría básica y estado del arte de los reactores para producir biocombustibles.
- Identificar los componentes principales y las variables características del reactor batch para producir biocombustibles mediante una interfaz electrónica de datos.

1.7 lugar donde se desarrolla el proyecto

1.7.1 Historia del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

El Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG); es una universidad pública de tecnología, ubicada en la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Es una Institución educativa pública de educación superior, que forma parte del Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos de México. El Instituto también está afiliado a la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES), zona Sursureste. Fue fundado el 22 de octubre de 1972, por el entonces Gobernador del Estado, Dr. Manuel Velasco Suárez, inicialmente

con el nombre de Instituto Tecnológico Regional de Tuxtla Gutiérrez (ITRTG), posteriormente se llamaría el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG). Actualmente es considerada una de las dos máximas casas de estudios del estado de Chiapas, junto con la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Su lema es Ciencia y Tecnología con Sentido Humano y su actual director es el M.E.H José Luis Méndez Navarro.

- En los años 70's, llegó al estado de Chiapas el movimiento nacional de extensión educativa para la Educación, con la intervención del gobierno del estado de Chiapas ante la federación. Esta gestión dio lugar a la creación del Instituto Tecnológico Regional de Tuxtla Gutiérrez (ITRTG), hoy Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG).
- El 23 de agosto de 1971, el Gobernador del Estado, Dr. Manuel Velasco Suárez, colocó la primera piedra de lo que pronto sería el centro educativo de nivel medio superior principal de la entidad.
- El 22 de octubre de 1972, con una infraestructura de dos edificios con ocho aulas, dos laboratorios y un taller en construcción abre sus puertas el Instituto Tecnológico Regional de Tuxtla Gutiérrez con las carreras de técnico en motores de combustión interna, en electricidad, en químico laboratorista y en máquinas y herramientas.
- En 1974 comenzó el nivel superior, con las carreras de Ingeniería Industrial en Producción e Ingeniería Bioquímica de Productos Naturales.
- En 1980, se amplía las oportunidades de educación para ingresar a las carreras de Ingeniería Industrial Eléctrica y de Ingeniería Química Industrial.
- En 1987 se abrió la carrera de Ingeniería en Electrónica.
- En 1989 se inicia el sistema abierto de la escuela secundaria y esta oferta se reorientó en el nivel superior de Ingeniería Eléctrica y Mecánica Industrial.
- En 1991 llega la licenciatura en Ingeniería en Sistemas Computacionales.
- En 1998 se estableció el programa de posgrado interinstitucional con la Universidad Autónoma de Chiapas para enseñar en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez la Maestría en Biotecnología.

- En el año 2012 se acredita el programa educativo de Ingeniería Mecánica, seguido por las carreras de Ingeniería en Electrónica e Ingeniería Industrial por el organismo acreditador CACEI.

1.7.2 Escudo



Figura 1.1- Escudo ITTG

En 1974 ocupó el cargo de director del Instituto Ricardo Vidal Ramírez, quien vio la necesidad de adoptar un logotipo para identificar a la institución que se convirtió en el emblema de todos los miembros de la comunidad estudiantil y académica. Puso en marcha la sesión en la que se invitó a los estudiantes, profesores y trabajadores de apoyo a presentar diseños para ser evaluados y seleccionar los más representativos, fue el estudiante de la carrera de técnico de combustión interna, Boanerges Nucamendi León, quien ganó el concurso entre 15 proyectos. Se compone de un matraz en la parte central que representa las Ciencias Químicas en los lados se ve reforzada por dos rayos que representan la física que implican la electricidad y las áreas de electrónica, el matraz es apoyado por medio de un cojinete con 13 de bolas que representan las áreas relacionadas con la mecánica. También representa los elementos que forman la base de la educación tecnológica que apoyan adecuadamente el desarrollo regional. En el interior del matraz es un libro abierto que representa el conocimiento que se destila a verter en la sociedad, en el libro hay una flecha Chamula Lacandona atravesada, estos elementos representan las riquezas de la condición étnica de Chiapas. Incluye la etiqueta redonda y arqueada de Tecnológico en la parte superior y Tuxtla Gutiérrez en la parte inferior, es necesario aclarar que, en el medio del libro fue inscrito con el número 27, esto

correspondió a consecutiva que le fue asignado a la fundación de la institución, pero se retiró cuando el Instituto dejó de ser regional. Los colores son representativos del Instituto de Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez: el rayo rojo, señales azules y blancas en el fondo.

1.7.3 Misión

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

1.7.4 Visión

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

1.7.5 Valores

- El ser humano
- El espíritu de servicio.
- El liderazgo.
- El trabajo en equipo.
- La calidad.
- El alto desempeño.
- Respeto al medio ambiente.

1.7.6 Oferta educativa

- Ingeniería en Gestión Empresarial

Ingeniería en Sistemas Computacionales

- Ingeniería Bioquímica
- Ingeniería Industrial
- Ingeniería Mecánica
- Ingeniería Eléctrica
- Ingeniería Electrónica
- Ingeniería Química
- ingeniería logística
- Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica
- Maestría en Ciencias en Ingeniería Bioquímica

Los principales laboratorios con los que cuenta el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez son:

- Microbiología
- Biotecnología
- Química
- Química pesada
- Mecánica
- Sistemas computacionales
- Ingeniería industrial
- Plantas piloto
- Polo Tecnológico Nacional

1.7.7 Área específica relacionada con el proyecto

El proyecto será realizado en el laboratorio del Polo del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (Edificio I).

La carrera de Ingeniería Electrónica tiene como misión “formar profesionales de excelencia con competencias en el ámbito de la Ingeniería Electrónica, motivados para la promoción del desarrollo profesional y el conocimiento científico y tecnológico, con actitud emprendedora, respeto al medio ambiente y apego a los valores cívicos y éticos”

1.7.8 Localización

Carretera panamericana km 1080, Bulevares, Tuxtla Gutiérrez Chiapas



Figura 1.2.- Localización ITTG

1.8. Problema a resolver

Actualmente en el país y el mundo se intenta combatir contra la contaminación ambiental, estando en pro de la búsqueda de energías alternativas y mitigar el daño causado por el alto consumo de los hidrocarburos. En la sociedad actual el combustible común derivado del petróleo es el primero en uso de los automóviles, así como las maquinas industriales o de campo que requieran del mismo, lamentablemente el uso de este tipo de combustible impacta directamente en las ondas de calor que genera el medio ambiente, y la contingencia ambiental en la que se somete la sociedad por ese tipo de contaminación.

1.9 Cronograma de actividades

ACTIVIDAD	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
Recopilación de información e investigación de la teoría básica y estado del arte de los reactores para producir biocombustibles.	■			
Identificación los componentes principales y las variables características del reactor batch para producir biocombustibles mediante una interfaz electrónica de datos.	■	■		
Diseño y construcción de la interfaz electrónica que permita controlar el reactor BIO4L para producir biocombustible mediante el uso de las variables características del proceso.		■	■	
Pruebas de funcionamiento del esquema de validación con datos reales del reactor batch para producir biocombustible.		■	■	■
Informe de avance del proyecto		■	■	■
Entrega de informe de residencia.				■

1.10 Alcances

- Los residentes cuentan con el apoyo del asesor del proyecto.
- Existen las herramientas necesarias para desarrollar el proyecto.

1.11 Limitaciones

- Disposición de tiempo por parte del solicitante para suministrar datos para el desarrollo del proyecto.

1.12 Metodología para la realización del proyecto

La realización de este proyecto busca resolver los problemas de medición de flujo para un reactor (RTC) en la producción de biocombustible, del instituto tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, la metodología a seguir es la siguiente:

1.12.1 Recopilación de información e investigación

De la teoría básica de biorreactores para producir biocombustible a partir de reactivos como metanol y aceite vegetal (edo. Del arte). Recabar información de la teoría básica y observaciones de los sistemas de adquisición de datos existentes en biorreactores para producir biocombustible. Verificación de

trabajos similares, apoyado en los registros e información generada en residencias anteriores, artículos de investigación y trabajos profesionales de tesis sobre el mismo tema.

1.12.2 Identificar el modelo dinámico de comportamiento del biorreactor

para producir biocombustible a partir de aceite vegetal usado y metanol con el objetivo de establecer los parámetros y condiciones de operación en las que se utilizarán los sensores.

1.12.3 Desarrollar un esquema de validación del fotobiorreactor

para producir biocombustible a partir de metanol y aceite vegetal, mediante herramientas de Software.

1.12.4 Pruebas de funcionamiento del esquema de validación con datos reales

del biorreactor para producir biocombustible a partir de dichos reactivos ya mencionados, para verificar el funcionamiento por partes y luego en su conjunto.

CAPÍTULO 2 FUNDAMENTO TEORICO

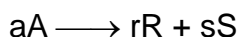
2.1 INTRODUCCIÓN A LOS SENSORES DE FLUJO.

La combinación de los procesos físicos y químicos a los efectos del diseño del reactor se hace recurriendo a las ecuaciones de las leyes de conservación de la materia y la energía para cada tipo de reactor. Para el diseño del proceso debe disponerse de información proveniente de diferentes campos: termodinámica, cinética química, mecánica de fluidos, transmisión de calor y transporte de materia.

Cuando una sustancia se transforma en otra por reordenación o redistribución de los átomos para formar nuevas moléculas decimos que se ha efectuado una reacción química.

La termodinámica química suministra dos fuentes importantes de información necesarias para el diseño: el calor desprendido o absorbido durante una reacción y la extensión máxima posible de la misma. Las reacciones químicas van

siempre acompañadas de liberación o absorción de calor, que se mide por el cambio de entalpía (ΔH). Por ejemplo, para la reacción



el calor de reacción (ΔH) a la temperatura T es el calor transferido desde los alrededores al sistema reaccionante cuando a moles de A desaparecen para formar r moles de R y s moles de S , suponiendo el sistema a la misma temperatura y presión antes y después de la reacción. Si $\Delta H > 0$, la reacción es endotérmica, absorbe calor; si $\Delta H < 0$, la reacción es exotérmica, desprende calor. En general los efectos de la generación o absorción de calor no serán tenidos en cuenta en este curso, trabajándose en condiciones isotérmicas.

La cinética química trata principalmente del estudio de la velocidad con que ocurre una reacción química, considerando los factores que influyen sobre ella y explicando la causa de la magnitud de esa velocidad de reacción. Este estudio es de primordial importancia pues una reacción puede ser termodinámicamente favorable pero su velocidad tan baja que a los efectos prácticos no ocurre. En el otro extremo, una reacción puede tener una velocidad tan elevada que entre en la categoría de las reacciones explosivas.

Hay muchas maneras de clasificar las reacciones químicas. A nuestros efectos puede resultar adecuado dividir las según el número de fases implicadas: sistemas homogéneos (una sola fase) y heterogéneos (se requiere más de una fase para que la reacción tenga lugar). Muchas veces esta distinción no es tajante. Otra clasificación posible es dividir las entre catalizadas o no catalizadas. Un catalizador es una sustancia que, sin ser ni reactante ni producto, interviene en la transformación química y resulta incambiada con la reacción pero modifica la velocidad de reacción. Los catalizadores pueden ser inorgánicos como por ejemplo los utilizados en la refinación del petróleo, pero también pueden ser biológicos, por ejemplo, las enzimas de las reacciones bioquímicas.

La velocidad de una reacción química puede estar afectada por diversas variables. En los sistemas homogéneos las variables son la temperatura, la presión y la composición. En los sistemas heterogéneos hay que tener en cuenta además el pasaje de materia de una fase a otra y eventualmente la transferencia

del calor generado por la reacción. En todos los casos si la reacción global consta de varias etapas en serie, la etapa más lenta de la serie es la que ejerce más influencia y se denomina etapa controlante.

2.2 Obtención de biodiesel a partir de metanol y aceites vegetales

2.2.1 INTRODUCCIÓN

Los aceites vegetales usados son reciclados para fabricar jabones de baja calidad, alimento para animales etc. y en algunos casos vertidos de alcantarillado o también recuperados para ser utilizados en puestos de comidas rápidas, hecho que representa un gran riesgo para la salud de los consumidores. El uso inadecuado que se le ha dado a los aceites vegetales usados indica que se deben establecer alternativas viables para su aprovechamiento en otras áreas. La exposición del aceite a altas temperaturas, así como su reutilización genera cambios graduales en su composición química y física, así como en sus propiedades organolépticas que afectan la calidad de los alimentos y del aceite en sí.

El biodiesel producido por alcoholólisis de triglicéridos se está convirtiendo en una excelente opción para la utilización de todos estos aceites de tritura usados. Es un excelente biocombustible ya que no contiene azufre, y el contenido de aromáticos es casi nulo, lo cual lo hace ambientalmente más aceptable que el Diesel del petróleo.

Este proceso utiliza alcoholes de bajo peso molecular como el metanol y el etanol gracias a su gran poder reactivo y a su fácil disponibilidad, aunque la mayoría de las tecnologías usadas se basan en el alcohol metílico. Para Colombia, país que dispone de material de biomasa susceptible de ser convertido a alcohol es interesante evaluar las alternativas de obtención de biodiesel a partir del etanol derivado de la caña, yuca y otras fuentes.

El proceso de transesterificación se lleva a cabo usualmente en fase líquida y uno de los reactantes es parcialmente soluble y se disuelve poco a poco al progresar la reacción (el aceite es parcialmente soluble en el etanol). La reacción

es reversible y para favorecer el equilibrio hacia la formación de productos se hace necesario incrementar el exceso de uno de los reactivos o retirar algunos de los productos generados.

2.2.2 El mecanismo que presenta la reacción de transesterificación es el siguiente:

Triglicéridos (TG) + R'OH → Diglicerido + R'C00R1

Diglicerido (DG) + R'OH → Monoglicerido + R'C00R2

Monogliceridos (MG) + R'OH → Glicerol (GL) + R'C00R3

2.2.3 Parte experimental

Para la obtención del Etil-Ester (biodiesel) a escala laboratorio inicialmente se realizó un pretratamiento del aceite vegetal usado, consistente en una operación de filtración y posterior secado, a continuación, se realizó la caracterización del mismo con el fin de conocer algunas propiedades fisicoquímicas: índice de acidez, impureza, color, índice de peróxidos, índice de refracción, punto de humo, porcentaje de humedad, índice de saponificación e índice de yodo.

En la reacción de transesterificación se utilizaron los catalizadores mencionados y metanol de grado absoluto.

Se planteó un diseño de experimentos de 2^n con $n=2$, determinado el catalizador más adecuado. Para la reacción no se llevó un diseño de experimentos riguroso, considerando las condiciones más favorables las reportadas en la literatura y se varió la relación molar.

2.2.3.1 Variables de proceso

Las variables de mas importantes que se tuvieron en cuenta en la reacción de transesterificación fueron:

- Temperatura de reacción

- Relación molar entre el metanol y el aceite
- Catalizador
- Velocidad de la mezcla
- Purificación de los reactivos

Se mantuvo a la constante la temperatura de reacción de 60°C y la agitación de la mezcla en 17,24 y 30 pulsos de la bomba por minuto.

2.2.4 Procedimiento

Para el proceso de transesterificación con el metanol, se realizó un montaje donde se hizo necesario un reflujo con el fin de evitar la evaporación del metanol. Trabajando a presión atmosférica y a una temperatura de 60°C se preparó el etóxido, se adiciono el AVU a la misma temperatura, aumentando su temperatura a 66°C se realizó la transesterificación, bajo baño maría por un periodo de unos cuantos minutos.

2.3 Introducción a la medición de flujo

La medición de flujo es un parámetro clave usado en la industria para poder registrar y leer valores que pueden ser usados en distintos niveles del negocio, así como para controlar procesos. De las típicas mediciones de proceso, que son flujo, nivel, temperatura y presión, la medición de flujo tiende a ser la más complicada y por lo tanto es común la selección incorrecta de instrumentos de medición de flujo.

La tecnología de medición de flujo ha evolucionado hasta el punto que han llegado al mercado equipo altamente preciso y eficiente. Más aún, nuevos principios de medición son introducidos constantemente y de igual forma los principios actuales son mejorados continuamente. Como punto de partida debe ser mencionado que no hay un medidor de flujo que pueda cubrir todas las aplicaciones de medición de flujo. Y por esta razón, se dice que la selección de medidores de flujo es tanto una ciencia como un arte.

2.3.1 Clasificación de los medidores de flujo

Los medidores de flujo operan de acuerdo a diferentes principios de medición. Y estos pueden ser clasificados en **4 diferentes categorías**:

2.3.1.1 Medidores de flujo de partes móviles húmedas

(como de desplazamiento positivo, turbina y de área variable). Se les llama así, porque estos medidores utilizan partes móviles maquinadas, de alta tolerancia, que están en contacto con el fluido y determinan el desempeño del medidor. Estas partes están desgastadas mecánicamente, por lo que estos medidores son prácticos principalmente para fluidos limpios.

2.3.1.2 Medidores de flujo con partes no-móviles húmedas

(como vortex, de presión diferencial y térmicos). En estos la ausencia de partes móviles les da una ventaja. Sin embargo, pueden ser dañados por desgaste excesivo, tubería de impulsos y suciedad excesiva en el fluido.

2.3.1.3 Medidores de flujo sin obstrucciones

(como Coriolis y magnéticos). Estos medidores permiten al fluido pasar sin perturbaciones y por lo tanto mantener el desempeño cuando se manejan fluidos sucios o abrasivos.

2.3.1.4 Medidores de flujo con sensores montados externamente

(como ultrasónicos de abrazadera). Estos medidores no ofrecen obstrucción al fluido y no tienen partes húmedas, es decir que no hay contacto con el fluido. Sin embargo, sus limitaciones no permiten que sean usados en todas las aplicaciones.

También se pueden clasificar en **4 diferentes tipos**:

2.3.1.5 Volumétricos

Como los medidores de desplazamiento positivo. Estos miden el volumen directamente.

2.3.1.6 De Velocidad

Como los medidores magnéticos, de turbina o ultrasónicos. Estos determinan el flujo total multiplicando la velocidad por el área por la que el fluido atraviesa.

2.3.1.7 De inferencia

Como los de presión diferencial y de área variable. Estos medidores infieren el flujo por algunas otras características físicas como la presión diferencial y correlacionarla experimentalmente con el flujo.

2.3.1.8 Masa

Como los medidores de masa Coriolis. Estos medidores miden la masa directamente.

2.3.2 Flujo

Flujo puede ser definido como el volumen de fluido en una tubería pasando a través de un punto por unidad de tiempo. Esto puede ser expresado como:

$$Q = A \times V$$

Donde A es el área de la sección transversal de la tubería y V es la velocidad promedio del fluido. Por lo tanto, el flujo de masa puede ser definido como:

Flujo Volumétrico x Densidad

Típicamente, las mediciones se basan en fórmulas empíricas y resultados de pruebas. Por lo tanto, la planta que está considerando una aplicación específica para algún medidor de flujo, debe considerar las limitaciones y condiciones de prueba sobre las cuales el medidor es vendido. Por ejemplo, a medida que cambia la temperatura, la densidad del fluido cambia también, y esto puede afectar la precisión de la lectura a menos que se implemente alguna compensación.

Para estandarizar la expresión de la medición de gas, los profesionales de la medición de procesos, frecuentemente relacionan al flujo de gas a ciertas condiciones de operación con condiciones de presión y temperatura estándar.

La condición estándar se presume que son 14.696 psi (101.325 KPa absoluta) para presión y 59 °F (15 °C) para temperatura. De todas formas, estas condiciones “estándar” pueden variar de industria a industria, por lo que es buena práctica definir estas condiciones para evitar errores.

El flujo de gas expresado en unidades estándar es la cantidad de gas en condiciones estándar que es requerido para dar como resultado el mismo flujo de masa. El razonamiento detrás de esto es relacionar el flujo volumétrico al flujo de masa a ciertas condiciones de operación, ya que el flujo de masa a 100 psig es muy diferente que el flujo de masa a 5000 psig debido a los cambios de densidad.

Para los gases, la presión y temperatura debe ser compensada si los valores de medición difieren de los valores usados para los cálculos. A diferencia de los gases, los líquidos son incompresibles, pero de todas formas podrían requerir compensación de temperatura debido a que la densidad puede variar significativamente después de un cambio grande en la temperatura.

2.3.3 Precisión en la medición de flujo

La precisión es especificada típicamente ya sea como “% de razón de flujo” o como “% de la escala total”. El usuario debe ser cuidadoso al definir la precisión ya que “% de razón de flujo” y “% de la escala total” no son lo mismo.

En “% de razón de flujo”, la precisión es la misma para flujos bajos y flujos altos. Por ejemplo, un medidor con un rango de 0–100 L/m y una precisión de +- 1% de razón de flujo, va a tener a 100 L/m, un error de +- 1 L/m y a un flujo de 20 L/m, el error va a ser +- 0.2 L/m (1% de la medición en los dos casos).

Por otro lado, un medidor con precisión de “% de la escala total” tiene diferente precisión en flujos bajos. Por ejemplo, un medidor con rango de 0–100 L/m y una precisión de +- 1% de la escala total, tendrá a 100 L/m, un error de +- 1% L/m y a un flujo de 20 L/m, el error sería aún de +- 1 L/m (5% de la medición). Esto es

un error mucho mayor que en un flujo de 20 L/m en una precisión de “% de razón de flujo”.

2.4 Factores para la elección del tipo de medidor de fluidos

2.4.1 Rango

Los medidores disponibles en el mercado pueden medir flujos desde varios mililitros por segundo (ml/s) para experimentos precisos de laboratorio hasta varios miles de metros cúbicos por segundo (m³/s) para sistemas de irrigación de agua o agua municipal o sistemas de drenaje. Para una instalación de medición en particular, debe conocerse el orden de magnitud general de la velocidad de flujo, así como el rango de las variaciones esperadas.

2.4.2 Exactitud requerida

Cualquier dispositivo de medición de flujo instalado y operado adecuadamente puede proporcionar una exactitud dentro del 5 % del flujo real. La mayoría de los medidores en el mercado tienen una exactitud del 2% y algunos dicen tener una exactitud de más del 0.5%. El costo es con frecuencia uno de los factores importantes cuando se requiere de una gran exactitud.

2.4.3 Pérdida de presión

Debido a que los detalles de construcción de los distintos medidores son muy diferentes, éstos proporcionan diversas cantidades de pérdida de energía pérdida de presión conforme el fluido corre a través de ellos. Excepto algunos tipos, los medidores de fluido llevan a cabo la medición estableciendo una restricción o un dispositivo mecánico en la corriente de flujo, causando así la pérdida de energía.

2.4.4 Tipo de fluido

El funcionamiento de algunos medidores de fluido se encuentra afectado por las propiedades y condiciones del fluido. Una consideración básica es si el fluido es un líquido o un gas. Otros factores que pueden ser importantes son la viscosidad,

la temperatura, la corrosión, la conductividad eléctrica, la claridad óptica, las propiedades de lubricación y homogeneidad.

2.4.5 Calibración

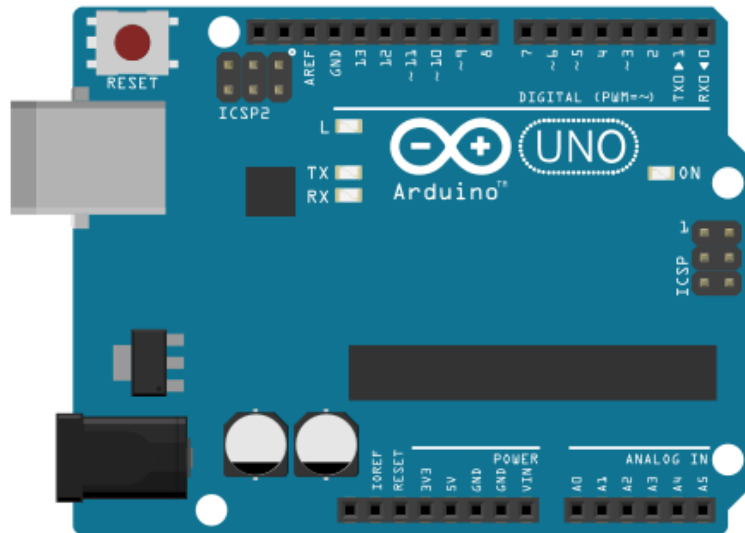
Se requiere de calibración en algunos tipos de medidores. Algunos fabricantes proporcionan una calibración en forma de una gráfica o esquema del flujo real versus indicación de la lectura. Algunos están equipados para hacer la lectura en forma directa con escalas calibradas en las unidades de flujo que se deseen. En el caso del tipo más básico de los medidores, tales como los de cabeza variable, se han determinado formas geométricas y dimensiones estándar para las que se encuentran datos empíricos disponibles. Estos datos relacionan el flujo con una variable fácil de medición, tal como una diferencia de presión o un nivel de fluido.

2.5 Reactor tubular continuo

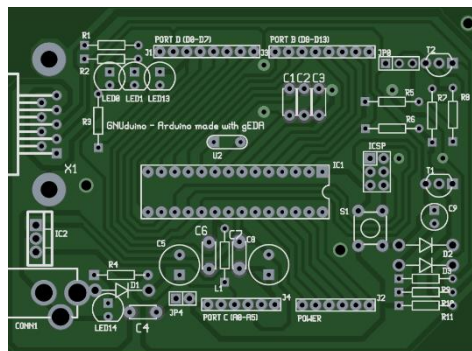
El reactor tubular continuo (RTC) es un dispositivo para la producción de biodiesel de manera continua, representa una alternativa al uso de reactores batch comúnmente utilizados. En un RTC los reactivos entran por separado al sistema de tuberías y pasan después por un calentamiento (baño maría) a 60 grados. Posteriormente los reactivos se mezclan y entran a un sistema de mezcladores estáticos helicoidales que aumenta la transferencia de calor y masa. A continuación, el producto pasa a una sección de tubing de acero inoxidable para preservar la temperatura y aumentar el tiempo de reacción para finalmente salir del sistema como metil ésteres y glicerol.

2.6 ARDUINO

Arduino es una plataforma de desarrollo basada en una placa electrónica de hardware libre que incorpora un microcontrolador re-programable y una serie de pines hembra. Estos permiten establecer conexiones entre el microcontrolador y los diferentes sensores y actuadores de una manera muy sencilla (principalmente con cables dupont).



Una placa electrónica es una PCB (“Printed Circuit Board”, “Placa de Circuito Impreso” en español). Las PCBs superficies planas fabricadas en un material no conductor, la cual consta de distintas capas de material conductor. Una PCB es la forma más compacta y estable de construir un circuito electrónico. Por lo tanto, la placa Arduino no es más que una PCB que implementa un determinado diseño de circuitería interna. De esta forma el usuario final no se debe preocupar por las conexiones eléctricas que necesita el microcontrolador para funcionar, y puede empezar directamente a desarrollar las diferentes aplicaciones electrónicas que necesite.



PCB de un Arduino UNO

Cuando hablamos de “Arduino” deberíamos especificar el modelo concreto. Se han fabricado diferentes modelos de placas Arduino oficiales, cada una pensada con un propósito diferente y características variadas (como el tamaño físico, número de pines E/S, modelo del microcontrolador, etc). A pesar de las varias placas que existen todas pertenecen a la misma familia (microcontroladores AVR

marca Atmel). Esto significa que comparten la mayoría de sus características de software, como arquitectura, librerías y documentación.

2.7 SENSOR DE FLUJO DE 1/2" YF-S201

2.7.1 CARACTERÍSTICAS:

- Modelo: YF-S201
- Voltaje de operación: 5V - 18V DC
- Consumo de corriente: 15mA (5V)
- Capacidad de carga: 10mA (5 VDC)
- Salida: Onda cuadrada pulsante
- Rango de Flujo: 1-30L/min
- Volumen promedio por pulso: 2.25mL
- Pulsos por litro: 450
- Factor de conversión: 7.5
- Rosca externa: 1/2" NPS
- Presión de trabajo máx.: 1.75MPa (17 bar)
- Temperatura de funcionamiento: -25°C a 80°C
- Material: Plástico color negro

2.7.2 ¿CÓMO FUNCIONA EL SENSOR DE FLUJO CON ARDUINO?

El funcionamiento del sensor de flujo electrónico a turbina que utilizaremos con Arduino es simple y complejo a la vez. Simple porque básicamente consta de una turbina que gira al pasar el agua a través de ella, y complejo porque utiliza un sensor de efecto Hall para calcular el flujo.

El líquido circula a través del cuerpo del medidor de flujo haciendo girar la turbina o hélice que tiene dentro. Cuanto más flujo haya, más rápido girarán las aspas de la turbina. Un imán situado en la turbina genera un pulso positivo cada vez que pasa por el sensor de efecto Hall. De esta forma podemos conocer las RPM que genera la hélice y calcular el caudal con una sencilla ecuación.

2.7.3 CONEXIÓN DEL SENSOR DE FLUJO.

La conexión del caudalímetro es muy sencilla. Por un lado, alimentamos el sensor conectando Vcc y Gnd, respectivamente, a 5V y Gnd en Arduino. Por otro lado, conectamos la salida del sensor SIG a un pin digital que permita emplear interrupciones.

- ✓ Mientras que la conexión, vista desde Arduino, sería la siguiente.

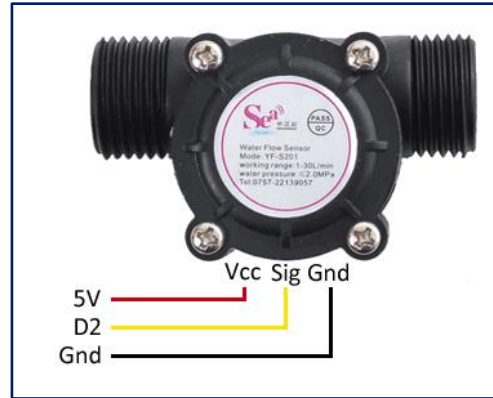


Figura 1: sensor de flujo de agua

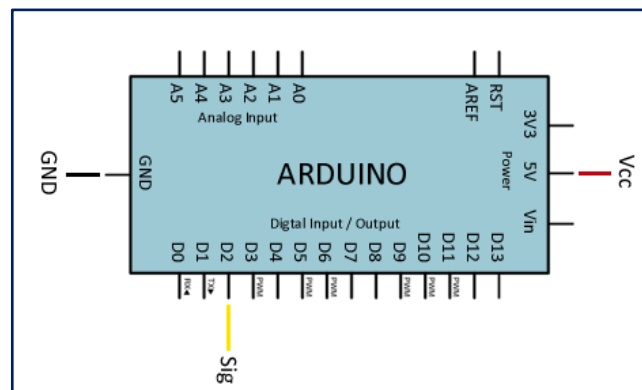


Figura 2: Microcontrolador Arduino

2.7.4 CONEXIÓN DEL SENSOR Y ARDUINO

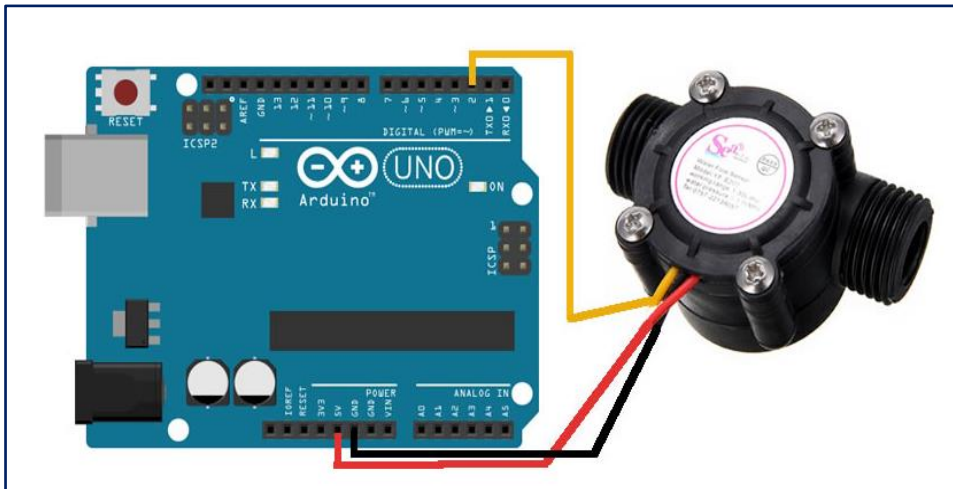


Figura 3: Montaje del Sensor y el Arduino.

La conexión eléctrica es muy sencilla, todos los sensores de flujo tienen 3 cables: rojo y negro para positivo y GND y amarillo para la salida de los pulsos. Como es necesario utilizar interrupciones externas, podemos utilizar los pines 2 ó 3 de Arduino UNO, que son los que manejan interrupciones.

2.7.5 CALIBRANDO SENSOR DE FLUJO

Para tener una medición lo más exacta posible es necesario calcular el valor del factor de conversión que es el que nos sirve para pasar de Frecuencia de pulsos a caudal de agua. La variable que podemos medir con exactitud es la cantidad de pulsos (usando el Arduino), y con ayuda de un recipiente con graduación podemos medir la cantidad o volumen del líquido alojado. Estas dos variables podemos medirlas con exactitud, para calcular el factor de conversión con estas dos variables podemos usar la siguiente fórmula:

$$K = \frac{n^{\circ}\text{Pulsos}}{\text{Volumen} \cdot 60}$$

Donde K es el factor de conversión, n°Pulsos son la cantidad de pulsos medidos con el sensor correspondientes al volumen que pasa por el sensor, dicho volumen debemos medirlo con ayuda de recipientes con graduación.

2.8 Teclado matricial

Un teclado matricial es un dispositivo que agrupa varios pulsadores y permite controlarlos empleando un número de conductores inferior al que necesitaríamos al usarlos de forma individual. Podemos emplear estos teclados como un controlador para un autómatata o un procesador como Arduino.

Estos dispositivos **agrupan los pulsadores en filas y columnas** formando una matriz, disposición que da lugar a su nombre. Es frecuente una disposición rectangular pura de NxM columnas, aunque otras disposiciones son igualmente posibles.

Los teclados matriciales son frecuentes en electrónica e informática. De hecho, los teclados de ordenador normales son teclados matriciales, siendo un buen ejemplo de teclado matricial con disposición no rectangular.

Una de las desventajas de usar un teclado matricial es que pueden causar problemas cuando se pulsa más de una tecla simultáneamente. Este es uno de los motivos por el que los teclados de ordenador usan una disposición no rectangular, agrupando ciertas teclas en circuitos diferentes (Ctrl, Alt, Shift...)

En el campo de la electrónica casera y Arduino, se venden múltiples modelos de teclados matriciales en **distintos soportes** (rígidos o flexibles) y con **distinto número de teclas**, siendo habituales configuraciones de 3x3, 3x4, y 4x4.

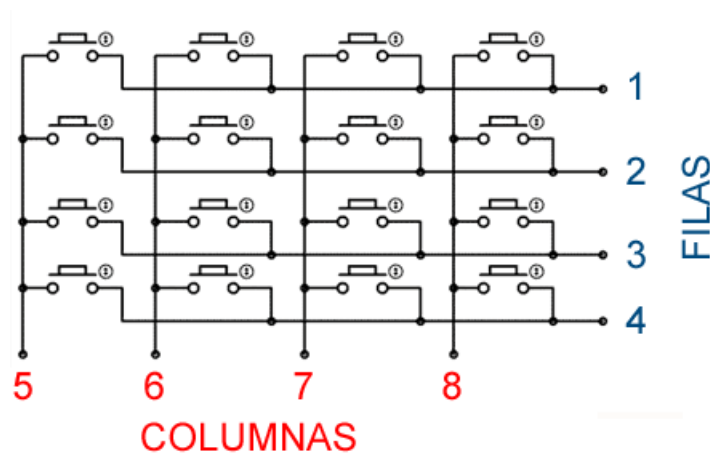
Podemos emplear teclados matriciales en nuestros proyectos de electrónica y robótica, por ejemplo, para cambiar el modo de funcionamiento de un montaje, para solicitar un password, como teclas de dirección para controlar un brazo robótico o un vehículo, o proporcionar instrucciones a un robot.

2.8.1 ¿CÓMO FUNCIONA UN TECLADO MATRICIAL?

Como hemos dicho, un teclado matricial agrupa los pulsadores en filas y columnas formando una matriz, lo que permite emplear **un número menor de conductores** para determinar la pulsación de las teclas.

La siguiente imagen muestra, a modo de ejemplo, una disposición rectangular de 4x4, aunque el funcionamiento es análogo en otras disposiciones. Al detectar la pulsación en la columna X y la fila Y, sabremos que se ha pulsado la tecla (X, Y).

Internamente la disposición de los pulsadores es la siguiente, que es muy similar a la disposición que vimos al tratar sobre displays LED matriciales.

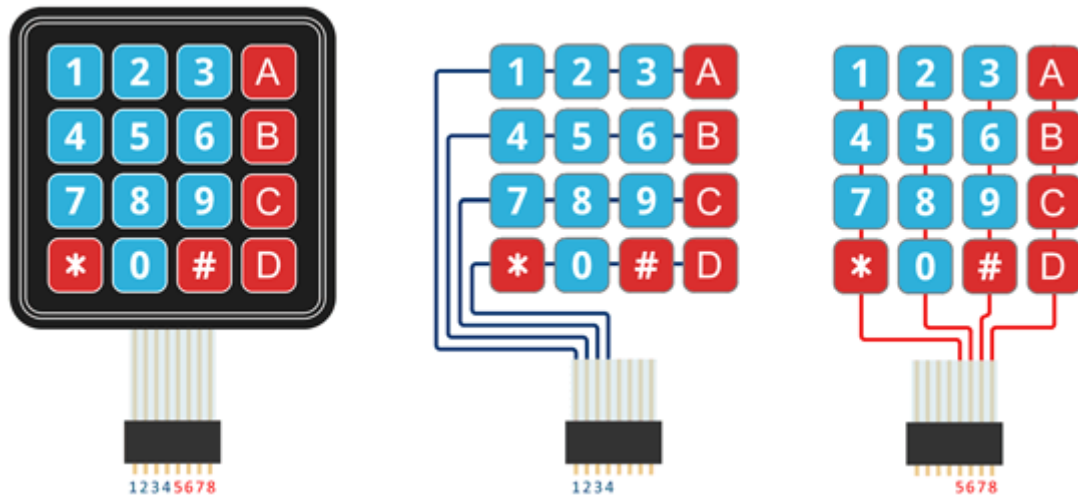


Para detectar la pulsación de una tecla actuaremos de forma similar a la lectura simple de un pulsador. En resumen, ponemos a tierra un extremo del pulsador, y el otro lo conectamos a una entrada digital con una resistencia de pull-up.

Para leer todas las teclas tendremos **que hacer un barrido por filas**. En primer lugar, ponemos todas las filas a 5V, y definimos todas las columnas como entradas con resistencia de pull-up.

Progresivamente ponemos una fila a 0V, y leemos las entradas de la columna. Una vez realizada la lectura volvemos a ponerla a 5V, pasamos a la siguiente fila, y volvemos a realizar el progreso hasta recorrer todas las filas.

Para detectar $N \times M$ pulsadores necesitamos sólo $N+M$ conductores. Por tanto, ahorro de conductores es superior cuanto más grandes sean N y M , y más parecidos entre sí. (ej: 16 pulsadores en 2×8 necesitan 10 conductores, y en 4×4 sólo 8 conductores.)

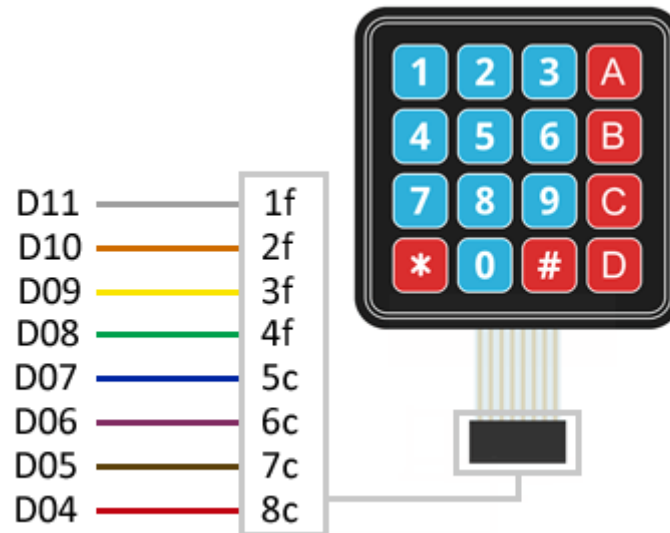


En consecuencia, los teclados de $1 \times M$, $N \times 1$ y 2×2 no suponen ningún ahorro en conductores, aunque, independientemente, puede que os resulten de utilidad únicamente por agrupar en un mismo dispositivo la disposición que deseáis.

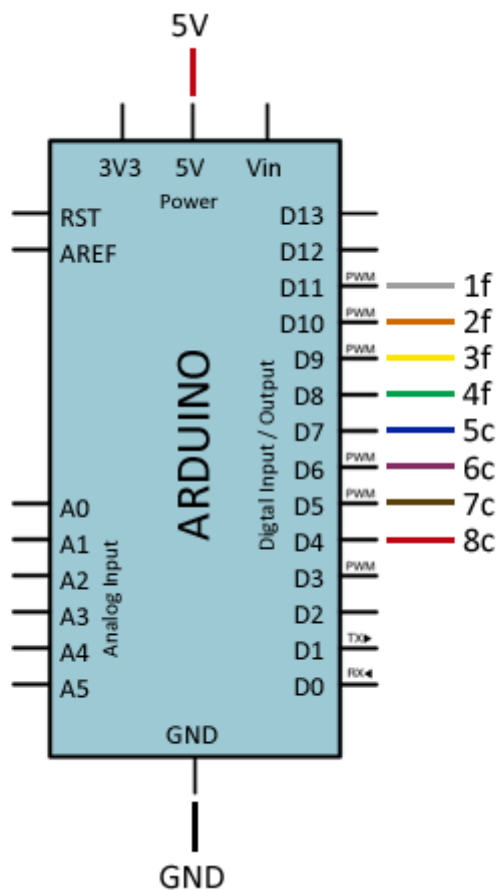
Como hemos comentado, la mayor desventaja de la disposición matricial es que pueden dar problemas al detectar la pulsación de múltiples teclas de forma simultánea.

2.8.2 ESQUEMA DE CONEXIÓN

El esquema de conexión es sencillo. Simplemente conectamos todos los pines a entradas digitales de Arduino. Por ejemplo, en el ejemplo de un teclado de 4x4 el esquema quedaría de la siguiente forma.



Que visto desde Arduino quedaría de la siguiente forma.



2.9 Librerías utilizadas al implementar el i2c

2.9.1 Librería *LiquidCrystal_I2C* para Arduino

Existen diferentes tipos y versiones de librerías para trabajar con el módulo Adaptador LCD a I2C. La librería utilizada fue la de **LiquidCrystal_I2C**, las funciones que utiliza esta librería son similares a la librería **LiquidCrystal** de Arduino, revisaremos las funciones principales:

2.9.2 *LiquidCrystal_I2C(lcd_Addr, lcd_cols, lcd_rows)*

Función constructora, crea un objeto de la clase `LiquidCrystal_I2C`, con dirección, columnas y filas indicadas.

2.9.2.1 `init()`

Inicializa el módulo adaptador LCD a I2C, esta función internamente configura e inicializa el I2C y el LCD.

2.9.2.2 `clear()`

Borra la pantalla LCD y posiciona el cursor en la esquina superior izquierda (posición (0,0)).

2.9.2.3 `setCursor(col, row)`

Posiciona el cursor del LCD en la posición indicada por `col` y `row(x,y)`; es decir, establecer la ubicación en la que se mostrará posteriormente texto escrito para la pantalla LCD.

2.9.2.4 `print ()`

Escribe un texto o mensaje en el LCD, su uso es similar a un `Serial.print`

2.9.2.5 `scrollDisplayLeft()`

Se desplaza el contenido de la pantalla (texto y el cursor) un espacio hacia la izquierda.

2.9.2.6 `scrollDisplayRight ()`

Se desplaza el contenido de la pantalla (texto y el cursor) un espacio a la derecha.

2.9.2.7 `backlight ();`

Enciende la Luz del Fondo del LCD

2.9.2.8 noBacklight();

Apaga la Luz del Fondo del LCD

2.9.2.9 createChar (num, datos)

Crea un carácter personalizado para su uso en la pantalla LCD. Se admiten hasta ocho caracteres de 5x8 píxeles (numeradas del 0 al 7). Dónde: **num** es el número de carácter y **datos** es una matriz que contienen los pixeles del carácter.

2.10 Configuración de lcd con i2c

2.10.1 Hardware del Módulo adaptador LCD a I2C

El Módulo adaptador LCD a I2C que usaremos está basado en el controlador I2C PCF8574, el cual es un Expansor de Entradas y Salidas digitales controlado por I2C. Por el diseño del PCB este módulo se usa especialmente para controlar un LCD Alfanumérico.

La dirección I2C por defecto del módulo puede ser 0x3F o en otros casos 0x27. Es muy importante identificar correctamente la dirección I2C de nuestro modulo, pues de otra forma nuestro programa no funcionará correctamente. Para identificar la dirección específica de nuestro módulo podemos utilizar un pequeño sketch de prueba llamado: I2C Scanner, el cual nos permite identificar la dirección I2C del dispositivo conectado al Arduino. Si en caso existiera la necesidad de trabajar con más de un LCD podemos modificar la dirección I2C del módulo adaptador. Para esto es necesario soldar los puentes A0, A1 y A2 presentes en el módulo, estos tres puentes son los bits menos significativos de la dirección I2C del módulo. La dirección 0x3F en binario sería: 0|0|1|1|1|A2|A1|A0 y la dirección 0x27: 0|0|1|0|0|A2|A1|A0. Por defecto A0, A2, A1 valen 1 pero si soldamos los puentes, estos se conectan a tierra teniendo un valor 0. Por ejemplo si soldamos los tres puentes la nueva dirección sería 0|0|1|0|0|0|0|0 (0x20), para un chip que anteriormente era 0x27.

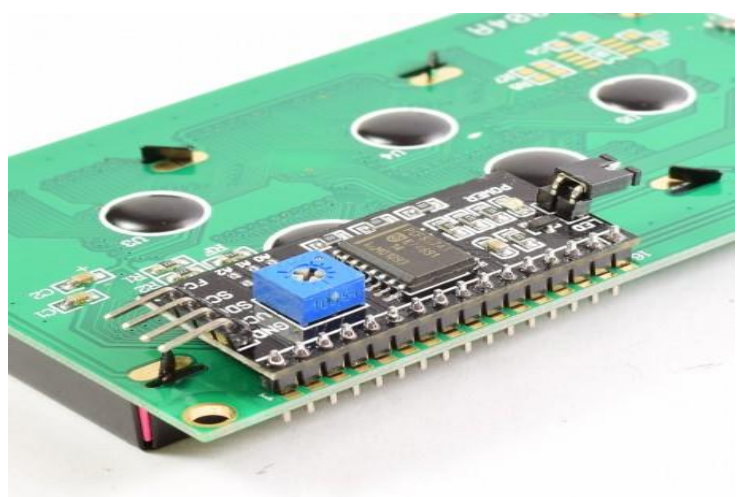


Para controlar el contraste de los dígitos en el LCD solo necesitamos girar el potenciómetro que se encuentra en el módulo, hasta quedar conformes con el contraste mostrado.

La luz de fondo se controla principalmente por software desde el Arduino, pero el módulo también permite desconectar el Led de la luz de fondo removiendo un jumper LED.

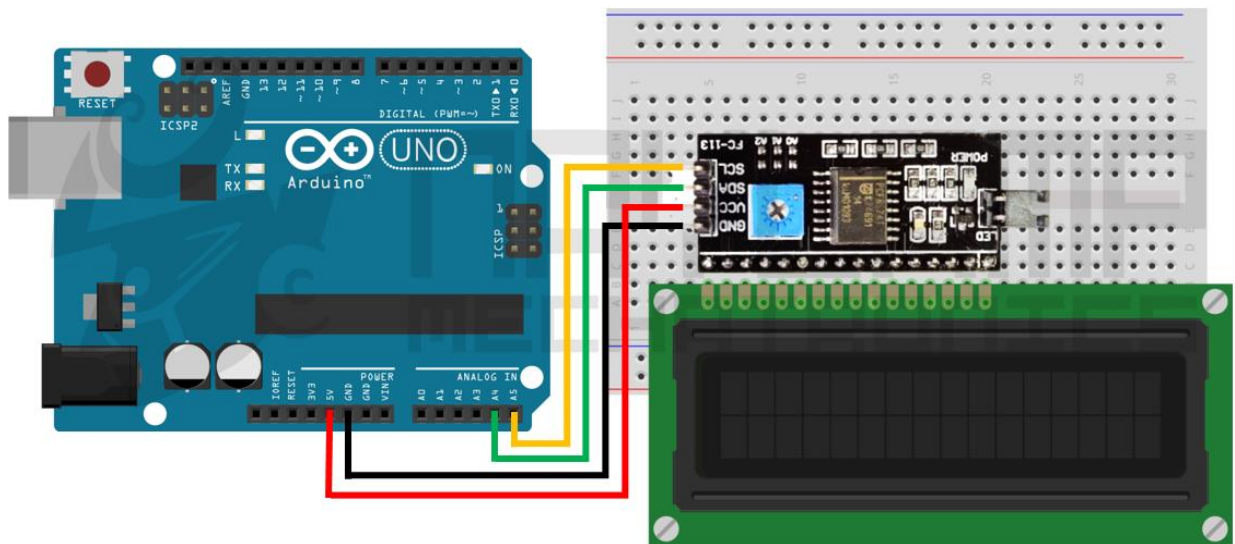
2.11 Conexiones entre Arduino y módulo adaptador lcd a i2c

El adaptador LCD a I2C tiene los pines ordenados para conectar directamente al LCD, esto lo podemos hacer a través de un protoboard o soldando directamente al LCD.



Adaptador LCD a I2C	Arduino Uno, Nano, Mini.	Arduino Mega , DUE
GND	GND	GND
VCC	5V	5V
SDA	A4	20
SCL	A5	21

Para conectar con el módulo con el Arduino solo utilizamos los pines I2C del Arduino (SDA y SCL) y alimentación (GND y 5V), los pines I2C varían de acuerdo al modelo de Arduino con el que trabajemos, en la siguiente tabla podemos ver cuáles son los pines I2C para cada modelo de Arduino.



* Las conexiones para el LCD de 16x4 y 20 x 4 son las mismas.

2.12 Metanol

El compuesto químico metanol, también conocido como alcohol de madera o alcohol metílico (o raramente alcohol de quemar), es el alcohol más sencillo. A temperatura ambiente se presenta como un líquido ligero (de baja densidad), incoloro, inflamable y tóxico que se emplea como anticongelante, disolvente y combustible. Su fórmula química es CH₃OH (CH₄O).

Fue utilizado en el proceso de embalsamamiento, pero los antiguos egipcios utilizaron una mezcla de sustancias, incluyendo metanol, que obtenían mediante el pirólisis de la madera. Sin embargo, en 1661 Robert Boyle aisló el metanol puro, cuando lo produjo a través de la destilación de madera de boj. Más tarde llegó a ser conocido como el *espíritu piroxilico*. En 1834, los químicos franceses Jean-Baptiste Dumas y Eugene Peligot determinaron su composición elemental. Ellos también introdujeron la palabra metileno en la química orgánica, formada a partir de la palabra griega methy= "vino" + hylē = madera (grupo de árboles). La intención era que significara «alcohol preparado a partir de madera», pero tiene errores de lengua griega: se usa mal la palabra "madera", y un orden erróneo de las palabras debido a la influencia del idioma francés. El término "metilo" fue creado alrededor de 1840 por abreviatura de metileno, y después fue utilizado para describir el alcohol metílico; expresión que la Conferencia Internacional sobre Nomenclatura Química redujo a «metanol» en 1892.

El uso de metanol como combustible de automoción recibió atención durante las crisis del petróleo de la década de 1970 debido a su disponibilidad, bajo coste, y los beneficios medioambientales. A mediados de la década de 1990, más de 20 000 "vehículos de combustible flexible" (VCF) capaces de funcionar con metanol o gasolina se vendieron en Estados Unidos. Además, durante gran parte de la década de 1980 y principios de los 1990, en los combustibles de gasolina que se venden en Europa se mezclan pequeños porcentajes de metanol. Los fabricantes de automóviles dejaron de construir VCFs a metanol a finales de los años 1990, cambiando su atención a los vehículos propulsados por etanol. Aunque el programa de VCF a metanol fue un éxito técnico, el aumento del precio del metanol a mediados y finales de la década de 1990 durante un período

de caída en precios de la gasolina disminuyó el interés en el metanol como combustible.

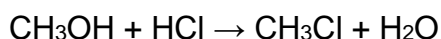
2.12.1 Aplicaciones

El metanol, como todo alcohol, tiene varios usos. Es un disolvente industrial y se emplea como materia prima en la fabricación de formaldehído. El metanol también se emplea como anticongelante en vehículos, combustible de estufetas de acampada, solvente de tintas, tintes, resinas, adhesivos, biocombustibles y aspartame. El metanol puede ser también añadido al etanol para hacer que este no sea apto para el consumo humano (el metanol es altamente tóxico) y para vehículos de modelismo con motores de combustión interna.

2.12.2 Propiedades químicas

El metanol es el único alcohol que tiene tres hidrógenos en la base de su hidroxilo (alcohol unitario o carbinol). Es el alcohol con el número de oxidación de su carbono más bajo (Nox = -2). Con oxidantes fuertes el metanol puede ser oxidado hasta anhídrido carbónico. Con oxidantes más moderados como el reactivo de Swern, reactivo de Pfitzner-Moffatt o Reactivo de Collins se produce formaldehído.

Cuando el metanol se trata con cloruro de hidrógeno se forma cloruro de metilo:



A escala industrial la oxidación se lleva a cabo con oxígeno del aire y un catalizador de cobre. El único producto posible de la deshidratación de metanol² es el éter dimetílico³ $2 \text{CH}_3\text{OH} \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$ ⁴

Cuando se trata un ácido carboxílico no funcionalizado en su estructura (por ejemplo, sin insaturaciones alifáticas, sin halógenos, alcoholes o carbonilos), y se emplea metanol y ácido sulfúrico se forma el éster metílico.

2.13 Aceites vegetales

El aceite vegetal es un compuesto orgánico obtenido a partir de semillas u otras partes de las plantas, está compuesto por lípidos, es decir, ácidos grasos de diferentes tipos. La proporción de estos ácidos grasos y sus diferentes

características, son las que dan las propiedades a los distintos aceites vegetales existentes.

Los aceites y las grasas vegetales se extraen de las semillas oleaginosas de frutas y pepitas. No solamente se utilizan para la alimentación, sino que también, son utilizadas con fines industriales. Dependiendo del tipo de materia prima se utiliza un método y otro para su extracción y elaboración. Esto es así porque es necesario separar el líquido (aceite) de la parte sólida.

Todos nuestros aceites son 100% puros de origen vegetal, es decir, sin mezclas de otros aceites vegetales, lo que proporciona consistentemente un mayor rendimiento y calidad homogénea. Contamos con un aceite para cada tipo de necesidad para el cliente, siendo nuestra principal oferta: el aceite de soya, de canola y de oleína.

2.13.1 Beneficios de los aceites

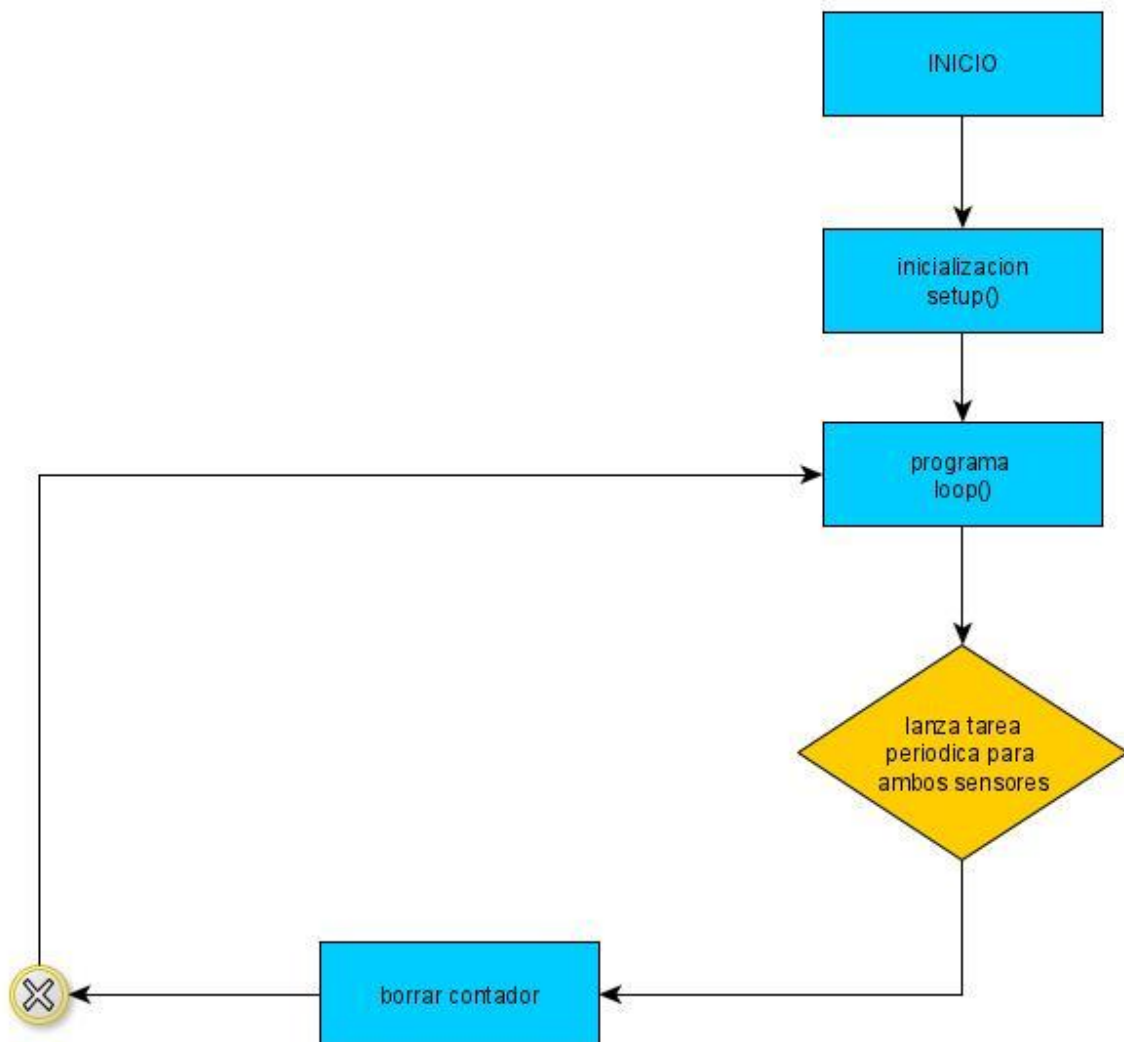
- Aceites 100% puros de origen vegetal, sin mezclas de otros aceites: mayor rendimiento y calidad homogénea.
- Multipropósitos. Ideales para uso en panadería y pastelería, freído, preparación de salsas, mayonesas, aderezos, enlatados y más.
- Saludables. Por su naturaleza de origen, contienen ácidos grasos esenciales Omega 3 y 6 y son bajos en grasas saturadas.
- Aceites neutros. Resaltan el sabor de los alimentos.
- Presentaciones: Bidón / Bag in box (20L).

CAPITULO 3 RESULTADOS

3.1 Desarrollo e implementación del proyecto

3.1.1 Diagramas de flujo de los programas desarrollados para la obtención de datos de flujo.

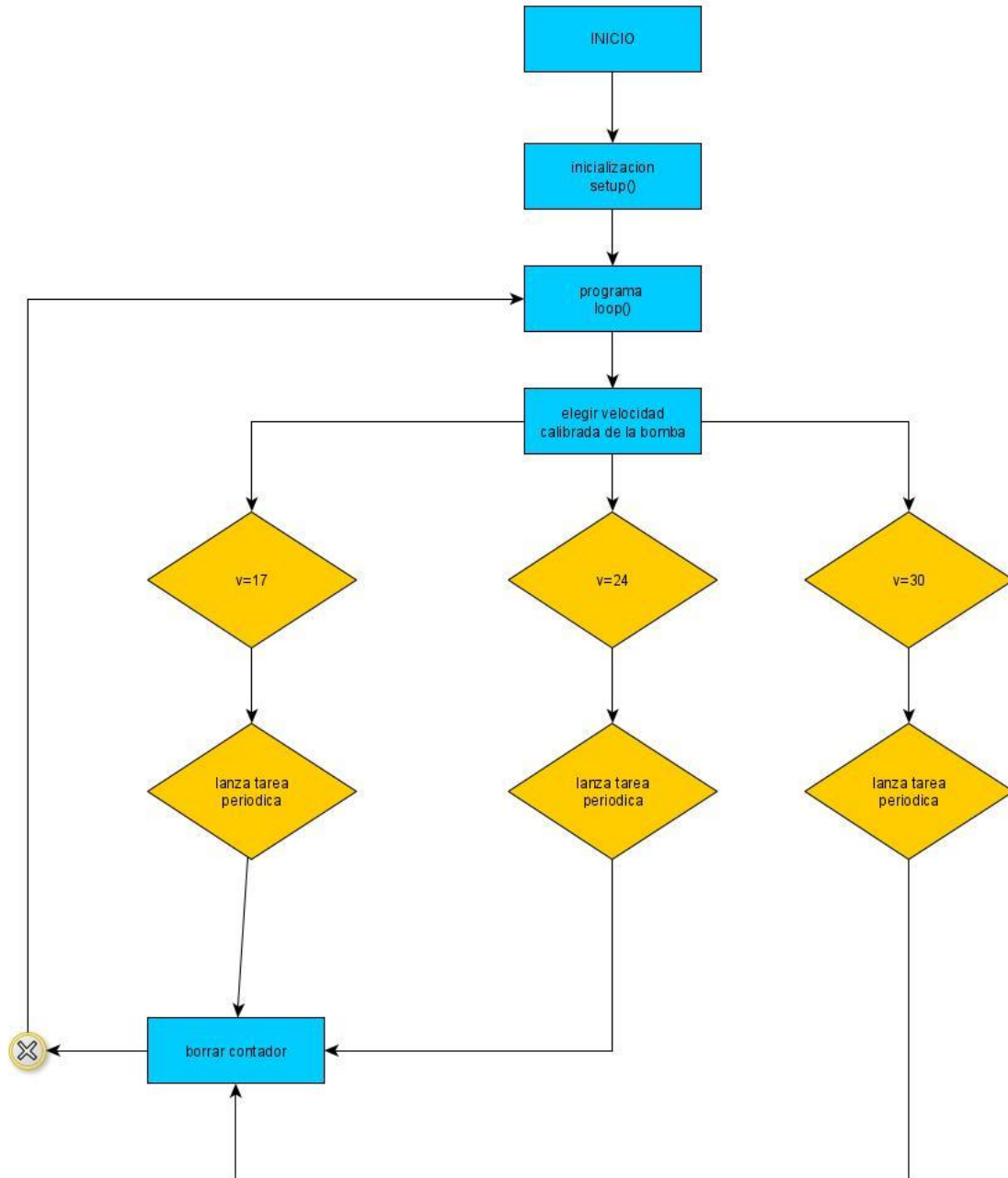
3.1.1.1 Diagrama de flujo para el programa de 2 sensores



1. El programa ejecuta todas las variables a tomar en cuenta para el desarrollo del programa.
2. Una vez iniciado el programa entra en bucle la tarea a realizar para ambos sensores llevando a cabo las operaciones necesarias para que los datos obtenidos posteriormente sean mostrados.
3. Una vez realizada la tarea si es necesario adquirir nuevos datos, mediante el uso de un push botton se borra el contador colocando los datos

obtenidos anteriormente a 0, listo para mostrar nuevos datos iniciando el proceso antes descrito.

3.1.1.2 Diagrama de flujo para el programa de un sensor calibrado para 3 tipos de velocidad de pulso



1. Ejecutamos las variables necesarias para el desarrollo del software
2. A continuación, se muestran un menú con 3 opciones v=17,24,30.
3. Se elige cualquiera de las 3 “v” cada una dará diferentes datos dependiendo de su calibración.
4. Una vez seleccionada iniciara el bucle del programa designado para la “v” elegida.

5. En caso de querer seleccionar otra "V" mediante un push botón se borrarán los datos obtenidos y automáticamente será enviado al menú inicial para una selección diferente o igual.

3.2 Requerimientos iniciales

La idea es utilizar un medidor de caudal que genere un tren de pulsos a una frecuencia proporcional al caudal. Por lo que, en el diseño se incluye 2 lcd, uno para un sensor de 3 tipos de frecuencia de flujo y otro para dos sensores de flujo constante, de tal forma que en ambas se muestre el caudal y el volumen directamente a través de las pantallas lcd.

El medidor de caudal debe calcular y mostrar el caudal actual. Asimismo, se calculará el volumen, y Con un teclado matricial se podrá seleccionar los 3 tipos de frecuencias o velocidad a utilizar de la bomba que impulsará el fluido, a su vez permitirá poner a cero o reestablecer el volumen acumulado mostrado en los lcd.

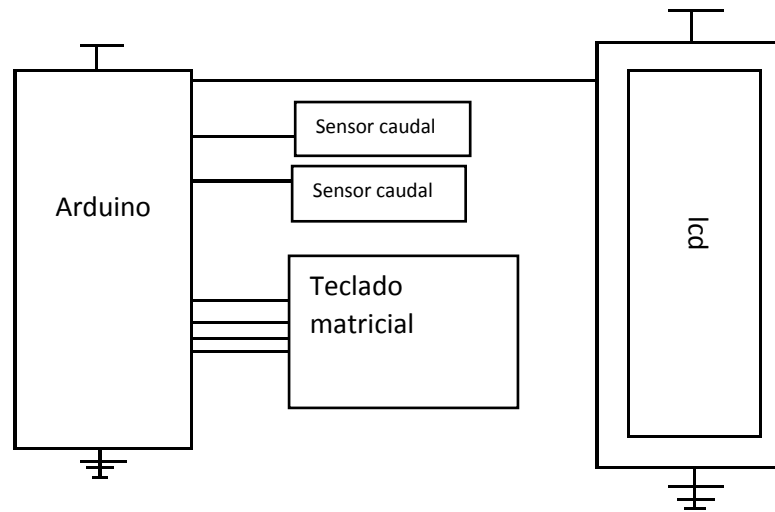
Algunas aplicaciones de uso real del sensor de flujo podrían ser. por ejemplo: para conocer el agua que se consume para rellenar una tina de baño, programar un sistema de riego, etc. A continuación, se presentarán algunos diagramas a bloque que representan la conexión del circuito.

3.3 Elección de componentes

- Para la realización de este pequeño proyecto, se ha partido de la placa Arduino uno; la más básica, pero no por ello menos versátil, de las placas Arduino.
- La pantalla lcd 16x2 y de 32x4 usadas, están basadas en el controlador I2C PCF8574, el cual es un Expansor de Entradas y Salidas digitales controlado por I2C.
- El sensor de flujo de agua de 1/2" YF-S201 sirve para medir caudal de agua en tuberías de 1/2" de diámetro. También puede ser empleado con otros líquidos de cierta viscosidad, como: bebidas gasificadas, bebidas alcohólicas, combustible, aceites, etc.
- Teclado matricial (edo del arte).
- Jumpers conectores

3.4 diagramas a bloques.

3.4.1 Diagrama a bloques de 2 sensores.

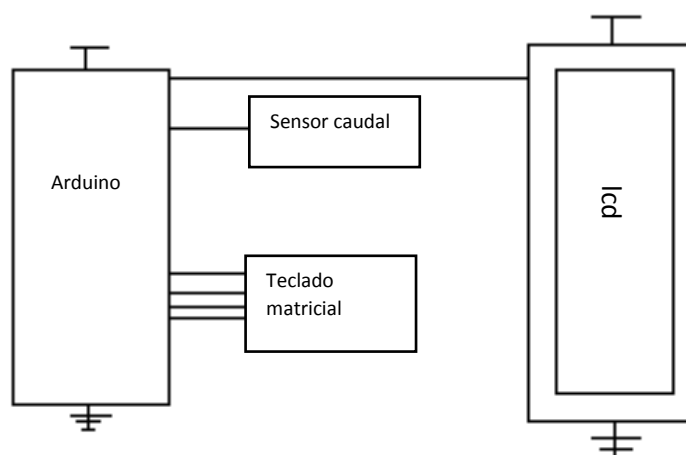


En esta conexión conectamos el "Arduino Uno" en el pin 2 el sensor 1 que en este caso lo usamos para calibrar el aceite, el segundo sensor lo conectamos en el pin 3 que en este caso lo usamos para calibrar el biodiesel que es el resultado de las dos mezclas, esos pines fueron utilizados ya que permiten interrupciones.

El teclado matricial lo usamos para reiniciar a 0 los datos que se obtienen de los sensores.

El LCD lo usamos para imprimir los datos obtenidos durante el muestreo, en este caso apreciamos el volumen y el caudal que están pasando en el sensor.

3.4.2 Diagrama a bloques del sensor de 3 velocidades



El teclado matricial en este caso lo usamos para un menú, que permite la selección de la velocidad de la bomba de pulsos que se va a utilizar, ya que cada

opción esta calibrada para la velocidad de la bomba ahí mostrada, dicha bomba suministra el metanol.

El LCD lo usamos para imprimir los datos obtenidos durante el muestreo, en este caso apreciamos el volumen y el caudal que están pasando en el sensor.

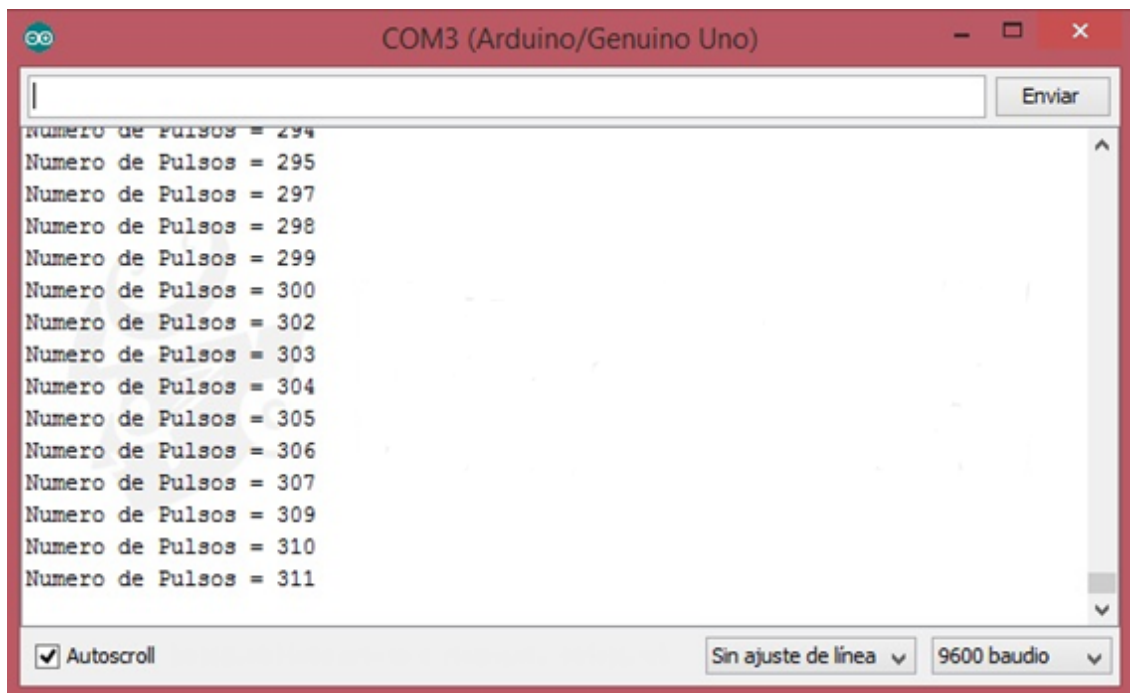
3.5 Monitoreo de datos por los sensores de flujo.

La medición del consumo de un líquido que tiene como unidad el volumen puede ser más complicado de lo que parece. Sin embargo, líquidos como el agua, el alcohol o algún otro fluido se suele medir por indicadores que determinan el volumen acumulado en el tiempo, con lo cual se puede obtener el caudal instantáneo. En estos casos la medición se debe realizar a pequeños intervalos y se van acumulando las lecturas durante un tiempo determinado.

Existen varios tipos de medidores de flujo o caudal. Para medir los líquidos, un diseño muy común son los que disponen en línea el líquido o fluido a medir. Estos suelen tener una carcasa plástica estanca y un rotor con paletas en su interior. Al atravesar el fluido el interior del sensor, el caudal hace girar el rotor, generando una serie de pulsos proporcionales al caudal instantáneo. La velocidad de giro se determina mediante un imán fijado al rotor, que es detectado mediante un sensor hall externo a la carcasa. Por lo tanto, ninguna parte eléctrica está en contacto con el fluido. Para poder interpretar los pulsos generados es necesario implementar un frecuencímetro.

Para calcular la cantidad de pulsos que el sensor detecta cuando el fluido pasa a través del mismo, usamos un programa desarrollado en Arduino por el cual mostramos los pulsos obtenidos en el monitor serie de la misma plataforma.

El programa solo muestra la cantidad de pulsos del sensor, para realizar una muestra de pulsos y volumen es necesario resetear y a continuación empezar a llenar el recipiente, en otras palabras, verificar que cuando se empieza a medir el líquido la cantidad de pulsos debe estar en cero.



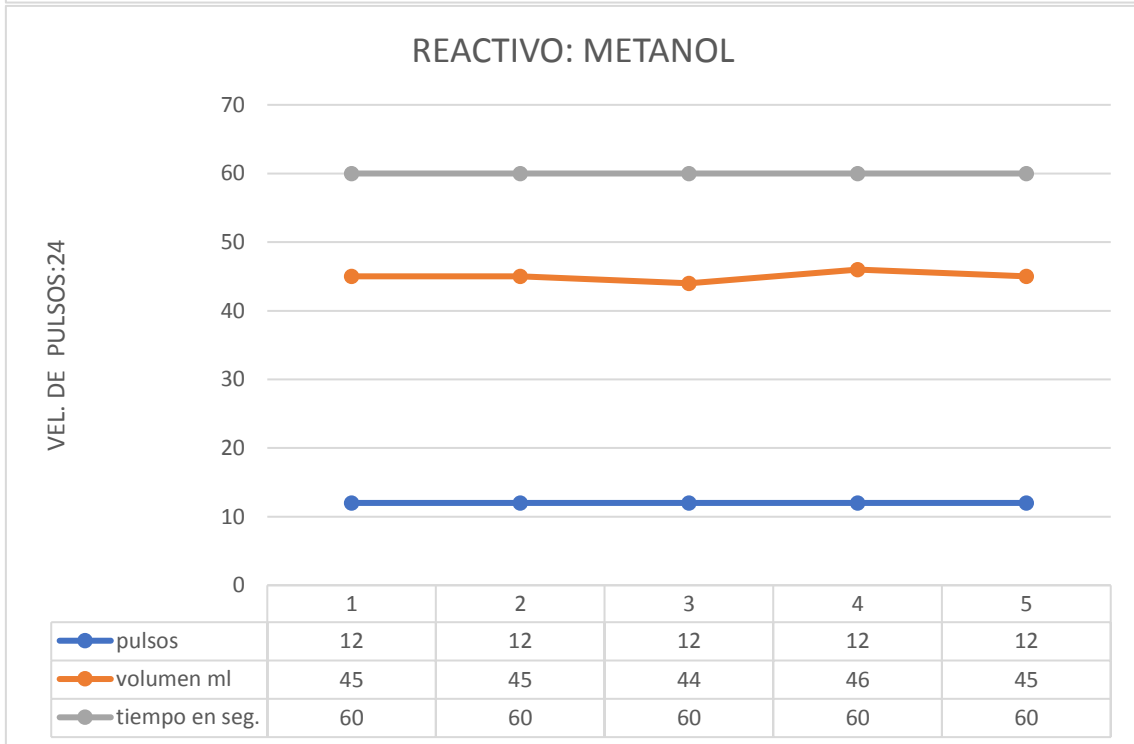
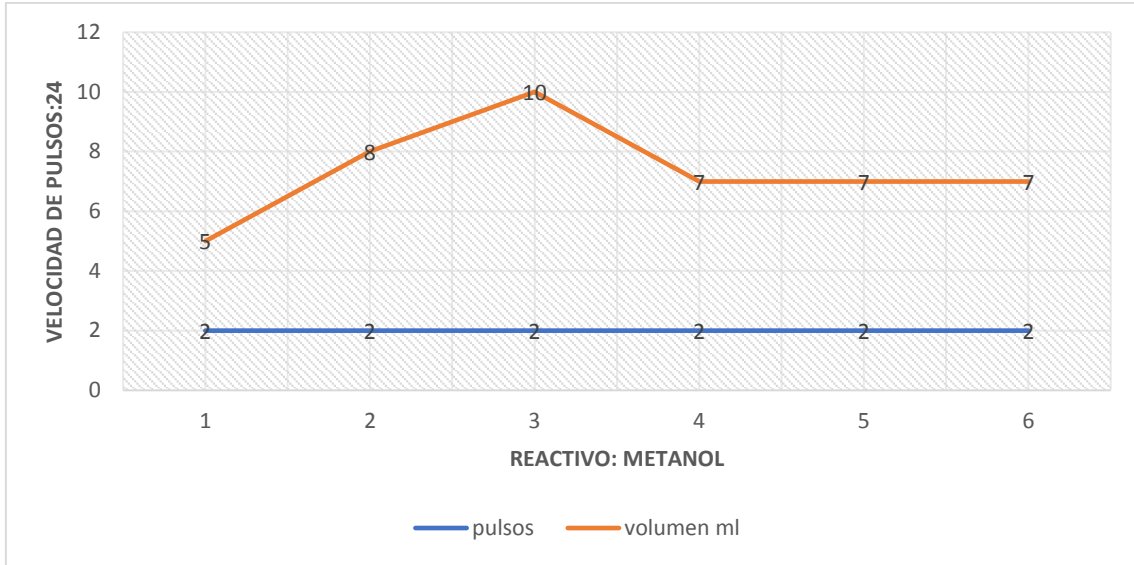
Al hacer este proceso se realizan pruebas para medir cuantos pulsos por litro genera el sensor, para poder sacar un promedio de pulsos así mismo, se mide pulsos por minuto, para poder sacar también un promedio de cuantos pulsos por minuto y la cantidad de volumen que pasa transcurrido ese minuto.

A continuación, se muestran los datos obtenidos de dichas mediciones, para el primer caso el sensor 1 sería el promedio de cada una de las 3 velocidades de flujo evaluadas a partir de la bomba a pulsos que sería 17,24 y 30, mientras que en el segundo caso el sensor 2 que es flujo constante igual que el sensor 3, en el caso del sensor 2 se puede medir la entrada, en tanto que el sensor 3 da el de salida.

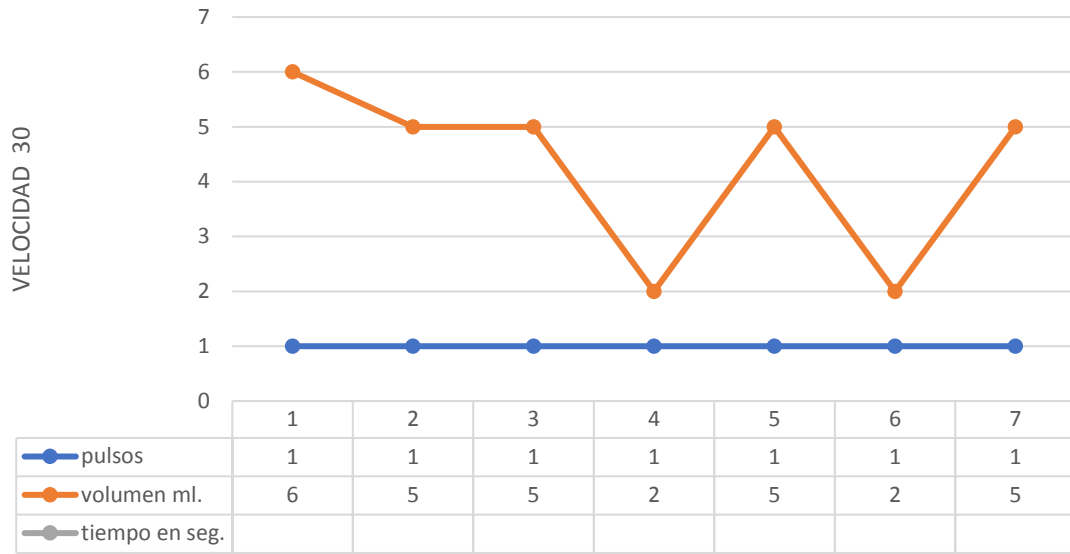
42	100								
obtención de pulsos por cada 52 ml									
pulsos	volumen ml								
17	52		promedio->	18	52.1666667				
19	52								
16	52								
21	52								
18	52								
17	53								
v=100									
pulsos	volumen en ml	tiempo en seg.							
51	71	60	promedio->	66.4	74.4	60			
64	74	60							
60	75	60							
68	73	60							
50	75	60							
63	76	60							
81	74	60							
83	75	60							
71	76	60							
73	75	60							

sensor 3						
4	5		promedio- >	4	5.21428571	
4	5					
4	5					
4	4.5					
4	6					
4	5					
4	6					
8	10	60	promedio- >	8	11.2	60
8	10	60				
8	13	60				
8	12	60				
8	11	60				

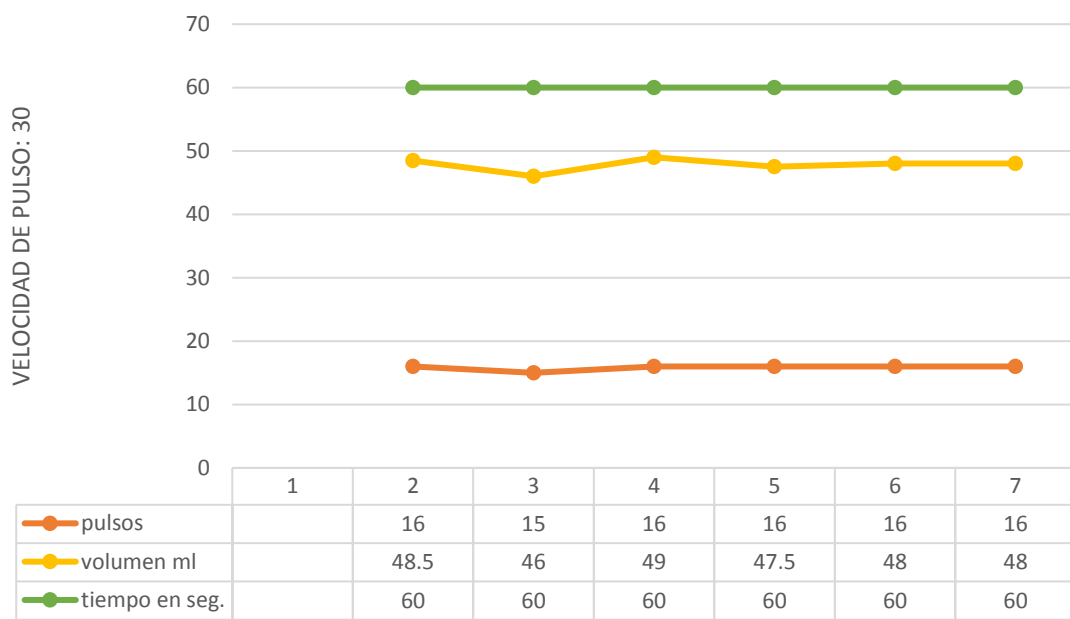
3.5.1 Graficas de la obtención de datos

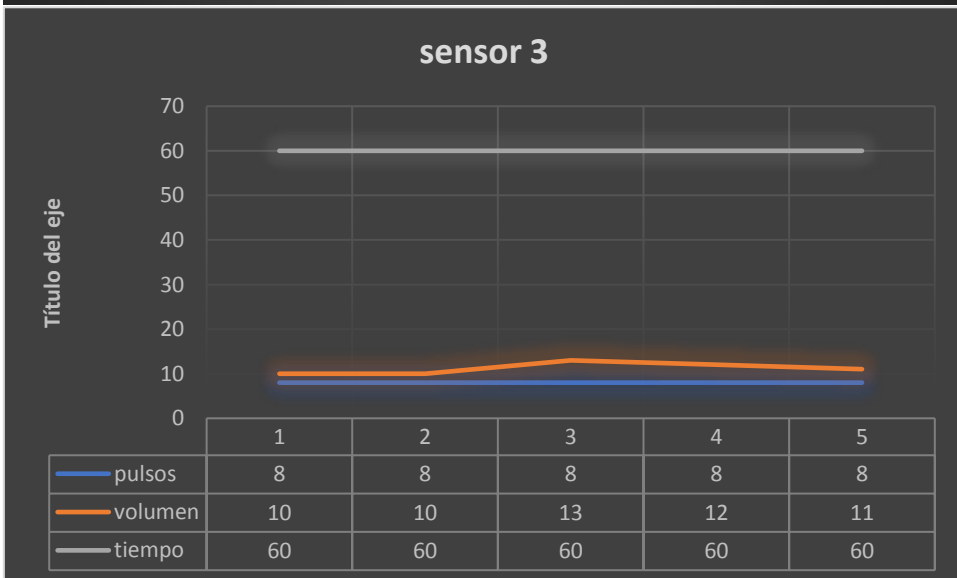
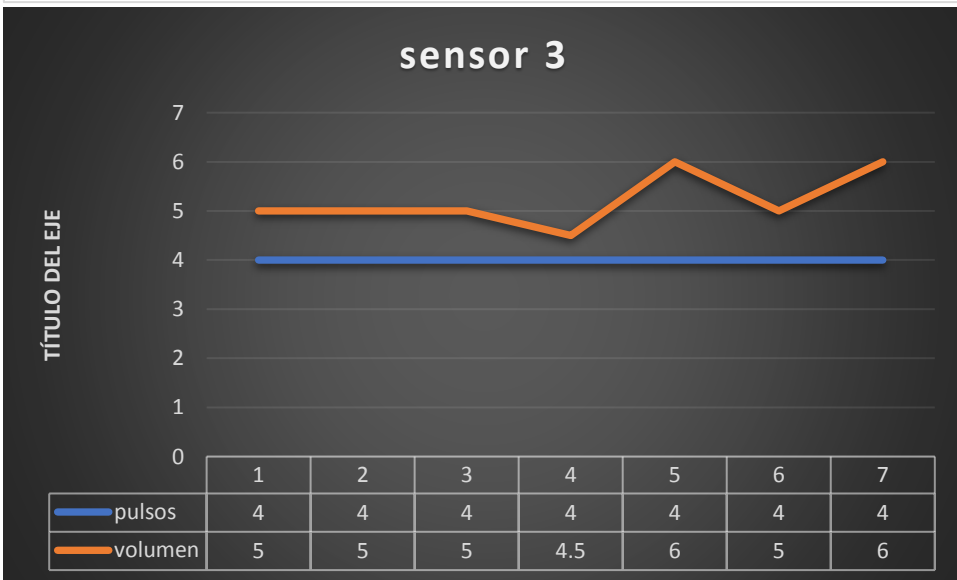
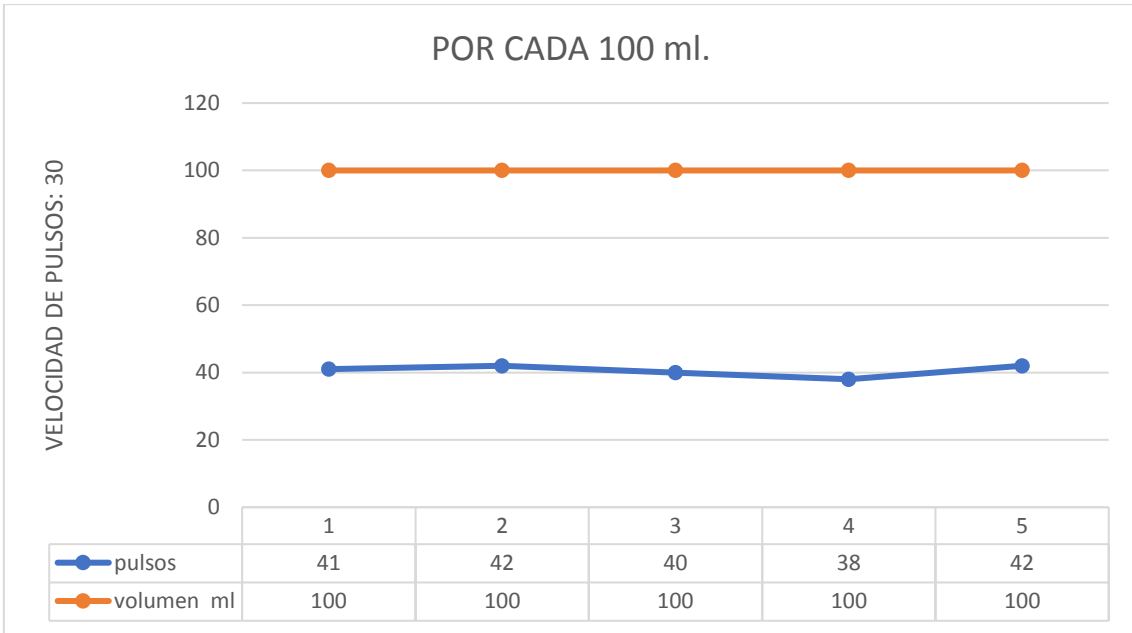


REACTIVO: METANOL



REACTIVO: METANOL





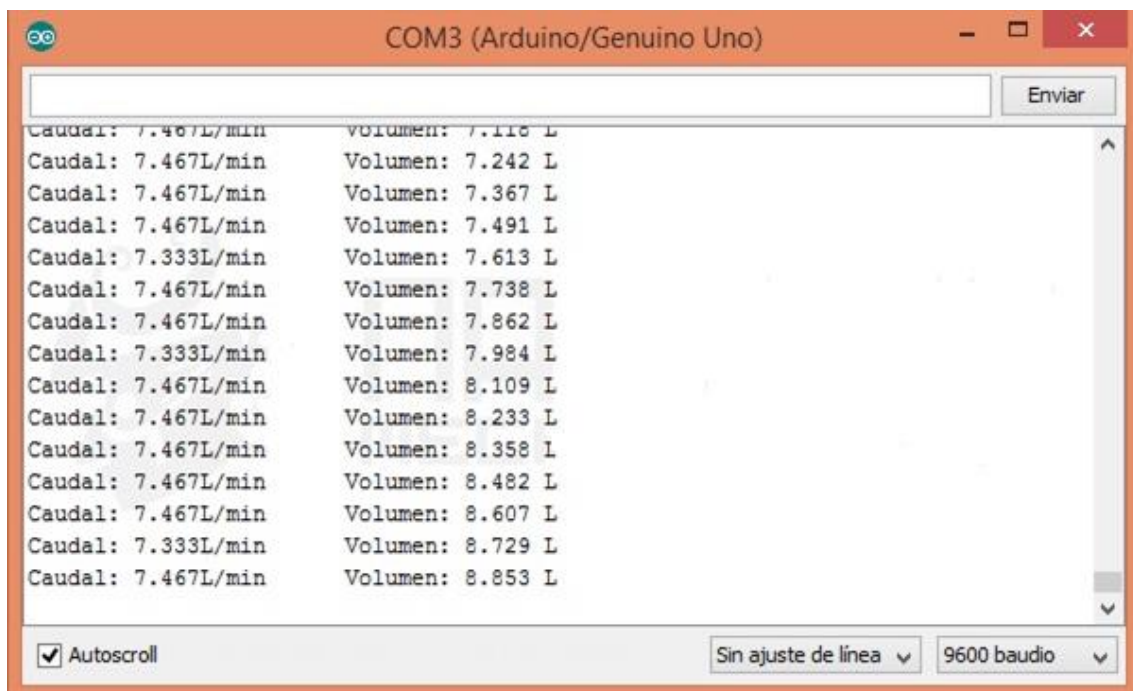
3.6 Midiendo flujo y consumo del líquido.

Para calcular el flujo, es necesario saber cómo dato el factor de conversión de frecuencia a caudal, el cual obtuvimos con los datos mostrados en la tabla, teniendo el factor de conversión, el programa se resume a calcular la frecuencia de los pulsos del sensor, para posteriormente, con el factor de conversión escalar de frecuencia a caudal.

Teniendo el caudal podemos medir el volumen de agua, puesto que el caudal es la variación del volumen con respecto al tiempo, de esto podemos calcular el volumen como:

$$Q = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$
$$V = V_0 + Q\Delta t$$

Este programa se hizo como referencia para verificar que los datos obtenidos en la tabla eran correctos al momento de medir el flujo, así como el consumo, el mismo esta codificado para un solo sensor.



3.7 Proceso usado para la obtención de biodiesel.

3.7.1 Procedimiento:

Nota: los pulsos de la bomba de metanol para cada relación molar son los siguientes (trabajando con una pulsación fija de 100 de la bomba de aceite: 72.66 g aceite/min)

Relación molar alcohol:aceite	Pulsación	mL metanol/min
6:1	17	19,86
9:1	24	29,70
12:1	30	40,45

1. Fijar inicialmente una relación molar de trabajo y un volumen de metanol a utilizar (la cantidad de NaOH a disolver depende ambos factores).
2. Calcular la cantidad de NaOH.

Por ejemplo si se trabaja con una relación molar de 6:1 alcohol:aceite, 1% de catalizador y se fijan 1.5 L de metanol, se dividen la cantidad total de metanol (mL) entre el flujo volumétrico correspondiente:

$$\frac{1500 \text{ mL}}{19,86 \text{ mL}/\text{min}} = 75,52 \text{ min}$$

Posteriormente se multiplica la cantidad obtenida por la cantidad correspondiente al porcentaje de catalizador utilizado (el porcentaje se calcula respecto a los 72.66 g/min de aceite, en este caso 1%).

$$75,52 \text{ min} \times 0.7266 \text{ g/min} = 54.83 \text{ g}$$

En este caso de estudio se deben disolver 54.83 g de NaOH en 1.5 L de metanol para poder ofrecer 1% de catalizador trabajando con un flujo de metanol de 19.86 mL/min.

3. Preparación de metóxido: Disolver con cuidado la cantidad calculada de NaOH en la cantidad establecida de metanol con la ayuda de un agitador magnético.
4. Agregar el metóxido al contenedor.
5. Agregar el aceite al contenedor.
6. Agregar agua al reactor de calentamiento (baño maría), cuidando que el nivel del agua cubra por completo la tubería.
7. Encender la parrilla de calentamiento a 180 °C y esperar a que la temperatura del agua llegue a 60 °C
8. Programar las bombas peristálticas de la siguiente manera: bomba de aceite a 100 pulsos y bomba de metanol al pulso requerido.
9. Encender ambas bombas al mismo tiempo.
10. Utilizar un matraz Erlenmeyer para recibir el producto
11. Llevar el producto a un embudo de separación.

Sugerencias: Es muy importante el uso de guantes debido a que el metóxido utilizado contiene una alta concentración de NaOH lo cual resulta en una solución muy corrosiva.

3.8 CONCLUSIONES

El objetivo principal de este proyecto ha sido adquirir u obtener datos de flujo de un reactor batch para la obtención de biodiesel, mediante el uso de sensores de flujo para el óptimo proceso y obtención del biocombustible. Después de realizar este proyecto podemos concluir que Arduino es una muy buena plataforma para realizar pequeños proyectos de sistemas basados en microcontrolador.

Arduino dispone de una gran cantidad de documentación oficial y no oficial. La comunidad de usuarios es bastante grande, accesible y colaborativa. Hay gran cantidad de ejemplos de uso y proyectos hechos con licencia abierta, cosa que permite reaprovechar todo lo que ya funciona. También puede decirse que existe gran cantidad de canales de distribución, a nivel nacional como internacional, por lo que el coste de los elementos utilizados es realmente ajustado y no ha habido problemas de aprovisionamiento, esto ha facilitado mucho el poder disponer del hardware necesario para nuestro proyecto en un plazo de tiempo corto y a un coste muy accesible.

Uno de los retos más grandes al realizar este proyecto ha sido la inusual aplicación dada a los sensores, ya que su diseño está más orientado a flujos constantes, y lo realizado ha sido para una aplicación de flujo por pulsos, lo que sin duda en su momento se convirtió en un obstáculo para la detección de pulsos por parte de los sensores, pero nada que haya quedado sin solución debido al esfuerzo implementado, así como la investigación aplicada para resolverlos. Otras cuestiones adversas ha sido la realización del código del programa debido al hecho que tuvimos que realizar un menú para uno de los sensores, y calibrar velocidades de la bomba, ya que se quisieron implementar opciones como un control por pid para la auto calibración de los sensores, lo cual no se pudo llevar a cabo debido a la falta de variables para evaluar a lo largo del proceso que se llevó a cabo durante la reacción o proceso del biocombustible, ya que el flujo era muy pequeño y este siempre presentaba errores,

Ahora bien, conforme a la última complicación antes mencionada que se presentó en el desarrollo de este proyecto, puede hacerse hincapié en que se consideró como una opción más optima crear un promedio y medir las variaciones que surgían para poder calibrar cada velocidad de la bomba y que el


```

}

//////////////////// Void Setup() //////////////////
void setup () {
  pinMode(sensor, INPUT_PULLUP); // Pin digital como entrada con conexión
  PULL-UP interna
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  interrupts();
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(sensor), ISRpulsos, RISING);
  intro_0();      // muestra el intro de bienvenida
}

//////////////////// Void loop() //////////////////
void loop(){
  pulsacion = Teclado1.getKey() ; // Lee la tecla pulsada
  if (pulsacion != 0) {
    lcd.clear();
    delay(100);

}

if(contador == 4){ menu_4();accion_4();}
if(contador == 3){ menu_3();accion_3();}
if(contador == 2){ menu_2();accion_2();}
if(contador == 1){ menu_1();accion_1();}

} /////////////// Fin del void loop(), inician las Funciones////////////////////

////////////////////Intro_0 //////////////////////
void intro_0(){
  lcd.clear(); // Borra el LCD
  lcd.setCursor(3,0); // Se posiciona en la Columna 3, Fila 0
  lcd.print("BIENVENIDO ");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("SELECT VELOCIDAD");
  delay(4000); // espera 4 segundos mostrando el intro
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("TecNM");
  delay(3000);
  lcd.clear();
}

////////////////////Menu_1 //////////////////////
void menu_1(){

```

```

    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("017 >1 ");
    lcd.setCursor(10,0);
    lcd.print("024 >2");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("030 >3 ");

}
//////////Accion 1 //////////
void accion_1(){
    if(pulsacion == '1')contador=2;
    if(pulsacion == '2') contador=3;
    if(pulsacion == '3') contador=4;

}
//////////Menu_2 //////////
void menu_2()
{

    lcd.clear();
    pulsos_Acumulados += pulsos;
    float lit_min = pulsos/0.00440476;
    float litros_Hora = lit_min * 60;
    int litros = pulsos_Acumulados * 4/1;
    pulsos = 0;
    if(pulsacion == '8') pulsos_Acumulados=0;

    lcd.setCursor(0,0);
    // Imprimo el caudal en L/hora
    lcd.print(litros_Hora);
    lcd.print(" mL/H");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print(lit_min);
    lcd.print(" mL/M");
    lcd.print(" R-->0");
    lcd.setCursor(11,0);

    // Imprimo el número de litros acumulados
    lcd.print(litros);
    lcd.print(" mL");
    delay(250);
}

//////////Accion 2 //////////
    void accion_2(){
        if(pulsacion == '0') contador=1;lcd.clear();

```

```

}
////////////////////////Menu_3 //////////////////////////
void menu_3()
{

  lcd.clear();
  pulsos_Acumulados=0;
  pulsos_Acumulados += pulsos;
  float lit_min1 = pulsos/0.00444444;
  float litros_Hora1 = lit_min1 * 60;
  int litros1 = pulsos_Acumulados * 100/ 32.8;
  pulsos = 0;

  lcd.setCursor(0,0);
  // Imprimo el caudal en L/hora
  lcd.print(litros_Hora1);
  lcd.print(" mL/H");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print(lit_min1);
  lcd.print(" mL/M");
  lcd.print(" R-->0");
  lcd.setCursor(11,0);

  // Imprimo el número de litros acumulados
  lcd.print(litros1);
  lcd.print(" mL");
  delay(250);
  if(pulsacion == '8') pulsos_Acumulados=0;
}

////////////////////////Accion 3 //////////////////////////
void accion_3(){
  if(pulsacion == '0') contador=1;lcd.clear();

}

////////////////////////Menu_4 //////////////////////////
void menu_4()
{
  lcd.clear();
  pulsos_Acumulados += pulsos;
  float lit_min2 = pulsos/0.00551684;
  float litros_Hora2 = lit_min2 * 60;
  int litros2 = pulsos_Acumulados *12.71428571/4 ;
  pulsos = 0;
  if(pulsacion == '8') pulsos_Acumulados=0;
}

```

```

lcd.setCursor(0,0);
// Imprimo el caudal en L/hora
lcd.print(litros_Hora2);
lcd.print(" mL/H");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(lit_min2);
lcd.print(" mL/M");
lcd.print(" R-->0");
lcd.setCursor(11,0);

// Imprimo el número de litros acumulados
lcd.print(litros2);
lcd.print(" mL");
delay(250);
}

```

```

////////////////////////Accion 4 //////////////////////////
void accion_4(){
if(pulsacion == '0') contador=1;lcd.clear();
}

```

A1.2 Código de programa para dos sensores:

```

#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4);
volatile int pulses=0;
volatile int pulsos = 0;
unsigned long pulsos_Acumulados=0 ;
unsigned long pulsos_Acumulados2 ;
void flujo1()
{
pulsos++; // Incrementa en una unidad el número de pulsos
}

void flujo2()
{
pulses++; // Incrementa en una unidad el número de pulsos
}

void setup()
{

lcd.init(); //Start the LC communication

```

```

lcd.backlight();
lcd.setCursor(2,1);
lcd.print("SENSOR DE FLUJO");
lcd.setCursor(7,2);
lcd.print("TecNM");
delay(2000);
lcd.begin(20,4);
  interrupts(); // Habilito las interrupciones
  // Interrupción INT0, llama a la ISR llamada "flujo" en cada flanco de subida
  en el pin digital 2

}

void loop ()
{

{

  const int sensor1 = 2; // Pin digital para el sensor de flujo YF-S201
  // Variable que almacena el número de pulsos
  // Variable que almacena el número de pulsos acumulados
  pinMode(sensor1, INPUT_PULLUP); // Pin digital como entrada con
conexión PULL-UP interna
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(sensor1), flujo1, RISING);

  pulsos_Acumulados += pulsos; // Número de pulsos acumulados
  float lit_min = pulsos/0.01487455;

  float litros = pulsos_Acumulados * 74/66;
  pulsos = 0; // Pongo nuevamente el número de pulsos a cero
  // Imprimo la cabecera del sistema

  // Presento los valores a través del LCD 2004
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Sensor 1");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("          ");
  lcd.setCursor(0,1);
  // Imprimo el caudal en L/hora
  lcd.print(litros);
  lcd.print(" mL");
  lcd.setCursor(9,1);

  lcd.print(lit_min);
  lcd.print(" mL/min");

```

```

delay(250);

}

{
const int sensor2 = 3;
// Variable que almacena el número de pulsos
// Variable que almacena el número de pulsos acumulados

pinMode(sensor2, INPUT_PULLUP); // Pin digital como entrada con
conexión PULL-UP interna
attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(sensor2), flujo2, RISING);

pulsos_Acumulados2 += pulses; // Número de pulsos acumulados
float lit_min2 = pulses/0.01190476;
float litros2 = pulsos_Acumulados2 * 91/2; // Cada 450 pulsos son un litro
// Cada 450 pulsos son un litro
pulses = 0; // Pongo nuevamente el número de pulsos a cero
// Imprimo la cabecera del sistema

// Presento los valores a través del LCD 2004
lcd.setCursor(0,2);
lcd.print("Sensor 2");
lcd.setCursor(0,3);
lcd.print("          ");
lcd.setCursor(0,3);
lcd.print(litros2);
lcd.print(" mL");
lcd.setCursor(9,3);
lcd.print(lit_min2);
lcd.print(" mL/min");
delay(250);

}}

```

A2 IMÁGENES DEL PROYECTO IMPLEMENTADO
A2.2 IMAGEN 1 Y 2 CONEXIÓN Y CREACION DE ORIFICIOS PARA LAS
ENTRADAS DE LOS SENSORES ASI COMO LA ALIMENTACION.

Imagen 1

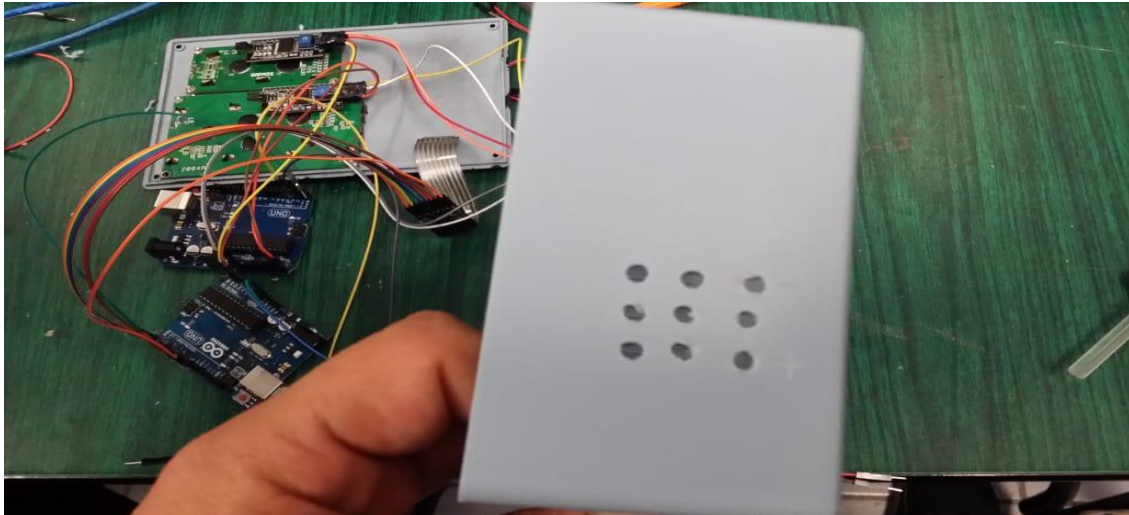


Imagen 2



A2.3 (IMAGEN 3) PRUEBA DEL PROGRAMA Y FINALIZACION DEL ARMADO DEL PROYECTO(IMAGEN 4)

Imagen 3

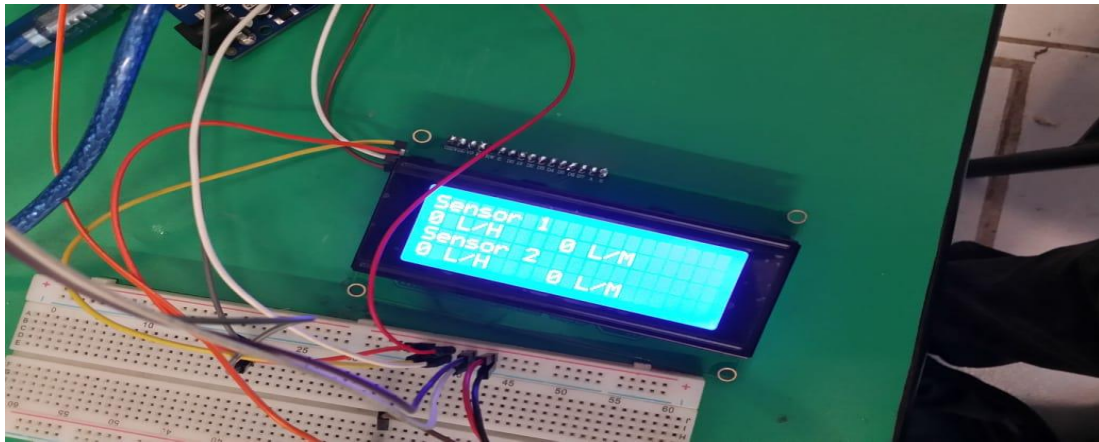


Imagen 4



A2.4 CALIBRACION DEL SISTEMA PARA 2 SENSORES (IMAGEN 5) Y DE LA BOMBA DE 3 VELOCIDADES (IMAGEN 6).

IMAGEN 5

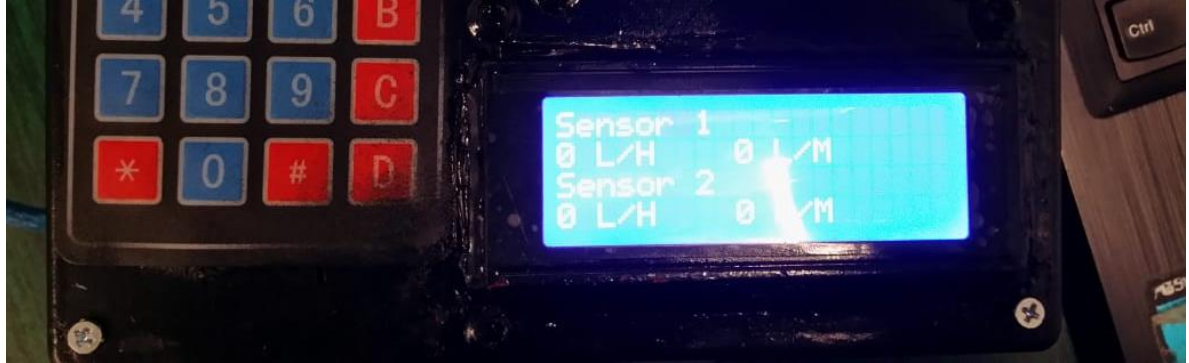


IMAGEN 6



A2.5 INSTALACION DE LOS SENSORES DE FLUJO (IMAGEN 7 Y 8)

IMAGEN 7

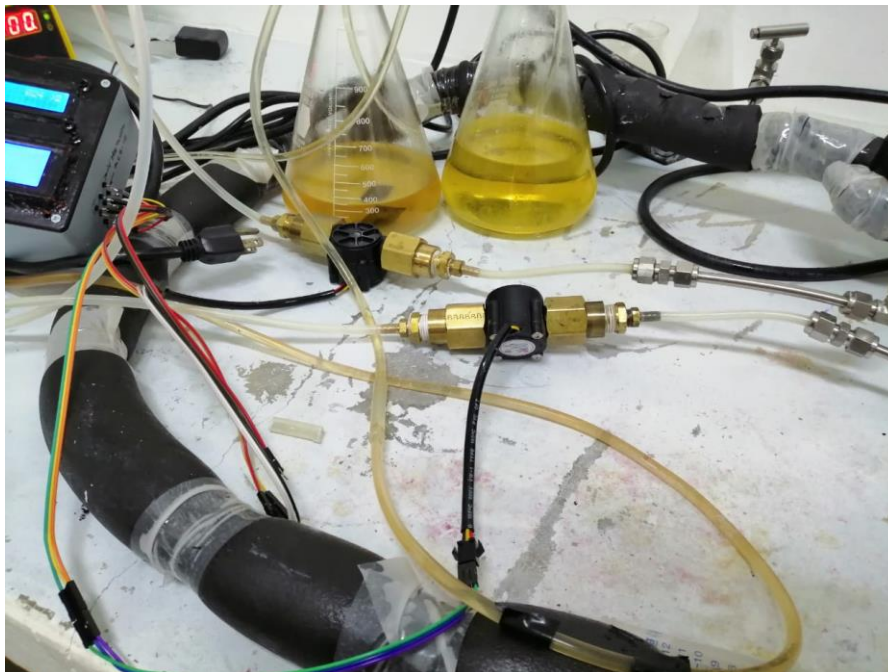
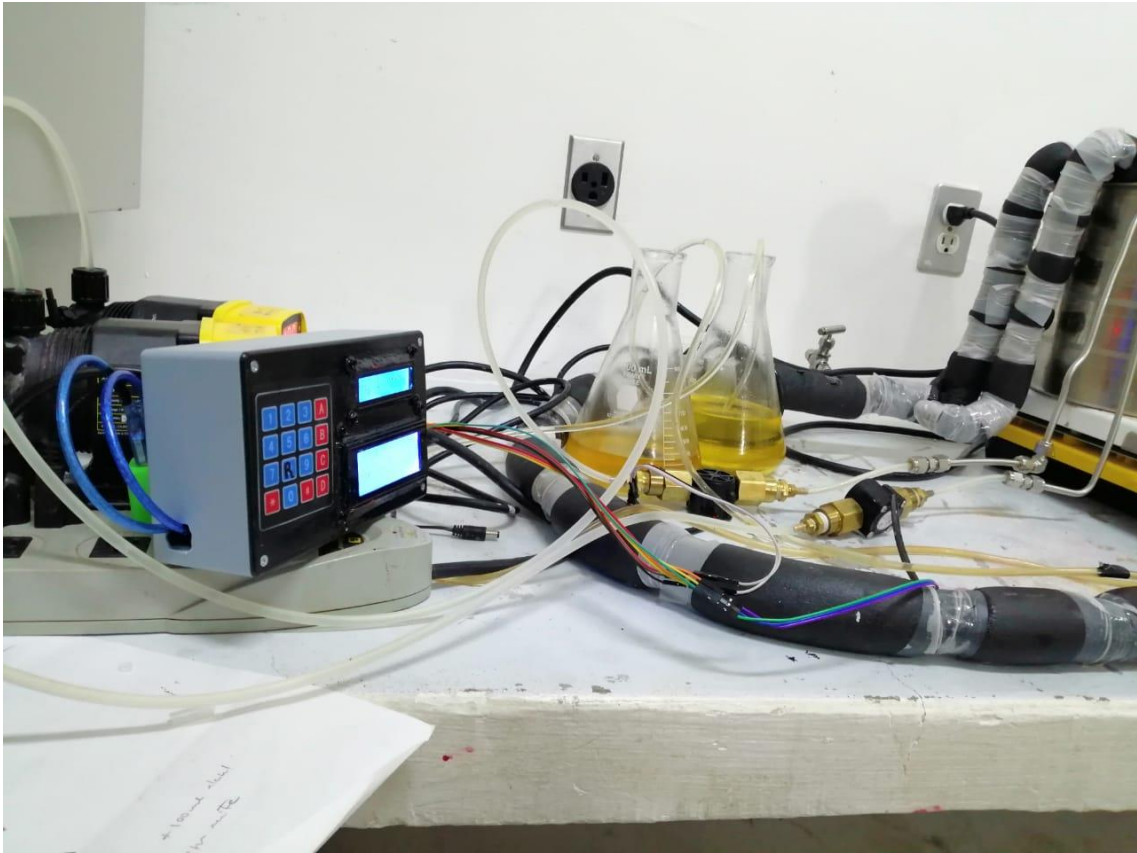


IMAGEN 8



A2.6 RESULTADO FINAL DEL PROYECTO INSTALADO Y FUNCIONANDO (IMAGEN 9).

IMAGEN 9



REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍAS

- TESIS ING. FABIAN EUGENIO PEÑA DEVIA AND OSCAR JAVIER POVEDA RAMIREZ
- <https://chips.mecatronicum.com/tutorial-sensor-de-flujo-yf-s201/>
- Banco de pruebas modular para la evaluación de las pérdidas de presión por fricción, en tuberías y accesorios, Tesis Proyecto de grado Ingeniería Mecánica, Ricardo Bautista, Fernando Delgado, Mauricio Naranjo, UDFJC Facultad Tecnológica.
- Real Time Flow Measurement in the River Guadiana Estuary using Acoustic Doppler Technology // IEEE/OES/CMTC, Southampton Oceanography Center, Southampton, June 2005.
- ARDUINO TEAM.ARDUIHO HOMEPAGE.PAGINA WEB DEL EQUIPO <HTTP://ARDUIHO.ARDUIHO.CC/EN/MAIN/ARDUIHOBOARDUNO>
- ARDUINO TEAM.REFERENCIA DEL LENGUAJE. ARTICULO DIGITAL(ACCESO GRATUITO) <HTTP://ARDUIHO.CC/ES/REFERENCE/HOMEPAGE>>.
- Tronixstuff, Arduino tutorials. Articulo digital(freeaccess) <http://tronixstuff.wordpress.com/tutorials/>>
- Interrupciones en Arduino. <https://www.luisllamas.es/que-son-y-como-usar-interrupciones-en-arduino/>
- https://www.naylampmechatronics.com/blog/34_Tutorial-LCD-conectando-tu-arduino-a-un-LCD1.html
- <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/4189/article3.pdf>
- <https://medium.com/jazz-controls/introducción-a-la-medición-de-flujo-854233728a1d>
- <https://arduino.cl/que-es-arduino/>
- <https://www.redalyc.org/pdf/3420/342030277008.pdf>
- http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852013000200005
- <https://www.luisllamas.es/arduino-teclado-matricial/>
-