



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

RESIDENCIA PROFESIONAL

INGENIERÍA QUÍMICA

**POLO TECNOLÓGICO NACIONAL PARA EL DESARROLLO DE
INVESTIGACIÓN Y PRUEBAS ANALÍTICAS EN BIOCOMBUSTIBLE DEL
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA.**

“PRUEBAS DE ARRANQUE PARA UNA PLANTA PILOTO DE BIODIESEL”

**PRESENTA:
JESSICA YASMIN VÁZQUEZ NUCAMENDI**

**ASESOR INTERNO:
DR. EN CIENCIAS HÉCTOR RICARDO HERNÁNDEZ DE LEÓN**

**ASESOR EXTERNO:
DR. EN CIENCIAS ARNULFO ROSALES QUINTEROS**

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS A 19 DICIEMBRE DE 2012

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	4
CAPÍTULO 1. JUSTIFICACIÓN.....	6
CAPÍTULO 2. OBJETIVO.....	7
2.1 Objetivo general.....	7
2.2 Objetivos específicos.....	7
CAPÍTULO 3. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DONDE SE DESARROLLÓ EL PROYECTO.....	8
3.1 Historia del ITTG.....	8
3.2 Misión.....	10
3.3 Visión.....	10
3.4 Polo Tecnológico Nacional para el Desarrollo de Investigación y Pruebas Analíticas en Biocombustible del instituto tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.....	10
3.5 Localización.....	11
3.5.1 Instalaciones.....	11
CAPÍTULO 4. PROBLEMAS A RESOLVER.....	12
CAPÍTULO 5. ALCANCES Y LIMITACIONES.....	13
CAPÍTULO 6. FUNDAMENTO TEÓRICO.....	14
6.1 Antecedentes.....	15
6.2 Producción de Biodiesel.....	16
6.3 Reactor BIO-300L.....	19
6.3.1 Parte frontal del interfaz.....	21
6.3.2 Válvulas.....	22
6.4 Operación del Reactor BIO-300L.....	23
CAPÍTULO 7. PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS.....	24
7.1 Técnica para la producción de Biodiesel.....	24
7.2 Pasos para la producción de biodiesel en el laboratorio.....	24

7.3 Monitoreo de pruebas de arranque del reactor.....	29
7.4 Lectura de la Temperatura en la entrada del Reactor.....	31
7.5 Obtención de gráficas de la variación de la temperatura.....	32
7.6 Determinación de punto de ebullición del biodiesel.....	33
7.7 Pruebas de inflamación del biodiesel.....	33
CAPÍTULO 8.RESULTADOS.....	34
8.1 Obtención de las proporciones del Hidróxido de sodio (NaOH), aceite y metanol.....	34
8.2. Resultados de temperatura de ebullición e inflamación del biodiesel.....	35
8.3 Captura y graficas de la variación de la temperatura en excell.....	36
8.4 Captura en excell de los datos de flujo del fluido a la salida del reactor	39
CAPÍTULO 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	41
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y VIRTUALES.....	42
ANEXOS.....	43
Anexo 1. Medidas del Reactor BIO-300L.....	43
Anexo 1.2. Ubicación de las Válvulas, resistencias para el calentamiento y bomba del reactor.....	44
Anexo 2. Ropa y equipamiento de seguridad.....	45
Anexo 3. Hoja de seguridad: Metanol.....	46
Anexo 4. Hoja de seguridad: Hidróxido de Sodio.....	52
Anexo 5. Tabla 8.5 Datos de Temperatura de la Primera prueba de calentamiento.....	55
Anexo 6 Tabla 8.6 Datos de Temperatura de la Segunda prueba de calentamiento.....	56
Anexo 7. Tabla 8.7 Datos de temperatura de la tercera prueba de calentamiento.....	57

INTRODUCCIÓN.

El presente proyecto de residencia denominado “Pruebas de arranque para una planta piloto de biodiesel”, busca optimizar las condiciones de funcionamiento del nuevo reactor para la producción de biodiesel que está instalado en el Polo Tecnológico Nacional para el Desarrollo de Investigación y Pruebas Analíticas en Biocombustible del Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG).

El Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez es una institución pública dependiente de la Secretaría de Educación Pública. Imparte 8 licenciaturas y 2 programas de posgrado en las áreas de Ingeniería, Tecnología y Ciencias Administrativas. Los principales laboratorios con los que cuenta son: Microbiología, biotecnología, química, química pesada, mecánica, sistemas computacionales, ingeniería industrial, plantas piloto, polo tecnológico nacional.[3]

Este estudio, se llevará a cabo en el Polo Tecnológico Nacional para el Desarrollo de Investigación y Pruebas Analíticas en Biocombustible, es el único laboratorio con estas características existente en México y en la región centroamericana, aunque la función central es analizar muestras de biocombustible en razón de conocer su calidad y emitir una certificación, también se desarrollan investigaciones alternas de alumnos que estudian el posgrado en las maestrías en ciencias de la Ingeniería en Bioquímica y de Ingeniería en Mecatrónica. [1]

La importancia de este estudio se debe que en la reacción de transesterificación o alcoholisis de ésteres mediante la cual se obtiene el biodiesel, requiere de altas temperaturas y un sistema mecánico de agitación o mezclado para que la reacción sea homogénea [2]. Por esta razón, en este proyecto nos enfocaremos en el comportamiento de la temperatura para saber si las resistencias para el calentamiento de la mezcla está funcionando bien, debido a que para la reacción es necesario tener un buen control de la temperatura entre 50 y 60°, porque al tener una temperatura inferior se obtiene un menor rendimiento de biodiesel y si la temperatura se eleva de este rango se evapora el metanol o se modifica la

reacción de producción de jabón en lugar de biodiesel, ya que en lugar de ocurrir la transesterificación se llevaría a cabo la reacción de saponificación.

Para llevar a cabo este estudio se realizaran pruebas de funcionalidad: este tipo de pruebas examina si el equipo cubre sus necesidades de funcionamiento, acorde a las especificaciones de diseño. En ellas se debe experimentar si en el equipo se llevan a cabo correctamente todas las funciones requeridas, además se verifican los datos del manual de operación del equipo y se deben realizar pruebas de comportamiento ante distintos escenarios.

Por todo lo anterior mencionado el objetivo es, realizar pruebas del sistema hidráulico y calentamiento del Reactor BIO-300L y la obtención de las proporciones óptimas de los reactivos para la producción de Biodiesel

CAPÍTULO 1. JUSTIFICACIÓN.

Actualmente el Polo Tecnológico Nacional para el Desarrollo de Investigación y Pruebas Analíticas en Biocombustible del Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez requiere que se realicen las pruebas de arranque del reactor BIO-300L de producción de biodiesel a partir de aceite vegetal, para la verificación del buen funcionamiento del sistema hidráulico, mezclado y calentamiento del equipo. Y así garantizar que se obtiene un producto de alta calidad de acuerdo a lo especificado en las normas.

En la reacción de transesterificación o alcoholisis de ésteres mediante la cual se obtiene el biodiesel, requiere de control de temperatura para evitar pérdidas de alcohol por evaporación y un sistema mecánico de agitación o mezclado, que garantice la homogeneidad del sistema y la eficiencia de la reacción, ya que los reactivos no son totalmente miscibles, lo cual dificulta la reacción.

También al trabajar con hidróxido de sodio como reactivo modifica la selectividad de la reacción hacia formación de jabón, al no tener el control óptimo de la temperatura y pH de la reacción. [2]

Por lo anterior se realiza el siguiente estudio de estabilidad de la temperatura con respecto al tiempo. Verificación que el mezclado sea homogéneo. Y la realización de pruebas para obtener las concentraciones adecuadas a la estequiometría de la reacción para cada una de las materias primas utilizadas: aceite vegetal de cocina, hidróxido de sodio (NaOH) y metanol, para que el reactor trabaje en condiciones de operación adecuadas, que permitan que se lleve a cabo la transesterificación, con la eficiencia especificada, ya que el metóxido es sumamente inestable y se degrada rápidamente, quedando inutilizado para la reacción.

CAPÍTULO 2. OBJETIVOS.

2.1. Objetivo general.

Realizar pruebas del sistema hidráulico y calentamiento del Reactor BIO-300L y la obtención de las proporciones óptimas de los reactivos para la producción de Biodiesel

2.2. Objetivos específicos.

- Determinar las proporciones estequiométricas adecuadas de Hidróxido de sodio (NaOH), Aceite Vegetal y metanol para que se lleve a cabo la transesterificación y obtener la mayor conversión en la obtención de biodiesel.
- Realizar pruebas fisicoquímicas al Biodiesel obtenido como son la densidad, pH, Temperatura de ebullición y Temperatura de inflamación.
- Realizar estudios de la variación de la temperatura del reactor con respecto al tiempo hasta llegar a los 50°C, que es la temperatura que se necesita para que se lleve a cabo la transesterificación.
- Determinar si el sistema de agitación fluidizado es seguro y confiable.

CAPÍTULO 3. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DONDE SE DESARROLLÓ EL PROYECTO

3.1 Historia del ITTG

El Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez es una institución pública dependiente de la Secretaría de Educación Pública. Imparte 8 licenciaturas y 2 programas de posgrado en las áreas de Ingeniería, Tecnología y Ciencias Administrativas.

El Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez fue fundado el 24 de octubre de 1972, se encuentra ubicado en el centro del estado de Chiapas, que por su gran variedad de climas y suelos es propio para el cultivo de muy diversas especies vegetales nativas y adaptadas, con lo que se puede desarrollar la agroindustria, así como muchos otros procesos industriales a partir del gran potencial que ofrece este estado, en el cual el Instituto debe constituirse en el sujeto de cambio, al presentar alternativas de desarrollo sustentable del estado en forma multidisciplinaria.

La matrícula escolar en licenciatura se conforma de 1 982 estudiantes: 1 473 hombres y 509 mujeres. En el posgrado hay 78 alumnos: 68 hombres y 10 mujeres. Ver figura 7.1

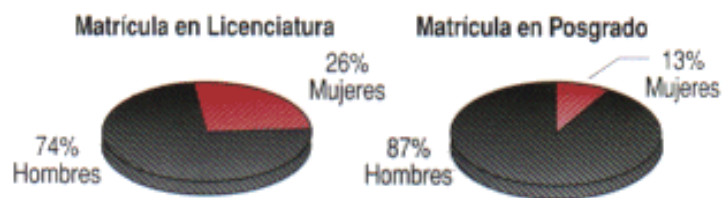


Figura 3.1 Matrícula escolar en licenciatura

La población de egresados en el nivel de licenciatura es de 2 345 alumnos, de ellos 1 892 son hombres y 453 son mujeres. Vea figura 3.2



Figura 3.2 Población de egresados a nivel de licenciatura

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

Proyectos de vinculación exitosos con la industria

- Aprovechamiento integral del timbre
- Incremento en el contenido de sacarosa en la caña de azúcar
- Efectos del boro en la producción del cacahuete
- Factibilidad técnica en la extracción de aceites esenciales de la flora chiapaneca [3].

3.2 Misión.

Nuestra misión es formar de manera integral profesionales competentes en el campo de la ciencia y la tecnología, con actitud emprendedora, respeto al medio ambiente y apego a los valores institucionales.

3.3 Visión.

Ser una Institución de excelencia en la educación superior tecnológica del Sureste, comprometida con el desarrollo socioeconómico sustentable de la región.[4]

3.4 Polo Tecnológico Nacional para el Desarrollo de Investigación y Pruebas Analíticas en Biocombustible del instituto tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

El Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG) cuenta con el Polo Tecnológico Nacional para el Desarrollo de Investigación y Pruebas Analíticas en Biocombustible, único laboratorio con estas características existente en México y en la región centroamericana, actualmente en vías de acreditación oficial. [1]

En donde se hizo la inversión superior a los 48 millones de pesos, recurso que fue aportado por los gobiernos federal y estatal por partes iguales, este sitio representa uno de los proyectos más importantes para la comunidad universitaria de esta casa de estudios, en el que participan estudiantes y catedráticos. [1]

La función central es analizar muestras de biocombustible en razón de conocer su calidad y emitir una certificación, también se desarrollan investigaciones alternas de alumnos que estudian el posgrado en las maestrías en ciencias de la Ingeniería en Bioquímica y de Ingeniería en Mecatrónica. [1]

En noviembre del 2011 es cuando este laboratorio se puso en marcha con la inauguración oficial del inmueble ubicado dentro de los terrenos del ITTG, mismo que alberga 11 laboratorios y un cuarto frío. [1]

CAPÍTULO 4. PROBLEMAS A RESOLVER

- Realizar pruebas para obtener las proporciones que se necesitan de cada uno de los reactivos (Hidróxido de sodio (NaOH), Aceite Vegetal y Metanol) para obtener la mayor conversión del biodiesel.
- Mediante la realización de este estudio de pruebas del sistema hidráulico y calentamiento del Reactor BIO-300L para la producción de Biodiesel, se busca determinar el buen funcionamiento del equipo, que no exista ninguna fuga de los reactivos en el proceso de transesterificación, y así evitar exponer a cualquier riesgo al personal de trabajo porque se trabaja con materiales tóxicos como el metanol.
- Determinar si la instalación de agitación es segura, adecuada y confiable.

CAPÍTULO 5. ALCANCES Y LIMITACIONES

El proyecto consiste en realizar pruebas para verificar la funcionalidad del reactor BIO-300L, esté libre de defectos en los sistemas: hidráulico, la calefacción o alguna otra falla que haya ocurrido durante su instalación en el polo tecnológico nacional. Para asegurar que no se expondrá a ningún riesgo físico o químico al personal que labore en el polo tecnológico; así mismo obtener la mejor calidad del producto y las proporciones adecuadas de cada uno de los reactivos, hidróxido de sodio (NaOH), metanol y el aceite, para maximizar el grado de conversión al producto deseado, el biodiesel.

En el reactor se puede monitorear flujo, temperatura, presión y pH. Pero en este trabajo se limito al flujo y temperatura, porque el flujo se relaciona con la turbulencia y mezclado, la temperatura puesto que la reacción de transesterificación requiere de una temperatura en el intervalo de 50 a 60°C. La presión es una variable que no influye en la transesterificación, El pH no se monitorea por qué no se está llevando a cabo la reacción de transesterificación, solamente se realizan pruebas con agua en recirculación al reactor.

CAPÍTULO 6. FUNDAMENTO TEÓRICO

¿Qué es un sistema de pruebas?

Un sistema de pruebas implica la operación o aplicación del mismo a través de condiciones controladas y la consiguiente evaluación de la información. Las condiciones comprobadas deben incluir tanto situaciones normales como anormales. El objetivo del sistema de pruebas es garantizar el funcionamiento óptimo del equipo, mediante la detección y corrección de fallas.

Para la planeación de las pruebas que se van a aplicar al sistema evaluador, se integran los distintos tipos de pruebas que se explican a continuación:

- **Pruebas de Contenido:** Estas pruebas como su nombre lo indica, buscan verificar que el contenido del manual de operación del equipo sea coherente y consistente a la vez. También se debe de verificar que las palabras usadas para transmitir una idea al usuario sean adecuadas y que la idea transmitida sea la misma.
- **Pruebas de funcionalidad:** Este tipo de pruebas examina si el equipo cubre sus necesidades de funcionamiento, acorde a las especificaciones de diseño. En ellas se debe verificar si el equipo lleva acabo correctamente todas las funciones requeridas, se debe verificar la validación de los datos y se deben realizar pruebas de comportamiento ante distintos escenarios. Estas pruebas deben estar enfocadas a tareas, a condiciones planeadas de error y de exploración. En estas pruebas nos interesa saber si funciona el equipo de acuerdo a las bases de diseño, independientemente de las condiciones de operación.
- **Pruebas de Usabilidad:** Las pruebas realizadas en este rubro tienen la finalidad de verificar que tan fácil es usar el sistema. Las pruebas de usabilidad deben verificar aprendizaje (que tan fácil es para los usuarios

realizar tareas básicas la primera vez que tienen contacto con el equipo), eficiencia (una vez que los usuarios han aprendido algo del equipo, que tan rápido pueden llevar a cabo las tareas) y el grado de satisfacción (que tan satisfactorio es usar el equipo).

Porque es importante realizar estas pruebas de verificación:

- Para que el equipo esté libre de defectos.
- Mayor eficiencia en la producción del producto que se elabora en el equipo.
- Evaluación de la flexibilidad del equipo construido.
- No expone a riesgos físicos y químicos al responsable que este manipulando el equipo. [6]

6.1 Antecedentes.

El biodiesel es un combustible compuesto por ésteres monoalquílicos de ácidos grasos de cadena larga derivados de lípidos renovables, como aceites vegetales, empleado en motores de ignición de compresión, tanto como en calderas de calefacción. Dicho en términos más simples: el biodiesel es un combustible de origen orgánico producido a partir de aceites vegetales o grasas animales; asimismo, puede ser utilizado como sustituto o aditivo del diesel 2 convencional. El término *bio* hace referencia a su naturaleza renovable y biológica en contraste con el combustible diesel tradicional derivado del petróleo; por su parte, *diesel* alude a su uso en motores de este tipo. [7]

6.2 Producción del Biodiesel.

En un sentido amplio, la transesterificación (para producir biodiesel) implica tres grupos diferentes de reacciones según un éster reaccione con un alcohol (alcoholisis), con un ácido carboxílico (acidólisis) o con otro éster (interesterificación)

I. La alcoholisis implica la sustitución del grupo alquilo del éster por otro grupo alquilo, a través de la reacción del éster con un alcohol.

II. La acidólisis es la reacción entre un éster un ácido carboxílico, implicando el intercambio o sustitución del grupo acilo éster.

III. La interesterificación es el intercambio entre los grupos acilo y alquilo de dos ésteres diferentes.

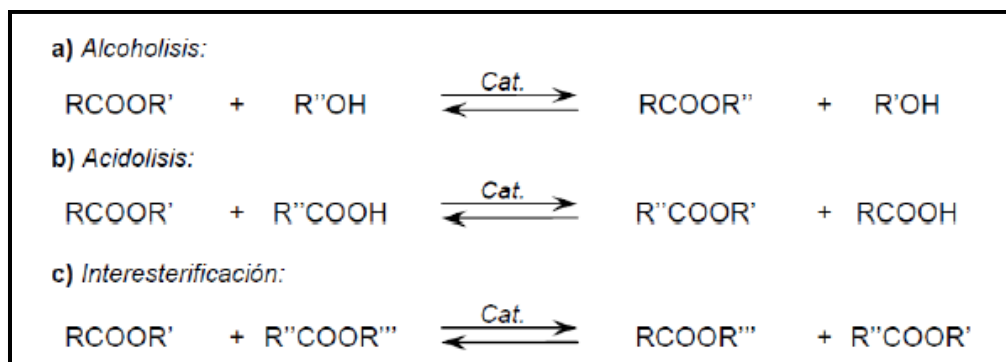


Figura 6.1 Reacciones generales de la transesterificación

La reacción de transesterificación (o alcoholisis) de un aceite vegetal es aquella en la cual, una molécula de triglicérido, componente mayoritario en un aceite, reacciona con un alcohol para producir una mezcla de ésteres de ácidos grasos y glicerina [8]. La figura 6.1 muestra el esquema general de la reacción de transesterificación de aceite vegetal con metanol para producir ésteres metílicos de ácidos grasos y glicerina.

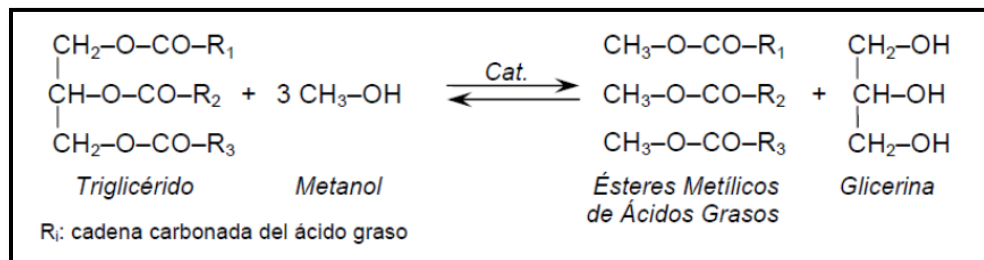


Figura 6.2 Representación esquemática de la reacción de transesterificación de aceites vegetales con metanol para producir biodiesel y glicerina.

Según la estequiometría de la reacción, por cada mol de triglicérido transesterificado se necesitan tres moles de metanol y se obtienen tres moles de ésteres metílicos y un mol de glicerina.

Ruta homogénea básica.

La reacción de transesterificación, llevada a cabo bajo un catalizador homogéneo básico, es más rápida que con un catalizador ácido y requiere condiciones de operación más moderadas. Debido a estas razones, y junto con el hecho de que los catalizadores básicos son menos corrosivos que los ácidos, los procesos industriales, normalmente, utilizan catalizadores básicos, como el hidróxido de sodio o de potasio [9].

Sin embargo, los catalizadores básicos presentan el problema de la formación de jabones por neutralización de los ácidos grasos libres presentes en el aceite o por saponificación de los triglicéridos del aceite [9].

Como ya se mencionó, el biodiesel obtenido por el método de transesterificación, incluye importantes aspectos técnicos, a los cuales se ha denominado Variables de Transesterificación.

Las variables de mayor influencia en la reacción de transesterificación son la pureza y calidad de los reactivos, la relación molar alcohol/aceite, el tipo de

alcohol, tipo y cantidad de catalizador, además de la temperatura, el tiempo de reacción y la agitación.

Los Insumos necesarios acorde a [2] son:

- **Aceite:** Es el principal insumo para la producción de biodiesel. Puede ser producido a partir de cualquier aceite o grasa de origen orgánico (animal o vegetal), incluyendo aceites residuales ya usados en frituras o recuperados de trampas de grasas, etc.
- **Alcohol:** Se emplea metanol de 95% de pureza. La cantidad requerida para la elaboración de biodiesel es de 20% del volumen de aceite a procesar. Esta sustancia es tóxica cuando se ingiere, se inhala o tiene contacto con la piel, es altamente inflamable y arde con llama incolora. Su manipulación debe hacerse tomando todas las precauciones del caso.
- **Catalizador:** Puede ser hidróxido de sodio (NaOH, soda cáustica) o hidróxido de potasio (KOH, potasa cáustica), de grado industrial, en escamas o en perlas. Se ha preferido el hidróxido de sodio. La cantidad a aplicar de catalizador depende de la acidez del aceite a tratar. Tanto el NaOH como el KOH son corrosivos para diversos materiales, y resultan irritantes para la piel y las mucosas. La cantidad de sosa cáustica necesaria para que se produzca la reacción de transesterificación, según reportes de experimentos realizados, es de 0.35% del volumen de aceite. Por su parte, la cantidad de KOH es de 0.9% del volumen de aceite que no ha sido utilizado.
- **Temperatura y tiempo de reacción:** La transesterificación puede ocurrir a diferentes temperaturas dependiendo del aceite que se emplee. A medida que la temperatura aumenta, también lo hace el rendimiento de la reacción, sin embargo, después de un determinado tiempo la diferencia entre

temperaturas no afecta de manera considerable el rendimiento. Por lo general la reacción de transesterificación se lleva a cabo cerca del punto de ebullición del alcohol (60- 70 °C), sin embargo, esta reacción ha sido estudiada con temperaturas que varían desde 25 hasta 250°C. En cuanto al tiempo de reacción, a medida que éste crece, se incrementa la conversión de la reacción; además puede variar dependiendo del catalizador empleado [2].

6.3 Reactor BIO-300L.

El Reactor de Biodiesel BIOE-300L (Tranesterificador de ácidos grasos) es fabricada en chapa de acero al carbono, de 3,2 mm de espesor, de forma cilíndrica, cuya función es la de acondicionar el aceite a una temperatura predeterminada a los fines de exponerlo al proceso de reacción química para la obtención de Biodiesel. En el Anexo 1.1 y 1.2 se puede visualizar las dimensiones del reactor.

Su capacidad es de 350 litros aproximadamente. Con dimensiones, cuyo alto es de 2200 mm y un diámetro de 605 mm, volumen suficiente para contener 300 litros de aceite, al que se lo calienta a la temperatura requerida (Recomendable 50° C) previo al proceso de transesterificación. Una capa aislante de 20 mm de espesor, recubierta con chapa de acero inoxidable, evita la pérdida de calor. Siendo que en las distintas zonas productoras de oleaginosas de América del Sur, las temperaturas fluctúan a más de 40° C en verano, y menos de 0° C en invierno, es necesario acondicionar el aceite a una temperatura constante a fin de que en el proceso químico de reacción para obtener Biodiesel, el producto final que se procura, también sea de una calidad constante.

Adosado a su estructura, se encuentra un tablero de comando automatizado. Al inicio de las operaciones, en un día de labores de producción del biocombustible, el operario simplemente debe girar la perilla para conectar al sistema eléctrico.

Automáticamente entra en operación la electro bomba, que tiene la finalidad del llenado del tanque. Habiendo completado los 300 litros, ésta se detendrá accionada por un disyuntor capacitivo que “lee” el nivel deseado. Acto seguido, también automáticamente se encenderán las tres (3) resistencias de 5.000 W cada una, las que se encargarán de la calefacción del sistema.

En el tablero se aloja un termostato para los fines que nos ocupa. Mediante este mecanismo, se evita posibles errores accidentales en la adecuación del aceite a las condiciones de trabajo o acciones deliberadas.[10]



Figura 6.3 Reactor BIO-300L

Tabla 6.1 Equipos e instrumentos que se encuentran en el reactor

Cantidad	Equipo
1	Reactor BIO-300L
1	Bomba
2	Sensor de temperatura (entrada y salida)
1	Sensor de pH
1	Sensor de presión
6	Válvulas
1	Panel de control
1	Medidor de Nivel
2	Filtros
1	Sensor de Flujo

6.3.1 Parte frontal del interfaz.

El panel de control e BIO-300L (figura 6.4) siendo tres botones Bomba, Calentamiento y interruptor General se utilizan para operar el equipo.

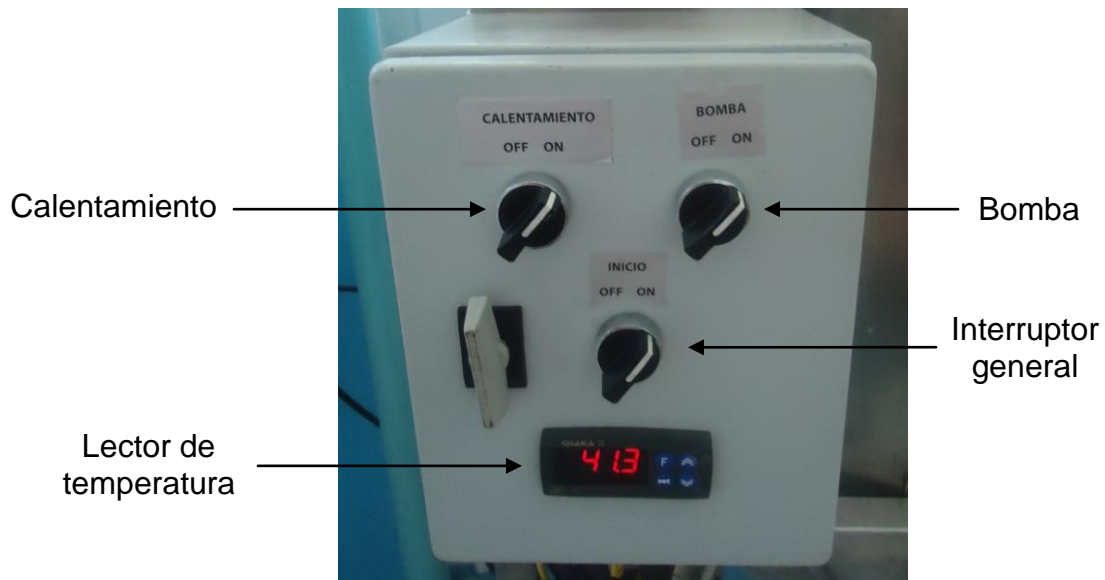


Figura 6.4 Panel de Control.

6.3.2 Válvulas.

Durante el proceso de producción, es necesario operar las válvulas manuales para modificar el flujo de circulación.

En el inicio de la operación todas las válvulas deben estar cerradas la figura 6.5 y 6.6 muestran la ubicación de estas válvulas. [11]

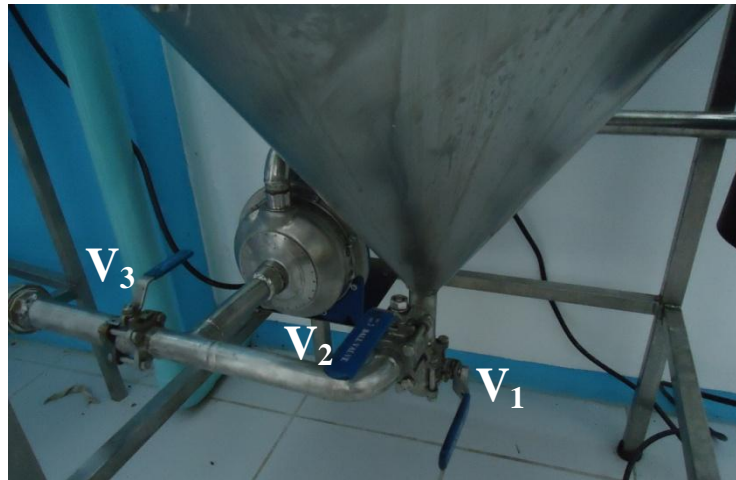


Figura 6.5 Ubicación de válvulas



Figura 6.6 Ubicación de Válvulas laterales

6.4 Operación del reactor.

Para iniciar la producción, se debe conectar el interruptor general. El aceite se debe colocar en la parte superior de la maquina, utilizando el indicador de la cantidad marcas.

Para empezar, abrir la válvula (V_1) y (V_4), y activar bomba y calentamiento. La máquina comienza a circular el aceite y se calienta hasta alcanzar una temperatura entre 50 y 55°C la temperatura fijada en el termostato.

Este es un buen momento para preparar la solución de metóxido de sodio necesario para el siguiente procedimiento.

Luego viene el proceso de transesterificación, que dura 2 horas. Durante dos horas, la bomba debe mantener la mezcla homogénea, y el termostato asegura que la temperatura se mantiene en el valor correcto.

Después de dos horas, apague el equipo, para remover la glicerina. Para eso es necesario apagar Calentamiento y cerrar las válvulas (V_1) y (V_4). Al final se debe cerrar el interruptor general.

El contenido de la cuba debe permanecer en reposo durante 8 horas para la decantación de la glicerina. Posteriormente, la glicerina se retira de la parte inferior, abriendo la válvula (V_2). Eliminada la glicerina, el operador debe filtrar biodiesel con la resina del filtro. Para lo cual se tendrá que abrir válvula (V_1) , la válvula (V_5) y conectar bomba.. La operación de filtrado es de unos 30 minutos. Una vez que la filtración se completa, el biodiesel está listo para ser retirado. Para descargar el biodiesel se debe abrir la válvula (V_6). [11]

CAPÍTULO 7. PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS.

El estudio de las pruebas de verificación del buen funcionamiento de este proyecto se llevo a cabo mediante la realización de las actividades que a continuación se describen:

7.1 Técnica para la producción de Biodiesel.

Para llevar a cabo la producción de biodiesel se eligió trabajar con la transesterificación del aceite, con una ruta catalítica homogénea básica, para lo cual se utilizó como catalizador al hidróxido de sodio (NaOH) dejando de lado al hidróxido de potasio con fines económicos. Aunque al trabajar con hidróxido de sodio provoca la formación de jabón, la cantidad puede ser minimizada al tener un control óptimo de la temperatura y pH de la reacción.

7.2 Pasos para la producción de biodiesel en el laboratorio.

Después de hacer una revisión de los documentos bibliográficos recopilados acerca del proceso de obtención de biodiesel, resultaba conveniente unificar criterios y procedimientos. Por tal razón, se definió iniciar la experimentación con aceite comestible de cocina sin usar, metanol y NaOH. Las cantidades iniciales fueron las usadas en los reportes de experimentos consultados. En lo que se refiere a las variables físicas del proceso, se estableció: tiempo de agitación de 2 horas, tiempo de separación de 8 horas.

Tabla 7.1 Material requerido para iniciar las pruebas

Cantidad	Material
1	Parrilla con calentamiento y agitación
1	Parrilla con agitación
2	Probetas de 500 ml
2	Vasos de precipitado de 1L
2	Vasos de precipitado de 100 ml
2	Embudo de separación de 1L
2	Soporte universal
2	Pinzas
1	Pesa sustancias
1	Espátula
1	Pesa analítica
1	Picnómetro
1	pH metro
1	Termómetro

Tabla 7.2 Sustancias y reactivos a utilizar

Reactivos
Metanol
Aceite vegetal de cocina
Hidróxido de sodio (NaOH)
Vinagre
Agua

De manera general se siguió el procedimiento dado más adelante para la realización de cada uno de los experimentos, independientemente de las variaciones hechas a los tipos de reactivos, cantidades de los mismos:

1. Usar el equipo de protección personal. En el anexo 2 se encuentra la ropa y equipo de seguridad que se utilizaran.
2. Medir la cantidad de aceite necesaria y verterla a un recipiente
3. Medir el alcohol y vaciarlo en otro recipiente. Evite el contacto con la piel y la inhalación. Como en la figura 7.1



Figura 7.1 Medición volumétrica del metanol

4. Pesar en una balanza analítica previamente tarada, la cantidad necesaria del catalizador y añadirlo al alcohol. Este procedimiento se debe hacer rápidamente, puesto que la NaOH es hidroscópica. Evite el contacto con la piel. Realizarlo como se indica en la figura 7.2



Figura 7.2 Pesado del NaOH

5. Agitar la mezcla alcohol-catalizador hasta que este se disuelva completamente. Si se usa metanol, el resultado de la mezcla se denomina metóxido. Si etanol es usado, recibe el nombre de etóxido.
6. Agregar cuidadosa y lentamente, el metóxido al aceite, resbalándolo por la pared del recipiente y agitando durante la adición. (figura 7.3)



Figura 7.3 Agitación de la Mezcla

7. Agitar durante 2 horas a la temperatura especificada.
8. Verter el producto de la mezcla aceite-metóxido, en un embudo de separación (figura 7.4)



Figura 7.4 Separación del biodiesel y glicerina

9. Dejar reposar durante 8 horas
10. Separar los productos obtenidos de la reacción (biodiesel y glicerina) por decantación. (figura 7.5)



Figura 7.5 Separación de la glicerina

11. Medir la cantidad de cada uno de los productos obtenidos
12. Determinar el valor de pH del biodiesel
13. Valorar la densidad del biodiesel

El biodiesel resultante puede contener alcohol sin reaccionar, catalizador y glicerina que no se haya precipitado. Aplicar un lavado del biodiesel obtenido, removerá de él todos esos componentes no deseables [19].

Cabe señalar que la norma ASTM D-6751 permite un máximo de 0.2% de alcohol presente en el biodiesel. Por lo cual, es recomendable lavar el biodiesel y de esta manera, cumpla con las especificaciones de la norma.

Existen varios métodos de lavado de biodiesel, lavado por niebla, por burbujas y por agitación. Se estableció emplear el lavado por agitación, debido a agilizar la separación de biodiesel lavado y agua. El procedimiento consiste en:

1. Se obtiene el volumen y el pH del biodiesel que se desee lavar.
2. Se mide un volumen de agua potable igual al de biodiesel y se mide su pH.
3. A este volumen de agua se le agrega vinagre para ajustarle el pH a un valor que, al ser restado del pH original del agua, sea igual a la diferencia obtenida entre la lectura de pH del biodiesel menos 7. Ejemplo, si el pH del

biodiesel sea 8.5, implica que el agua mezclada con vinagre sea de un pH 5.5

4. Se mezclan los volúmenes de agua y de biodiesel, se agitan por 5 minutos y se dejan reposar hasta que se obtenga una efectiva separación de las fases. (figura 7.6)
5. Se decanta la fase acuosa dejando la fase orgánica correspondiente al biodiesel lavado.



Figura 7.6 Lavado del Biodiesel para realizar la neutralización

7.3 Monitoreo de pruebas de arranque del reactor.

Se siguió el procedimiento descrito a continuación, para la realización de cada uno de los experimentos:

1. Realizar el llenado del Reactor BIO-300L con agua
2. Para iniciar se abre la válvula (V_1) y (V_4) (para que se pueda llevar a cabo la recirculación del fluido) y activar la bomba y calentamiento. La máquina empieza a circular el agua y se calienta hasta alcanzar una temperatura de 50°C la temperatura fijada en el termostato. (Figura 7.7 y 7.8)



Figura 7.7 Ubicación de la válvula 1



Figura 7.8 Ubicación de la válvula 4

3. En el panel de control frontal tomar las notas de la temperatura de entrada del fluido al reactor con la variación del tiempo. (como indica la figura 7.9).



Figura 7.9 Panel de Control Frontal

4. Verificar en la pantalla del sensor de flujo, si este es contante en el tiempo o existe alguna variación. (Figura 7.10)



Figura 7.10 Pantalla del Medidor de Flujo

5. Al estar en funcionamiento el reactor BIO-300L, verificar en cada una de las válvulas si no existe ninguna fuga de agua.

7.4 Lectura de la Temperatura en la entrada del Reactor.

En panel de control frontal se encuentra una pantalla donde se puede visualizar la temperatura. El procedimiento que se realiza es el siguiente:

1. Tomar la lectura de la temperatura cada dos minutos hasta llegar a los 50°C que es la temperatura deseada para que ocurra la transesterificación.
2. Con los datos obtenidos en las corridas, realizar tablas de comparación de la variación de la temperatura con el tiempo.

7.5 Obtención de gráficas de la variación de la temperatura.

Después de hacer las lecturas de temperatura, los datos obtenidos se capturan en el programa de excell, se realizaran las tablas comparativas de la temperatura con respecto al tiempo.

1. Introducir los datos en las celdas de excell. (Figura 7.11)

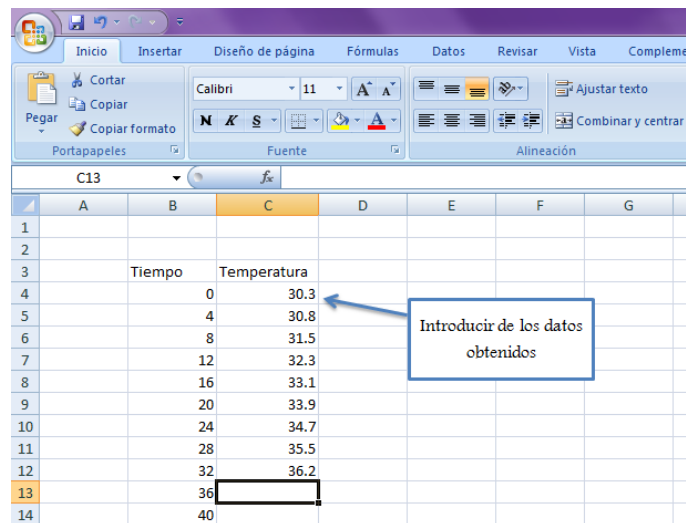


Figura 7.11 Introducción de datos en excell

2. Realizar la representación de las gráficas. (Figura 7.12)

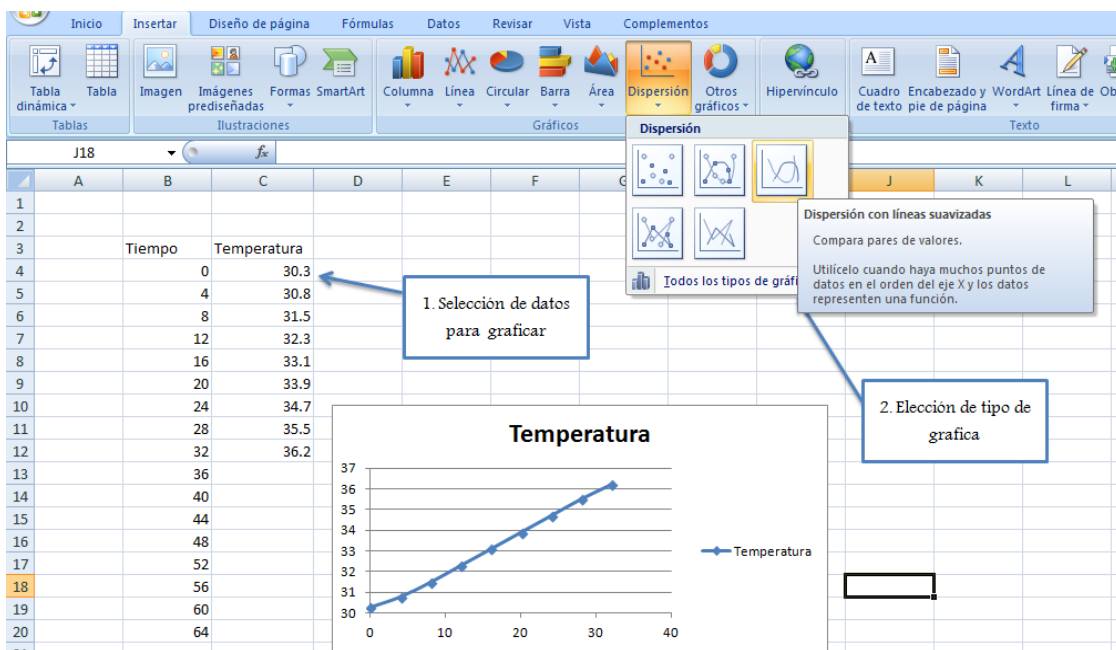


Figura 7.12 Graficar

7.6 Determinación de punto de ebullición del biodiesel

1. Se coloca 2.5 ml de Biodiesel en un mortero, se coloca al fuego y se espera hasta que este llegue a su punto de ebullición. (Figura 7.13)



Figura 7.13 Temperatura de Ebullición

7.7 Pruebas de inflamación del biodiesel

1. A partir del punto de ebullición se sigue tomando la lectura de la temperatura hasta que el biocombustible se inflame. (ilustración 24)



Ilustración 1 Pruebas de Inflamación del Biodiesel

CAPÍTULO 8. RESULTADOS.

Con la realización de este proyecto se logró obtener las concentraciones ideales de los reactivos para la producción del biodiesel en las cuales se tiene la mayor conversión, ya que estas nos servirán después de las pruebas de verificación del buen funcionamiento del reactor, para así poder solicitar las cantidades que se necesitan para realizar la primera corrida de producción de biodiesel en el Polo Tecnológico Nacional.

También se generó una base de datos confiables de la variación de la temperatura en el tiempo durante el calentamiento del reactor, y con ayuda de excell se capturaron los datos y se elaboraron gráficas para ver el comportamiento de la temperatura, de igual manera se realizó el monitoreo del flujo a la salida del reactor. Con estos valores estimados podremos decir si el reactor tiene buen funcionamiento, y si es confiable poner en marcha la producción de biodiesel.

8.1 Obtención de las proporciones del Hidróxido de sodio NaOH, aceite y metanol

Se hicieron un total de 5 experimentos, utilizando aceite vegetal comestible de cocina sin usar. Como alcohol fue empleado el metanol. Como catalizador NaOH. A continuación se muestran los resultados en la tabla 8.1

Tabla 8.1 Pruebas de obtención de biodiesel y glicerina

Prueba	Aceite (ml)	Alcohol (ml)	Catalizador (g)	Producto obtenido	
				Biodiesel (ml)	Glicerina (ml)
1	200	40	1.5	200	32
2	200	40	1.2	201	24
3	200	40	1	203	23
4	200	40	0.875	206	21
5	200	40	0.437	202	20

En la prueba 5 se determina la menor cantidad de NaOH a emplear para obtener

el mayor volumen de biodiesel. Estas pruebas sirvieron para establecer la mínima cantidad de NaOH con la que se logra la separación de biodiesel y glicerina.

Tabla 8.2 Pruebas Físico-químicas del biodiesel (pH y densidad)

Biodiesel		
Prueba	Densidad	pH
1	0.89	12.3
2	0.885	11.1
3	0.875	9
4	0.87	9.4
5	0.88	9.1

Por lo tanto las siguientes cantidades serán las que se utilizarán para hacer el escalamiento de reactivos para el Reactor BIO-300L.

Tabla 8.3 Proporciones a utilizar para hacer el escalamiento del reactor

Reactivo	Cantidad
Aceite	200 ml
Metanol	40 ml (20% del volumen del aceite a utilizar)
Hidróxido de sodio (NaOH)	0.875 g

8.2. Resultados de temperatura de ebullición e inflamación del biodiesel

Tabla 8.4 Primera prueba de la muestra 4

Volumen de biodiesel	25 ml
Temperatura de ebullición	295 °C
Tiempo (min)	10: 15
Temperatura de inflamación	360 °C
Tiempo (min)	11.21

Tabla 8.4 Segunda prueba de la muestra 3

Volumen de biodiesel	2.5 ml
Temperatura de ebullición	280 °C
Tiempo (min)	3:40
Temperatura de inflamación	340 °C
Tiempo (min)	4:40

8.3. Captura y gráficas de la variación de la temperatura en excell

Se realizó la captura de datos de las temperaturas de las tres corridas que se realizaron, y así obtener las gráficas de tiempo vs temperatura para la visualización del comportamiento de esta durante el calentamiento del Reactor BIO-300L. Los datos para obtener la grafica se encuentran en la tabla 8.5 en el anexo 5.

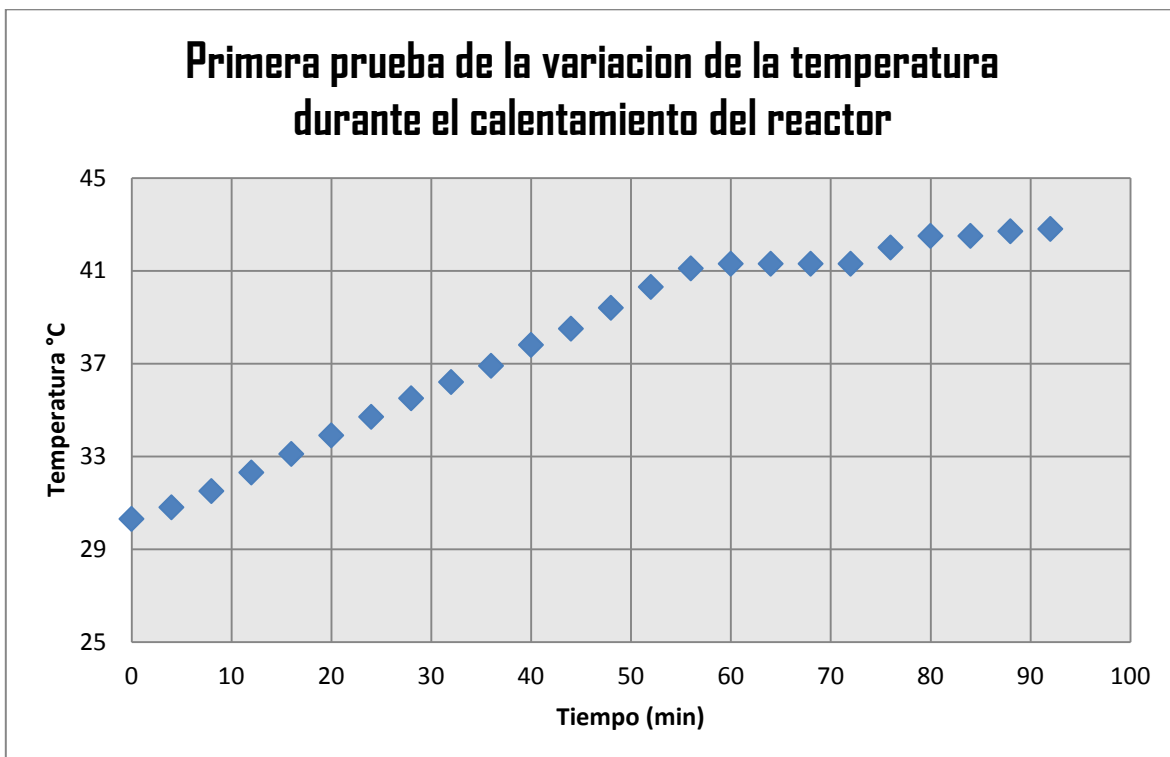


Figura 8.1 Primera gráfica de temperatura vs tiempo

En la tabla 8.5 que se encuentra en el anexo 5, se puede apreciar que el incremento de temperatura es proporcional, que cada 4 minutos aproximadamente hay un incremento de un grado de temperatura. Aunque a partir del minuto 56 hasta el 72 la temperatura se encuentra constante, en un primer instante no entendí el comportamiento por que de acuerdo al manual de uso este decía que hasta llegar a la temperatura de 50°C esta iba a mantenerse constante, porque así estaba configurado el termostato que es el sensor de temperatura.

Al recordar este dato del manual, se verificó la temperatura que tenía fijada el termostato y era de 41.3 °C por esta razón 16 minutos esta temperatura constante como se puede apreciar en la gráfica que se encuentra en la figura 8.1, allí mismo se puede apreciar nuevamente el incremento de la temperatura a partir del minuto 76, esto se da porque se realiza el cambio de temperatura en el termostato a 50° que es la temperatura deseada para la transesterificación.

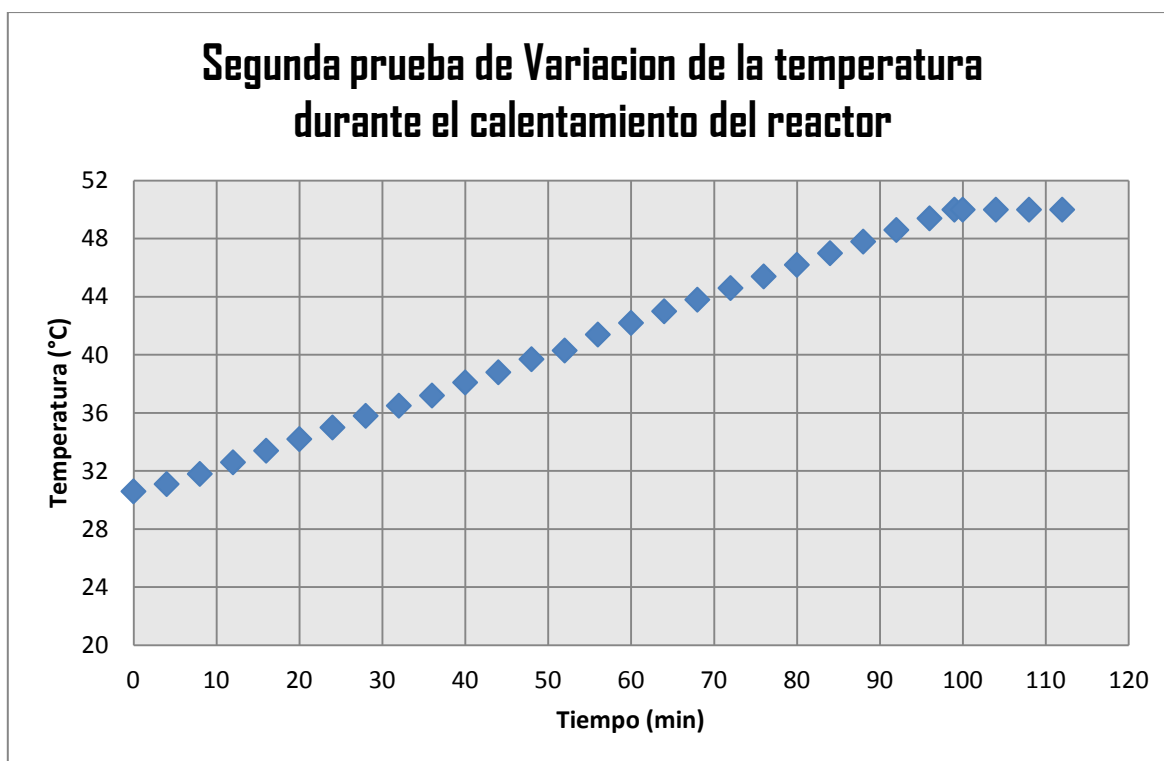


Figura 9.2 Segunda gráfica de temperatura vs tiempo

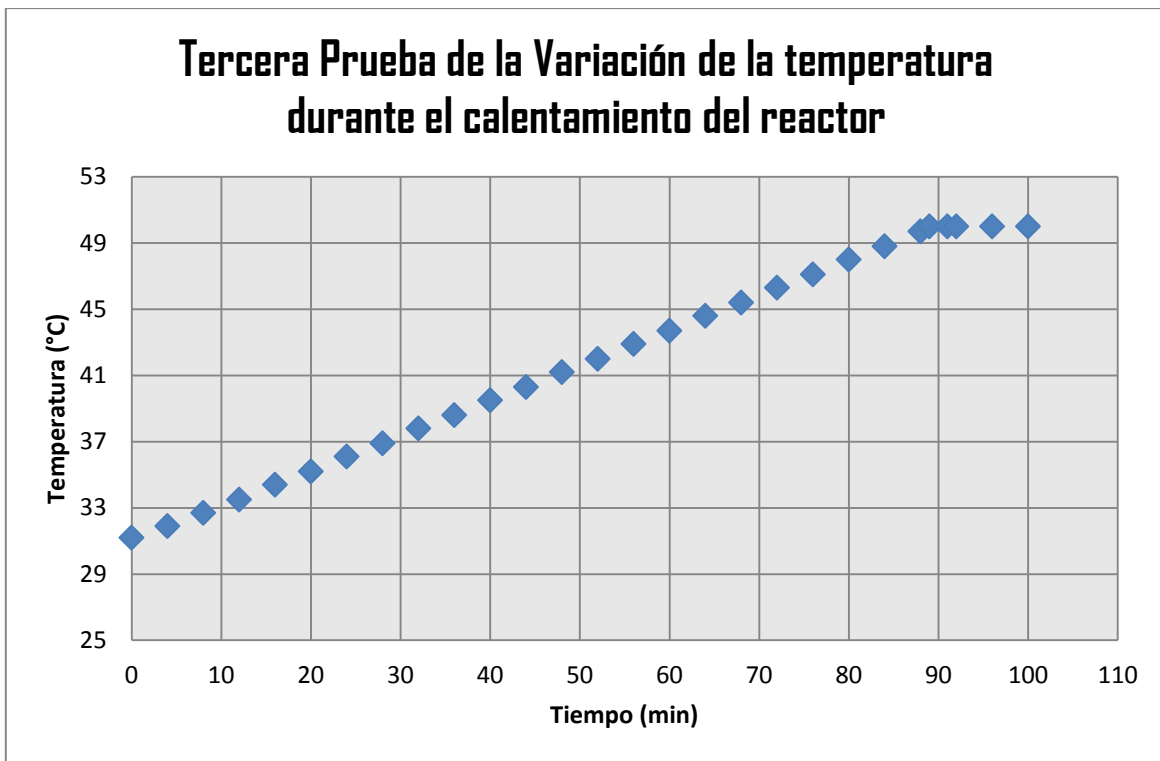


Figura 8.3 Tercera gráfica de temperatura vs tiempo

En las figuras 8.2 y 8.3 se muestra el comportamiento de la temperatura de la segunda y tercera prueba de calentamiento del reactor, y de igual manera que en la grafica 8.1 de la primera prueba hay un incremento gradual de 0.8 o 0.7 °C con la diferencia que en estas dos últimas gráficas el incremento es constante hasta llegar a los 50°C porque ya está programado el termostato a esta temperatura.

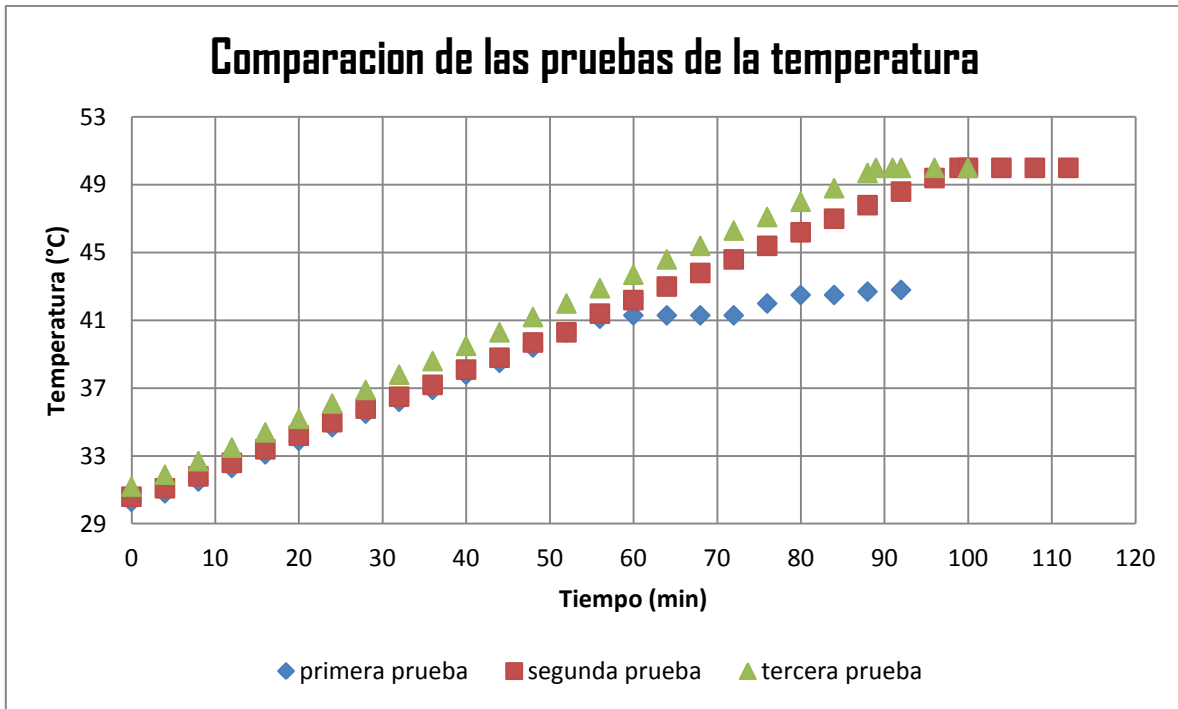


Figura 8.4 Comparación de las tres pruebas de temperatura vs tiempo

8.4 Captura en excell de los datos de flujo del fluido a la salida del reactor

Tabla 3.8 Lectura de la variación del flujo en la primera prueba

Tiempo (min)	Flujo (litros/min)	Tiempo (min)	Flujo (litros/min)
0	91.70	48	88.80
4	91.70	52	88.50
8	91.20	56	88.50
12	91.00	60	88.50
16	89.80	64	88.50
20	89.80	68	88.50
24	89.80	72	88.10
28	89.80	76	88.10
32	88.80	80	88.10
36	88.80	84	88.10
40	88.80	88	88.10
44	88.80	92	88.10
Flujo promedio =		89.16	

Tabla 8.4 Lectura de la variación del flujo en la segunda prueba

Tiempo (min)	Flujo (litros/min)	Tiempo (min)	Flujo (litros/min)
0	90.10	56	89.90
4	90.10	60	89.90
8	90.10	64	89.70
12	90.10	68	89.70
16	90.10	72	89.70
20	90.10	76	89.70
24	90.10	80	89.70
28	90.10	84	89.70
32	89.70	88	89.60
36	89.70	92	89.60
40	89.70	96	89.60
44	89.70	99	89.60
48	89.90	100	89.60
52	89.90	104	89.60
Flujo promedio =		89.82	

En la tabla 8.8 y 8.9 se aprecia la estabilidad del flujo del fluido a la salida del reactor BIO-300L. Esto nos indica que el sistema hidráulico de bombeo para la recirculación del agua al reactor esta estable.

CAPÍTULO 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos de las pruebas de funcionalidad de la puesta en marcha del reactor BIO-300L, se observó el buen funcionamiento del reactor, ya que sus sistema de calentamiento es uniforme y el incremento de la temperatura es proporcional con la variación del tiempo hasta que llega a la temperatura de 50°C que es la que fijamos en el termostato (sensor de temperatura) y la necesaria para que se lleve a cabo la transesterificación en las condiciones óptimas.

Con los resultados obtenidos de las pruebas de la variación de concentraciones de los reactivos para la producción de biodiesel, se observó el comportamiento de que al incrementar la cantidad de Hidróxido de Sodio (NaOH), el volumen de Biodiesel es menor y la glicerina aumenta que es algo que no deseamos.

Por lo que se recomienda de acuerdo a la comparación de los resultados utilizar las siguientes proporciones de los reactivos, tomando el volumen del aceite de cocina como la cantidad base:

Metanol, 20% del volumen del aceite de cocina (ml)

Hidróxido de Sodio (NaOH), 0.4375% del volumen del aceite de cocina (ml)

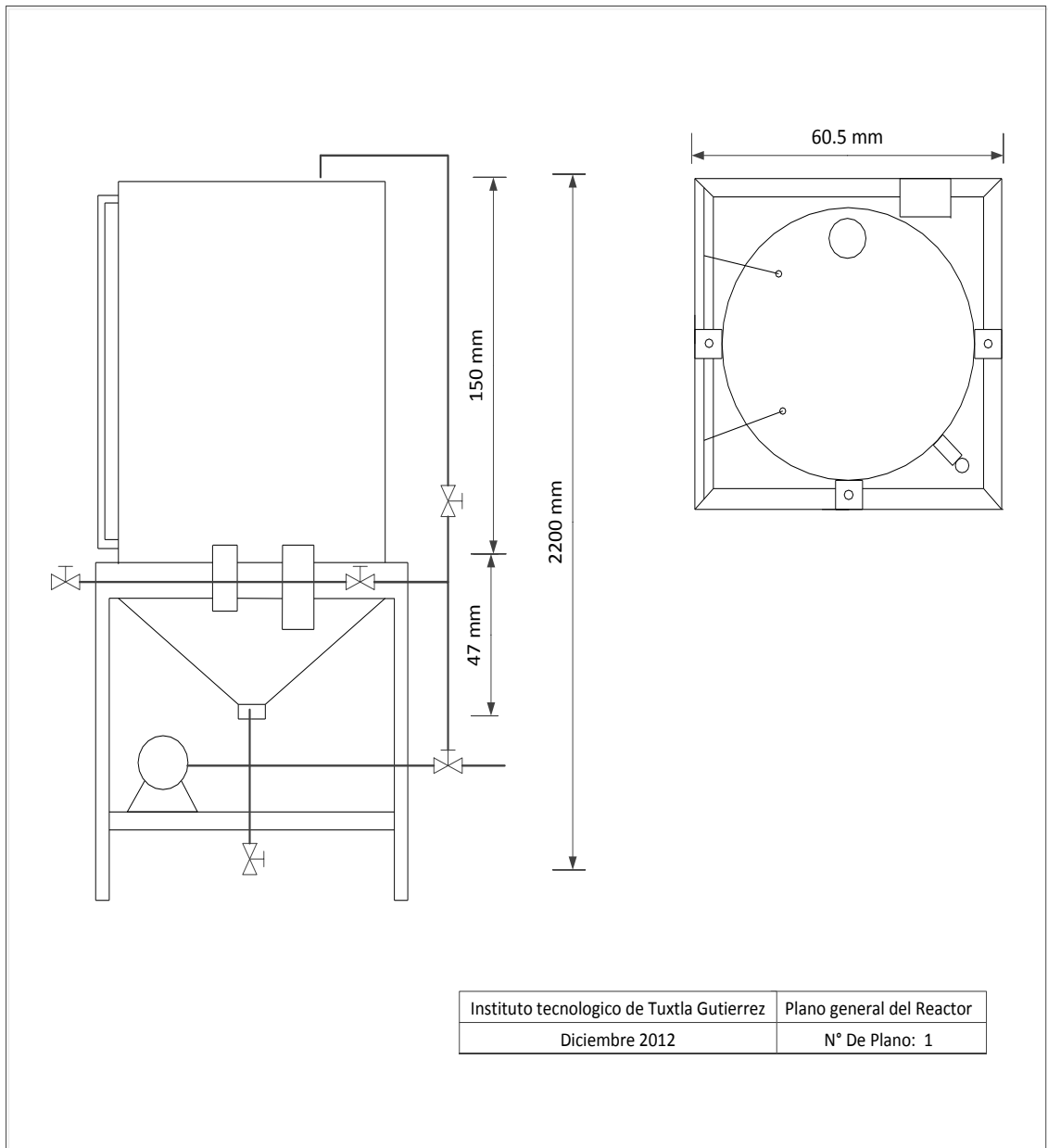
Con todo esto podemos concluir que ya conociendo las cantidades de los reactivos necesarios para la producción de biodiesel, que el reactor se encuentra en buen funcionamiento y el encargado del Polo Tecnológico Nacional no se expone a ningún riesgo, se puede iniciar la primera corrida de producción de biodiesel.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y VIRTUALES

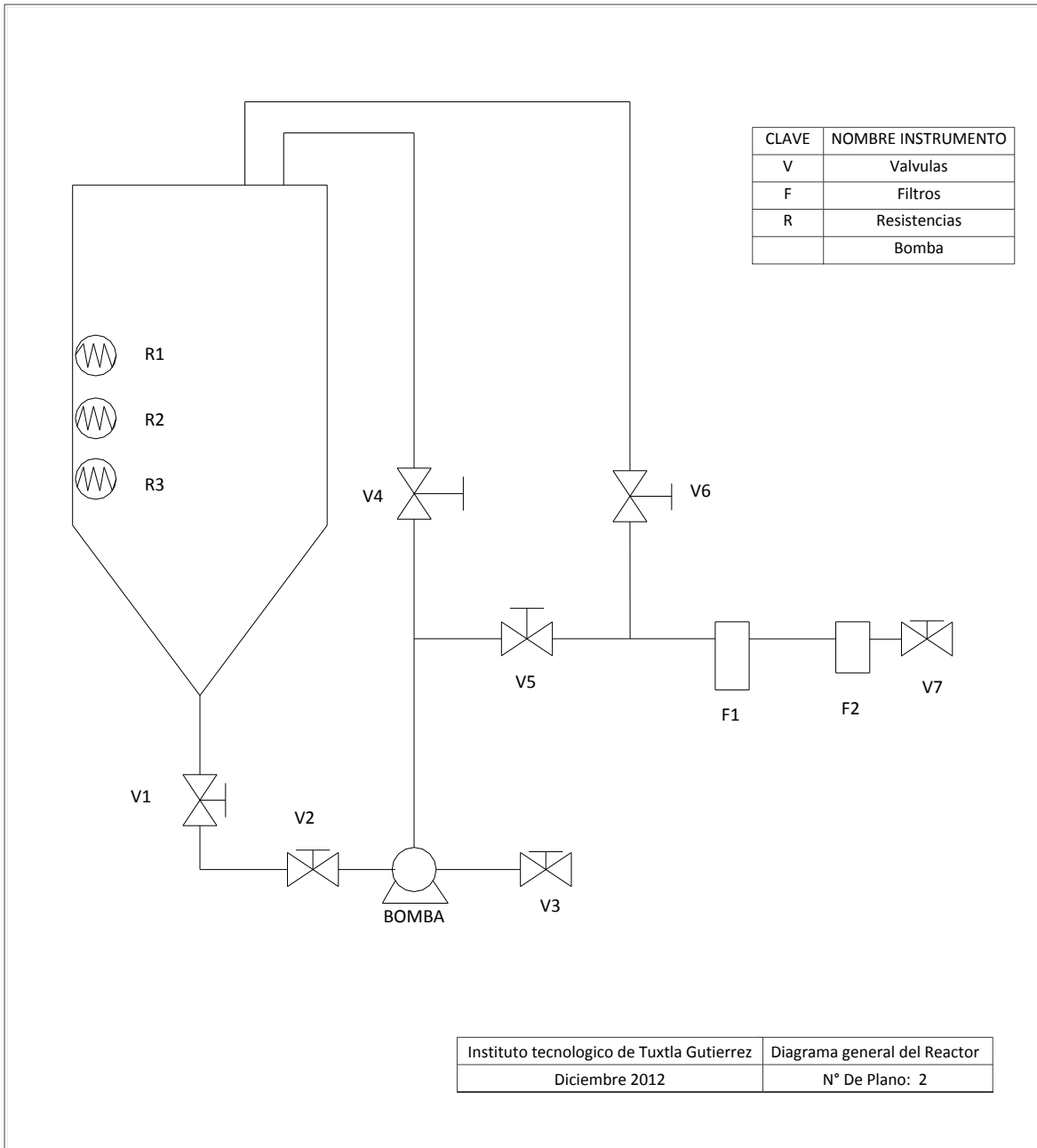
- [1] Diario el cuarto poder. EL ITTG es de primer mundo. Agosto de 2012. En línea se encuentra en:
http://www.cuartopoder.com.mx/%5CPagPrincipal_Noticia.aspx?idNoticia=297646&idNoticiaSeccion=4&idNoticiaSubseccion=14
- [2] Robalino Viteri Carlos Samuel. “Elaboración de un Manual de Operación de un Reactor Experimental de Transesterificación para la obtención de biodiesel proveniente de Aceite Vegetal”. 2009
- [3] http://www.anuies.mx/servicios/d_estrategicos/afiliadas/30.html
- [4] http://www.anuies.mx/c_nacional/pdf/ittg.pdf
- [5] GOOGLE MAPS. Recuperado de la pagina:
<http://maps.google.es/maps/ms?f=d&geocode=&ie=UTF8&t=h&g=tuxtla+gutiérrez+chiapas+méxico&oe=UTF8&msa=0&msid=116483312603248095203.00045ad1687d898d5509a>
- [6] http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lis/moreno_a_jl/capitulo5.pdf
- [7] Acosta Fernando et al, 2008. Manual de construcción y uso de reactor para producción de biodiesel a pequeña escala. Lima: Soluciones Prácticas-ITDG; 2008.
- [8] Schuchardt et al, 1997. Transesterification of Vegetable Oils: a Review. mayo 1997
- [9] Schuchardt et al, 1998. Estudio de la Transesterificación de aceite vegetal con metanol. 2012
- [10] Fabricación de maquinas para biodiesel. En línea se encuentra en:
<http://www.bioenergyweb.com.ar/index.php/maquinaria.html>
- [11] INNOVATECH. Manual de operación del Reactor BIO-300L
- [12] <http://www.quimica.unam.mx/IMG/pdf/9metanol.pdf>
- [13] <http://www.quimica.unam.mx/IMG/pdf/2hsnaoh.pdf>

ANEXOS.

ANEXO 1.1 Medidas del Reactor BIO-300L.



ANEXO 1.2 Ubicación de las válvulas, resistencias para el calentamiento y bomba del reactor.



ANEXO 2. Ropa y equipamiento de seguridad

- **Guantes:** Se deberá emplear guantes de jebe (o de preferencia de nitrilo) todo el tiempo que se trabaje con metanol y con NaOH. Enjuagar los guantes inmediatamente con abundante agua luego de manipular el NaOH, porque estas sustancias atacan el caucho. Emplear guantes de cuero cuando se trabaje con superficies calientes.
- **Máscara:** Usar máscara con respirador para gases orgánicos y para partículas. Utilizarla obligatoriamente cuando se trabaje con metanol y NaOH.
- **Lentes protectores:** Usar lentes de protección cuando se trabaje con metanol y con NaOH.
- **Bata:** Uso obligatorio todo el tiempo.
- **Extintores:** Se debe contar con extintores de espuma o de polvo seco en todo lugar donde se almacene y/o manipule metanol, aceite y biodiesel, o mezclas de ellos. Ubicarlos en lugares de fácil acceso y adecuadamente marcados.
- **Saco de arena:** Como medida extra para casos de incendio, contar con un saco o barril lleno de arena en un lugar visible y adecuadamente marcado.
- **Ducha de emergencia:** Contar con ducha de emergencia para casos de derrame o salpicadura con metanol o con soluciones concentradas de NaOH o ácidos. Asimismo, contar con dispositivo de lavado de ojos para los mismos casos.

ANEXO 3. HOJA DE SEGURIDAD: METANOL.

FÓRMULA H₄O, CH₃OH

PESO MOLECULAR 32.04 g/mol

COMPOSICIÓN C: 37.48 %, H: 12.58 % y O: 49.93 %

SINÓNIMOS Alcohol metílico, hidrato de metilo, hidróxido de metilo, metilol, carbinol, alcohol de madera.

RESUMEN DE LOS RIESGOS.

- El metanol puede afectarle al respirarlo y cuando pasa a través de su piel.
- El metanol es un teratógeno. Trátese a esta sustancia con mucho cuidado.
- El metanol puede irritar los ojos y causar visión borrosa y/o ceguera.
- Respirar el metanol puede irritar la nariz, la boca y la garganta, y causar tos y respiración con silbido.
- El contacto puede causar irritación de la piel. La exposición repetida o prolongada puede causar resecamiento y grietas en la piel.
- Es posible que el metanol cause daño al hígado.
- La exposición a concentraciones altas puede causar dolor de cabeza, náuseas, vómitos y mareo. Puede causar la muerte.
- El metanol es un líquido inflamable y presenta un peligro de incendio.

GENERALIDADES.

El metanol es un líquido incoloro, venenoso, con olor fuerte parecido al etanol y cuando está puro puede tener un olor repulsivo; arde con flama no luminosa. Es utilizado industrialmente como solvente y como materia prima en la obtención de formaldehído, metil-ter-butyl éter, ésteres metílicos de ácidos orgánicos e inorgánicos. También es utilizado como anticongelante en radiadores de autos; en gasolinas y diesel; en la extracción de aceites de animales y vegetales, y agua de combustibles de automóviles y aviones; en la desnaturalización de etanol; como agente suavizante de plásticos de piroxilina, y otros polímeros; y como solvente en distintas industrias. El metanol se obtiene por destilación destructiva de madera a altas temperaturas; por hidrogenación catalítica de CO a presión y temperatura altas, con catalizadores de cobre-óxido de cinc; por oxidación de hidrocarburos y como subproducto en la síntesis de Fischer-Tropsch.

NÚMEROS DE IDENTIFICACIÓN.

CAS: 67-56-1

UN: 1230

NIOSH: PC 1400000

RCRA: U154

NOAA: 3874

STCC: 4909230

RTECS: PC1400000

NFPA: Salud: 1 Reactividad: 0 Fuego: 3

HAZCHEM CODE: 2 PE

El producto está incluido en CERCLA, 313

MARCAJE: Líquido inflamable, venenoso.

PROPIEDADES QUÍMICAS.

Este producto reacciona violentamente con bromo, hipoclorito de sodio, dietil-cinc, disoluciones de compuestos de alquilaluminio, trióxido de fósforo, cloruro cianúrico, ácido nítrico, peróxido de hidrógeno, sodio, ter-butóxido de potasio y perclorato de plomo. En general, es incompatible con ácidos, cloruros de ácido, anhídridos, agentes oxidantes, agentes reductores y metales alcalinos.

PROPIEDADES FÍSICAS Y TERMODINÁMICAS.

Densidad (g/ml): 0.81 g/ml (0/4°C), 0.7960 (15/°C), 0.7915 (20/4°C), 0.7866 (25/4°C).

Punto de fusión: -97.8°C.

Punto de ebullición (°C): 64.7 (760 mm de Hg), 34.8 (400 mm de Hg), 34.8 (200 mm de Hg), 21.2 (100 mm de Hg), 12.2 (60 mm de Hg), 5 (40 mm de Hg).

Índice de refracción a 20°C: 1.3292

Densidad de vapor (aire = 1): 1.11

Punto de inflamación (Flash point): 12°C.

Punto de congelación: -97.68°C.

Temperatura de ignición: 470°C.

Límites de explosividad (% en volumen en el aire): 6-36.5

Temperatura crítica: 240°C.

Presión crítica: 78.5 atm

Volumen crítico: 118 ml/mol

Temperatura de autoignición: 380°C.

Tensión superficial (din/cm): 22.6

Calor específico (J/g K): 1.37 (vapor a 25°C) y 2.533 (líquido a 25°C).

Presión de vapor (mm de Hg): 127.2 (a 25°C).

Viscosidad (cP): 0.541 (líquido a 25°C).

Conductividad térmica (W/m K): 0.202 (a 25°C).

Formación de azeótropos con muchos compuestos.

Solubilidad: miscible con agua, etanol, éter, benceno, cetonas y muchos otros disolventes orgánicos. Disuelve una gran variedad de sales inorgánicas; por ejemplo: 43% de yoduro de sodio, 22% de cloruro de calcio, 4% de nitrato de plata, 3.2% de cloruro de amonio y 1.4% de cloruro de sodio.

NIVELES DE TOXICIDAD.

RQ: 5000

IDLH: 25000 ppm

LDLo (oral en humanos): 4.28 mg/kg

LD50 (oral en ratas): 5628 mg/kg

LC50 (inhalado en ratas): 64000 ppm/4h

LD50 (en piel con conejos): 15800 mg/kg

Niveles de irritación a piel de conejos: 500 mg/24 h, moderada

Niveles de irritación a ojos de conejos: 40 mg, moderada

Estados Unidos:

TLV TWA: 260 mg/m³ (200 ppm)

TLV STEL: 310 mg/m³ (250 ppm)

Reino Unido:

Periodos largos: 260 mg/m³ (200 ppm)

Periodos cortos: 310 mg/m³ (250 ppm)

Francia:

VME: 260 mg/m³ (200 ppm)

VLE: 1300 mg/m³ (1000ppm)

Alemania:

MAK: 260 mg/m³ (200 ppm)

MANEJO.

- Vestimenta:

Evite todo contacto de la piel con el alcohol metílico. Se debe usar ropa y guantes antidisolventes; asimismo, toda la ropa de protección (trajes, guantes, calzado, gorros y cascos) debe estar limpia, disponible y emplearse cada día de trabajo. ACGIH califica el caucho de nitrilo o viton como material de protección muy bueno.

- Protección de los ojos

Cuando trabaje con líquidos, emplee gafas a prueba de salpicaduras de sustancias químicas y un escudo de protección de cara, o protección respiratoria con pieza facial de cara completa. No deben usarse lentes de contacto al utilizar metanol.

Manipulación.

Donde sea posible, limitar las operaciones a un lugar cerrado con ventilación de escape local en el lugar de las emisiones químicas. Si no se usa un lugar cerrado o ventilación de escape local, deben usarse respiradores (máscaras protectoras), y el lugar debe estar siempre bien ventilado.

Donde sea posible, bombear el alcohol metílico líquido en forma automática desde los tambores u otros recipientes de almacenamiento a los recipientes de procesamiento. Al trasvasar pequeñas cantidades con pipeta, utilizar propipetas, y nunca aspirar con la boca. Asimismo, no se debe comer, fumar o beber donde se manipula, procesa o almacena el metanol, pues se puede tragar la sustancia química.

Debe haber un lavado cuidadoso de manos antes de comer o fumar, inmediatamente después de exponerse al alcohol metílico y al término de la jornada de trabajo. Asimismo, resulta importante lavarse las partes del cuerpo que hayan podido estar en contacto con el metanol aunque usted no esté seguro si se produjo o no un contacto con la piel. Si existe la posibilidad de exposición de la piel, deben suministrarse instalaciones para duchas de emergencia. Los trabajadores cuya ropa haya sido contaminada por el alcohol metílico deben cambiarse inmediatamente y ponerse ropa limpia.

ALMACENAMIENTO.

Cuando se trata de cantidades grandes, el metanol debe almacenarse en recipientes de acero al carbón rodeado de un dique, y con sistema de extinguidores de fuego a base de

polvo químico seco o dióxido de carbono; en el caso de cantidades pequeñas, entonces puede manejarse en recipientes de vidrio. Sea como fuere, el metanol siempre debe mantenerse en recipientes bien cerrados, en áreas frías y bien ventiladas, alejado de fuentes de ignición y protegido de la luz directa del sol. Asimismo, está terminantemente prohibido fumar o prender fuego abierto donde se usa, maneja o almacena metanol. De otra parte, se debe evitar el contacto con oxidantes fuertes (tales como cloro, bromo y flúor) porque se producen reacciones violentas. De igual modo, los envases de metal utilizados durante la transferencia de alcohol metílico deben estar conectados a tierra y unidos. Los cilindros deben estar equipados con válvulas automáticas, tapas de presión al vacío y para llamas. Se debe usar equipo y herramientas que no produzcan chispas, especialmente al abrir y cerrar envases de alcohol metílico.

TRANSPORTE Y EMPAQUE.

Transporte terrestre:

Marcaje: 1230

Líquido inflamable

Código HAZCHEM: 2 PE

Transporte aéreo:

Código ICAO/IATA: 1230 Clase: 3 (6.1)

Cantidad máx. en vuelos comerciales: 1 l

Cantidad máxima en vuelos de carga: 60 l

Transporte marítimo:

Código IMDG: 3087 Clase: 3.2

Marcaje: Líquido inflamable. Venenoso.

RIESGOS.

Riesgos de fuego y explosión:

Es un producto inflamable. Sus vapores pueden explotar si se prenden en un área cerrada y pueden viajar a una fuente de ignición, prenderse y regresar al área donde se produjeron en forma de fuego. Los contenedores pueden explotar. Al incendiarse, se producen gases venenosos como el formaldehído.

Riesgos a la salud:

El envenenamiento puede efectuarse por ingestión, inhalación o absorción cutánea. Ello se debe, posiblemente, a su oxidación en ácido fórmico o formaldehído, que se sabe que puede ser inhibida por etanol, pues el etanol es metabolizado de manera muy específica y desintoxica al organismo de metanol por medio de la respiración. Después de la muerte, el efecto más grave de este producto es la ceguera permanente. Veamos, seguidamente, un conjunto de riesgos posibles y sus efectos.

- **Inhalación:** La exposición a una concentración mayor de 200 ppm produce dolor de cabeza, náusea, vómito e irritación de membranas mucosas. Concentraciones muy altas pueden dañar el sistema nervioso central y causar problemas en la visión. Los efectos del metanol son acumulativos y una exposición constante, aún a bajos niveles, puede causar

muchos de los efectos mencionados arriba, así como daño al hígado. Estos efectos varían con cada individuo.

- **Contacto con ojos:** Tanto los vapores como el líquido son muy peligrosos, pues se ha observado que el metanol tiene un efecto específico sobre el nervio óptico y la retina.
- **Contacto con la piel:** El contacto directo produce dermatitis y los efectos típicos (mencionados arriba) de los vapores de metanol que se absorben por la piel.
- **Ingestión:** El envenenamiento por este medio se frecuentemente por etanol adulterado y sus efectos dependen de la cantidad ingerida, pues, como se mencionó arriba, el etanol afecta el metabolismo del metanol. Generalmente, una dosis de 25 a 100 ml resulta fatal. Al principio se produce una narcosis similar a la producida por el etanol, pero después de 10 a 15 horas se presentan daños más graves sobre el sistema nervioso central, específicamente sobre el nervio óptico y, finalmente, se presentan los efectos agudos ya mencionados.
- **Carcinogenicidad:** No se ha observado un incremento en los casos de cáncer en trabajadores expuestos a metanol, en estudios epidemiológicos.
- **Mutagenicidad:** Resultó ser no mutagénico en estudios con *Salmonella typhimurium* y no indujo el intercambio de cromátida hermana.
- **Peligros reproductivos:** En estudios con concentraciones altas de vapor (10 000 ppm) se incrementan las malformaciones congénitas, las cuales incluyen órganos urinarios y cardiovasculares. A concentraciones de 5000 ppm no se observaron estos efectos.

ACCIONES DE EMERGENCIA.

Primeros auxilios:

- **Inhalación:** Mover a la víctima a un área bien ventilada y mantenerla abrigada. Si no respira, dar respiración artificial y oxígeno.
- **Ojos:** Lavarlos con agua o disolución salina neutra en forma abundante durante al menos 15 minutos, abriendo los párpados con los dedos.
- **Piel:** Lavar la zona dañada inmediatamente con gran cantidad de agua y jabón. En caso necesario, quitar la ropa contaminada rápidamente
- **Ingestión:** No inducir el vómito. Pueden utilizarse de 5 a 10 gr de bicarbonato de sodio para contrarrestar la acidosis provocada por este producto y en algunos casos, se ha informado de hemodiálisis como método efectivo para este tipo de envenenamiento.

En todos los casos de exposición, el paciente debe ser transportado al hospital tan pronto como sea posible.

Control de fuego:

- Usar agua en forma de neblina, pues los chorros de agua pueden ser inefectivos.
- Enfriar todos los contenedores involucrados con agua. El agua debe aplicarse desde distancias seguras.
- En caso de fuegos pequeños, puede utilizarse extinguidores de espuma, polvo químico seco y dióxido de carbono.

Fugas y derrames:

- Utilizar el equipo de seguridad mínimo (bata, lentes de seguridad y guantes) y, dependiendo de la magnitud del siniestro, utilizar equipo de protección completo y de respiración autónoma.
- Alejar cualquier fuente de ignición del derrame.
- Ventilar el área del derrame o escape.
- Evitar que el metanol llegue a fuentes de agua y drenajes. Para ello construir diques con tierra, bolsas de arena o espuma de poliuretano, o bien, construir una fosa.
- Para aminorar los vapores generados, utilizar agua en forma de rocío y almacenar el líquido. Si el derrame es al agua, airear y evitar su movimiento mediante barreras naturales o bombas para controlar derrames y succionar el material contaminado.
- Absorber los líquidos mediante materiales como la vermiculita, arena seca, tierra, etc. y depositarlos en recipientes herméticamente cerrados. Tener la precaución debida pues el material utilizado para absorber puede quemarse; asimismo, este y el agua contaminada deben almacenarse en lugares seguros y desecharlos posteriormente de manera adecuada.
- En el caso de derrames pequeños, el líquido puede absorberse con papel y llevarse a una área segura para su incineración o evaporación, después se debe lavar el área con agua.
- Evitar que el metanol llegue a espacios cerrados o confinados donde puede haber riesgos de explosión.

Desechos:

En el caso de cantidades pequeñas, puede dejarse evaporar o incinerarse en áreas seguras. Para volúmenes grandes, se recomienda la incineración controlada junto con otros materiales inflamables. [12]

ANEXO 4. HOJA DE SEGURIDAD: HIDRÓXIDO DE SODIO

FORMULA: NaOH.

PESO MOLECULAR: 40.01 g/mol

COMPOSICION: Na: 57.48 %; H: 2.52 % y O:40.00%

GENERALIDADES:

El hidróxido de sodio es un sólido blanco e industrialmente se utiliza como disolución al 50 % por su facilidad de manejo. Es soluble en agua, desprendiéndose calor. Absorbe humedad y dióxido de carbono del aire y es corrosivo de metales y tejidos.

Es usado en síntesis, en el tratamiento de celulosa para hacer rayón y celofán, en la elaboración de plásticos, jabones y otros productos de limpieza, entre otros usos.

Se obtiene, principalmente por electrólisis de cloruro de sodio, por reacción de hidróxido de calcio y carbonato de sodio y al tratar sodio metálico con vapor de agua a bajas temperaturas.

NUMEROS DE IDENTIFICACION:

CAS: 1310-73-2 RTECS: WB4900000

UN: sólido:1823 NFPA: Salud:3 Reactividad:1 Fuego: 0

disolución: 1824 HAZCHEM CODE: 2R

NIOSH: WB 4900000 El producto está incluido en : CERCLA, EHS, SARA, RCRA.

NOAA: 9073 MARCAJE:SOLIDO CORROSIVO.

STCC: 4935235

PROPIEDADES FISICAS Y TERMODINAMICAS:

Punto de ebullición: 1388°C (a 760 mm de Hg)

Punto de fusión: 318.4 °C

Índice de refracción a 589.4 nm: 1.433 (a 320 °) y 1.421 (a 420 °C)

Presión de vapor: 1mm (739 °C)

Densidad: 2.13 g/ml (25 °C)

Solubilidad: Soluble en agua, alcoholes y glicerol, insoluble en acetona (aunque reacciona con ella) y éter. 1 g se disuelve en 0.9 ml de agua, 0.3 ml de agua hirviendo, 7.2 ml de alcohol etílico y 4.2 ml de metanol.

pH de disoluciones acuosas (peso/peso): 0.05 %:12; 0.5 %: 13 y 5 %: 14

Calor específico: 0.35 cal/g °C (20 °C)

Calor latente de fusión: 40 cal/g

Calor de formación: 100.97 Kcal/mol (forma alfa) y 101.95 Kcal/mol (forma beta)

Calor de transición de la forma alfa a la beta: 24.69 cal/g

Temperatura de transición: 299.6 °C

Energía libre de formación : 90.7 Kcal/ mol (a 25 °C y 760 mm de Hg)

MANEJO:

Equipo de protección personal:

Para el manejo del NaOH es necesario el uso de lentes de seguridad, bata y guantes de neopreno, nitrilo o vinilo. Siempre debe manejarse en una campana y no deben utilizarse lentes de contacto al trabajar con este compuesto.

En el caso de trasvasar pequeñas cantidades de disoluciones de sosa con pipeta, utilizar una propipeta, NUNCA ASPIRAR CON LA BOCA.

RIESGOS:

Riesgos de fuego o explosión:

Este compuesto no es inflamable sin embargo, puede provocar fuego si se encuentra en contacto con materiales combustibles. Por otra parte, se generan gases inflamables al ponerse en contacto con algunos metales. Es soluble en agua generando calor.

Riesgos a la salud:

El hidróxido de sodio es irritante y corrosivo de los tejidos. Los casos más comunes de accidente son por contacto con la piel y ojos, así como inhalación de neblinas o polvo.

Inhalación: La inhalación de polvo o neblina causa irritación y daño del tracto respiratorio. En caso de exposición a concentraciones altas, se presenta ulceración nasal. A una concentración de 0.005-0.7 mg/m³, se ha informado de quemaduras en la nariz y tracto. En estudios con animales, se han reportado daños graves en el tracto respiratorio, después de una exposición crónica.

Contacto con ojos: El NaOH es extremadamente corrosivo a los ojos por lo que las salpicaduras son muy peligrosas, pueden provocar desde una gran irritación en la córnea, ulceración, nubosidades y, finalmente, su desintegración. En casos más severos puede haber ceguera permanente, por lo que los primeros auxilios inmediatos son vitales.

Contacto con la piel: Tanto el NaOH sólido, como en disoluciones concentradas es altamente corrosivo a la piel. Se han hecho biopsias de piel en voluntarios a los cuales se aplicó una disolución de NaOH 1N en los brazos de 15 a 180 minutos, observándose cambios progresivos, empezando con disolución de células en las partes callosas, pasando por edema y llegar hasta una destrucción total de la epidermis en 60 minutos. Las disoluciones de concentración menor del 0.12 % dañan la piel en aproximadamente 1 hora. Se han reportado casos de disolución total de cabello, calvicie reversible y quemaduras del cuero cabelludo en trabajadores expuestos a disoluciones concentradas de sosa por varias horas. Por otro lado, una disolución acuosa al 5% genera necrosis cuando se aplica en la piel de conejos por 4 horas.

Ingestión: Causa quemaduras severas en la boca, si se traga el daño es, además, en el esófago produciendo vómito y colapso.

Carcinogenicidad: Este producto está considerado como posible causante de cáncer de esófago, aún después de 12 a 42 años de su ingestión. La carcinogénesis puede deberse a la destrucción del tejido y formación de costras, mas que por el producto mismo.

Mutagenicidad: Se ha encontrado que este compuesto es no mutagénico.

ACCIONES DE EMERGENCIA:

Primeros Auxilios:

Inhalación: Retirar del área de exposición hacia una bien ventilada. Si el accidentado se encuentra inconsciente, no dar a beber nada, dar respiración artificial y rehabilitación cardiopulmonar. Si se encuentra consciente, levantarlo o sentarlo lentamente, suministrar oxígeno, si es necesario.

Ojos: Lavar con abundante agua corriente, asegurándose de levantar los párpados, hasta eliminación total del producto.

Piel: Quitar la ropa contaminada inmediatamente. Lavar el área afectada con abundante agua corriente.

Ingestión: No provocar vómito. Si el accidentado se encuentra inconsciente, tratar como en el caso de inhalación. Si está consciente, dar a beber una cucharada de agua inmediatamente y después, cada 10 minutos.

EN TODOS LOS CASOS DE EXPOSICION, EL PACIENTE DEBE SER TRANSPORTADO AL HOSPITAL TAN PRONTO COMO SEA POSIBLE.

Control de fuego:

Pueden usarse extinguidores de agua en las áreas donde haya fuego y se almacene NaOH, evitando que haya contacto directo con el compuesto.

Fugas o derrames:

En caso de derrame, ventilar el área y colocarse la ropa de protección necesaria como lentes de seguridad, guantes, overoles químicamente resistentes, botas de seguridad. Mezclar el sólido derramado con arena seca, neutralizar con HCl diluido, diluir con agua, decantar y tirar al drenaje. La arena puede desecharse como basura doméstica.

Si el derrame es de una disolución, hacer un dique y neutralizar con HCl diluido, agregar gran cantidad de agua y tirar al drenaje.

Desechos:

Para pequeñas cantidades, agregar lentamente y con agitación, agua y hielo. Ajustar el pH a neutro con HCl diluido. La disolución acuosa resultante, puede tirarse al drenaje diluyéndola con agua. Durante la neutralización se desprende calor y vapores, por lo que debe hacerse lentamente y en un lugar ventilado adecuadamente.[13]

Anexo 5. Tabla 8.5 Datos de Temperatura de la Primera prueba de calentamiento

Tiempo (min)	Temperatura (°C)
0	30.3
4	30.8
8	31.5
12	32.3
16	33.1
20	33.9
24	34.7
28	35.5
32	36.2
36	36.9
40	37.8
44	38.5
48	39.4
52	40.3
56	41.1
60	41.3
64	41.3
68	41.3
72	41.3
76	42
80	42.5
84	42.5
88	42.7
92	42.8

Anexo 6 Tabla 8.6 Datos de Temperatura de la Segunda prueba de calentamiento

Tiempo (min)	Temperatura(°C)
0	30.6
4	31.1
8	31.8
12	32.6
16	33.4
20	34.2
24	35
28	35.8
32	36.5
36	37.2
40	38.1
44	38.8
48	39.7
52	40.3
56	41.4
60	42.2
64	43
68	43.8
72	44.6
76	45.4
80	46.2
84	47
88	47.8
92	48.6
96	49.4
99	50
100	50
104	50
108	50
112	50

Anexo 7. Tabla 8.7 Datos de temperatura de la tercera prueba de calentamiento

Tiempo (min)	Temperatura (°C)
0	31.2
4	31.9
8	32.7
12	33.5
16	34.4
20	35.2
24	36.1
28	36.9
32	37.8
36	38.6
40	39.5
44	40.3
48	41.2
52	42
56	42.9
60	43.7
64	44.6
68	45.4
72	46.3
76	47.1
80	48
84	48.8
88	49.7
89	50
91	50
92	50
96	50
100	50