

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



## FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

### “DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS ÓPTIMOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL (*B100*) A PARTIR DEL ACEITE VEGETAL USADO EN FRITURA”

#### TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL

**AUTORES:** Imbaquingo Abalco José Willians  
Flores Farinango Franklin Rubén

**DIRECTOR:** Ing. Pedro Sandoval

Ibarra, Mayo del 2015

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

“DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS ÓPTIMOS PARA LA  
PRODUCCIÓN DE BIODIESEL (B100) A PARTIR DEL ACEITE  
VEGETAL USADO EN FRITURA”

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
AGROINDUSTRIAL

AUTORES: Flores Farinango Franklin Rubén  
Imbaquingo Abalco José Willians

## APROBACIÓN DEL CÓMITE ASESOR

En calidad de Asesor de la Tesis presentada por los señores Franklin Ruben Flores Farinango y José Willians Imbaquingo Abalco como requisito previo para optar por el Título de ingeniero en Agroindustrias, luego de haber revisado minuciosamente, doy fe que las observaciones y sugerencias emitidas con anterioridad han sido incorporadas satisfactoriamente al presente documento.

Ing. Hernán Cadena

.....  
ASESOR

Ing. Ángel Satama

.....  
ASESOR

Ing. Armando Manosalvas

.....  
ASESOR

Ibarra, Mayo del 2015



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

#### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

#### A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO 1			
Cédula de identidad:	171675634-9		
Apellidos y nombres:	Flores Farinango Franklin Rubén		
Dirección:	Cayambe, Bolivar y QuirogaCoop.		
Email:	<a href="mailto:canito_frank@yahoo.com">canito_frank@yahoo.com</a>		
Teléfono fijo:	022111696	Teléfono móvil:	0985609087

DATOS DE CONTACTO 2			
<b>Cédula de identidad:</b>	171793582-7		
<b>Apellidos y nombres:</b>	Jose Willian Imbaquingo Abalco		
<b>Dirección:</b>	Tabacundo, El progreso s/n		
<b>Email:</b>	<a href="mailto:iajosewilly@hotmail.com">iajosewilly@hotmail.com</a>		
<b>Teléfono fijo:</b>	033610451	<b>Teléfono móvil:</b>	0995270353

DATOS DE LA OBRA	
<b>Título:</b>	"Determinación de parámetros óptimos para la producción de Biodiesel (B100), a partir de aceite vegetal usado en fritura."
<b>Autores:</b>	1) Flores Farinango Franklin Rubén 2) José Willians Imbaquingo Abalco
<b>Fecha:</b>	2015 – 05 - 21
<b>Solo para trabajos de grado</b>	
<b>Programa:</b>	Pregrado
<b>Título por el que opta:</b>	Ingeniero Agroindustrial
<b>Director:</b>	Ing. Pedro Sandoval

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Nosotros, Flores Farinango Franklin Rubén y José Willians Imbaquingo Abalco con cédulas de ciudadanía Nros. 171675634-9 y 171793582-7 respectivamente en calidad de autores y titulares de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la

educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

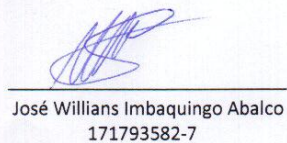
### 3. CONSTANCIAS

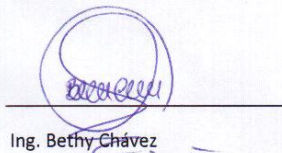
Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 21 días del mes de mayo del 2015

Los autores:

  
Franklin Ruben Flores Farinango  
171657658-0

  
José Willians Imbaquingo Abalco  
171793582-7

  
Ing. Bethy Chávez

**JEFE DE BIBLIOTECA**

Facultado por resolución del Honorable Consejo Universitario: Oficio N° 073 – HCU – UTN.

## DECLARACIÓN

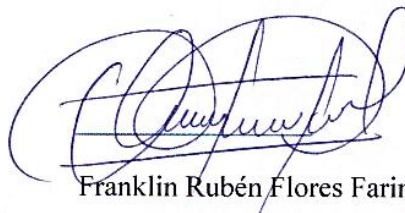
Manifestamos que la presente obra es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto es original y que somos los titulares de los derechos patrimoniales; por lo que asumimos la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldremos en defensa de la Universidad Técnica del Norte en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 18 días del mes de Mayo 2015.

  
Ing. Pedro Sanloval  
DIRECTOR DE TESIS




José Willians Imbaquingo Abalco



Franklin Rubén Flores Farinango

**CERTIFICACIÓN**  
TRABAJO DE GRADO A  
FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por José Willians Imbaquingo Abalco y Franklin Rubén Flores Farinango, bajo mi supervisión.

  
Ing. Pedro Sandoval  
DIRECTOR DE TESIS

Barra, a los 18 días del mes de Mayo de 2015.

  
José Willians Imbaquingo Abalco

## **CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, José Willians Imbaquingo Abalco, con cédula de identidad Nro.171793582-7, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado denominado: "DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS ÓPTIMOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL (B100) A PARTIR DEL ACEITE VEGETAL USADO EN FRITURAS", que ha sido desarrollado para optar por el título de: INGENIERO AGROINDUSTRIAL en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 18 días del mes de Mayo de 2015.



---

José Willians Imbaquingo Abalco

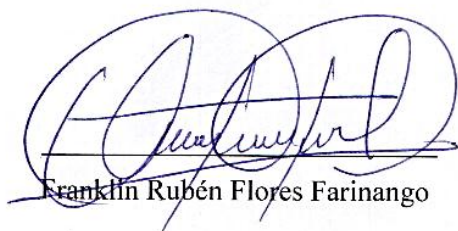


## **CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Franklin Rubén Flores Farinango, con cédula de identidad Nro.171675634-9, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado denominado: "DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS ÓPTIMOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL (B100) A PARTIR DEL ACEITE VEGETAL USADO EN FRITURAS", que ha sido desarrollado para optar por el título de: INGENIERO AGROINDUSTRIAL en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

*"Jose Williams Imbaquingo Abdo"*

Ibarra, a los 18 días del mes de Mayo de 2015.



Franklin Rubén Flores Farinango

## **DEDICATORIA**

**Este trabajo de investigación dedico con mucho cariño  
A mis Padres *Manuel Imbaquingo y Juana Abalco, a mi querida esposa*  
Por su apoyo incondicional,  
Preocupación, constancia y su infinito amor,  
Fueron los que me dieron ánimo para esforzarme día a día para  
Llegar a culminar mi carrera como profesional.  
A mi hijo *Kevin Joel*  
Que son el pilar de mi vida  
Y la razón para que día a día sea mejor  
Como hombre, Padre y Profesional.  
A mis sobrinos *Alex y Emma*  
Que son un ejemplo de valentía y amor.**

***“José Willians Imbaquingo Abalco”***

## **DEDICATORIA**

**Esta meta alcanzada se la dedico. A dios por ser mi guía mi fortaleza y mi fuerza.**

**A mi madre maría, mi compañera incansable, mi consejera, amiga y lo más importante por su amor incondicional.**

**A mi padre Rubén, por su apoyo y por enseñarme que con fuerza de voluntad las metas se pueden alcanzar.**

**A mis hermanos, por brindarme su apoyo y ánimo a seguir adelante con alegría y entusiasmo.**

**a Naty, por su apoyo, consejos y sobre todo su cariño.**

***“Franklin Rubén Flores Farinango”***

## **AGRADECIMIENTO**

**Agradecemos a Dios, que nos ha dado la sabiduría, la constancia y la virtud de llegar a ser profesionales.**

**A la vida y a nuestros Padres por avernos dado la oportunidad que pocos tienen de estudiar y superarse, para estar mejor preparados para servir a la sociedad, en el contexto de la transformación de los productos que nos provee la naturaleza así como el profundo respeto a ella, como buenos profesionales.**

**Un sincero agradecimiento a la Universidad Técnica del Norte, a la Escuela de Ingeniería Agroindustrial, a la SENACYT, CUICYT y a todos quienes hicieron posible la culminación de la presente investigación.**

**Al Dr. Alfredo Noboa, precursor de nuestra Tesis por su valiosa orientación académica y técnica en el desarrollo del presente tema.**

**A los miembros asesores, Ing. Hernán Cadena; Ing. Luís Sandoval y al Dr.; José Luís Moreno quienes supieron dirigirnos en esta etapa con sus valiosas sugerencias.**

**A nuestros compañeros por su compañía en todo el proceso de formación profesional.**

*“Franklin Rubén Flores Farinango”*

*“José Willians Imbaquingo Abalco”*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO .....	I
ÍNDICE DE TABLAS .....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE ANEXOS .....	IV
<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>1</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 OBJETIVOS .....	2
1.1.1 General.....	2
1.1.2 Específicos.....	2
1.2 HIPÓTESIS .....	3
<b>CAPITULO II.....</b>	<b>4</b>
<b>2 REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
2.1 BIODIESEL.....	4
2.1.1 Definición .....	4
2.1.2 Propiedades biodiesel (b100) .....	4
2.1.3 Parámetro y estándares del biodiesel (b100) según las normativas vigentes .....	5
2.1.4 Comparación de emisión de CO <sub>2</sub> .....	7
2.1.5 Ventajas e inconvenientes del biodiesel (b100) .....	7
2.1.6 Comparación de los niveles de emisión atmosférica para el gasóleo y el biodiesel.....	8
2.2 ACEITES VEGETALES USADOS (AVU) .....	9
2.3 USOS DEL AVU .....	9
2.4 GLICERINA.....	9
2.5 TRANSESTERIFICACIÓN .....	10
2.6 GASES DE EFECTO INVERNADERO .....	10
2.7 MOTORES A DIESEL .....	11
2.8 HIDRÓXIDO DE SODIO.....	11
2.9 ALCOHOL METÍLICO .....	11
2.10 ÁCIDO ACÉTICO.....	13
2.11 ALCOHOL ISOPROPÍLICO .....	13
2.12 METÓXIDO DE SODIO .....	14
2.12.1 Aplicaciones industriales .....	14
2.12.2 Seguridad .....	15
2.13 REACTOR DE MEZCLA .....	15
<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>16</b>

<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>16</b>
3.1 LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO .....	16
3.2 MATERIALES Y EQUIPO .....	16
3.2.1 Materia prima e insumos .....	16
3.2.2 Materiales de laboratorio .....	17
3.2.3 Equipos .....	17
3.3 MÉTODOS .....	17
3.3.1 Investigación bibliográfica. ....	18
3.3.2 Investigación teórica conceptual .....	18
3.3.3 Determinación de criterios de diseño y construcción de un equipo para biodiesel. .....	18
3.3.4 Factores en estudio .....	18
3.3.5 Tratamientos .....	18
3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL .....	19
3.4.1 Tipo de diseño .....	19
3.4.2 Características del experimento.....	19
3.4.3 Unidad experimental.....	19
3.4.4 Análisis estadístico .....	19
3.5 ANÁLISIS FUNCIONAL.....	19
3.6 VARIABLES A EVALUADAS .....	19
3.6.1 Variables cuantitativas.....	19
a) Proceso .....	19
b) Producto terminado .....	20
3.6.2 Análisis adicionales .....	20
3.7 MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO .....	20
3.7.1 Descripción del método de análisis de las variables cuantitativas físico- químicas:.....	20
3.7.1.1 Durante el proceso .....	20
a) Cantidad de subproducto (glicerina) .....	20
b) pH luego de la transesterificación .....	21
3.7.1.2 Producto terminado .....	23
3.8 MÉTODOS ESPECÍFICOS DE MANEJO DEL EXPERIMENTO .....	24
3.8.1 DIAGRAMA DE BLOQUES PARA LA PREPARACIÓN DEL AVU (aceite vegetal Usado) .....	24
3.8.1.1 Descripción del proceso para la preparación del AVU. ....	24
a) Adquisición y recepción de la materia prima. ....	25
b) Filtrado. ....	25
c) Secado.....	26
d) Enfriamiento.....	26
e) Valoración. ....	27
3.8.2 Flujoograma de proceso para la obtención del metóxido de sodio.....	28
3.8.2.1 Descripción del proceso para la preparación del metóxido de sodio. ....	29
3.8.3 Flujoograma de proceso para la obtención de biodiesel (B100). ....	31

3.8.3.1 Descripción del proceso para la obtención de Biodiesel (B100).....	32
a) Transesterificación. ....	32
b) Reposo 1.....	34
d) Separación 1.....	35
d) Lavado.....	35
e) Reposo 2.....	36
f) Separación 2.....	36
g) Secado.....	37
h) Biodiesel (b100).....	37
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>38</b>
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....</b>	<b>38</b>
4.1 CANTIDAD DE SUBPRODUCTO (GLICERINA).....	38
4.2 CANTIDAD DE ÁCIDO ACÉTICO.....	42
4.3 CANTIDAD DE IMPUREZAS (RESIDUOS DE JABÓN, GLICERINA, METANOL, NAOH, SALES Y CERA).....	46
4.4 CANTIDAD DE AGUA A LA SALIDA DEL LAVADO.....	49
4.5 PH DESPUÉS DE LA PRIMERA TRANSESTERIFICACIÓN.....	53
4.6 DENSIDAD A 15°C - ASTM D1298.....	56
4.7 RENDIMIENTO.....	61
4.7.1 Balance de materiales, aplicado al mejor tratamiento T <sub>9</sub> (60 minutos de transesterificación a 300 rpm).....	65
4.8 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS DEL BIODIESEL (PRODUCTO FINAL) EN LOS TRES MEJORES TRATAMIENTOS.....	66
4.9 COSTOS DE PRODUCCIÓN.....	68
4.9.1 Costo de producción T1 (40 min x 200 rpm).....	69
4.9.2 Costo de producción T2 (40 min x 250 rpm).....	70
4.9.3 Costo de producción T3 (40 min x 300rpm).....	71
4.9.4 Costo de producción T4 (50 min x 200 rpm).....	72
4.9.5 Costo de producción T5 (50 min x 250rpm).....	73
4.9.6 Costo de producción T6 (50 min x 300 rpm).....	74
4.9.7 Costo de producción T7 (60min x 200rpm).....	75
4.9.8 Costo de producción T8 (60 min x 250 rmp).....	76
4.9.9 Costo de producción T9 (60min x 300 rpm).....	77
<b>CAPITULO V.....</b>	<b>78</b>
<b>5 CONCLUSIONES.....</b>	<b>78</b>
<b>CAPÍTULO VI.....</b>	<b>79</b>
<b>6 RECOMENDACIONES.....</b>	<b>79</b>
<b>CAPÍTULO VII.....</b>	<b>81</b>
<b>7 RESUMEN.....</b>	<b>81</b>
<b>CAPÍTULO VIII.....</b>	<b>82</b>

<b>8 SUMMARY</b> .....	<b>82</b>
<b>CAPITULO IX</b> .....	<b>83</b>
<b>9 REFERENCIAS</b> .....	<b>83</b>
9.1 BIBLIOGRAFÍA .....	83
9.2 FUENTES DE INTERNET .....	84
<b>CAPITULO X</b> .....	<b>86</b>
<b>10 ANEXOS</b> .....	<b>86</b>
ANEXO 1 .....	87
Normas inen de biodiesel .....	87
ANEXO 2 .....	94
Reporte de análisis de metanol .....	94
ANEXO 3 .....	95
Hojas de datos de seguridad de hidróxido de sodio .....	95
ANEXO 4 .....	100
Hojas de datos de seguridad del metanol .....	100
ANEXO 5 .....	102
Hojas de datos de seguridad del alcohol isopropílico.....	102
ANEXO 6 .....	105
Hojas de datos de seguridad de fenolftaleína .....	105
ANEXO 7 .....	110
Análisis fisicoquímicos del tratamiento 6 (50minx300rpm) .....	110
ANEXO 8 .....	111
Análisis fisicoquímicos del tratamiento 6 (50minx300rpm) .....	111
ANEXO 9 .....	112
Análisis fisicoquímicos del tratamiento 8 (60minx250rpm) .....	112
ANEXO 10 .....	113
Análisis fisicoquímicos del tratamiento 8 (60minx250rpm) .....	113
ANEXO 11 .....	114
Análisis fisicoquímicos del tratamiento 9 (60min x 300rpm .....	114
ANEXO 12 .....	115
Análisis fisicoquímicos del tratamiento 9 .....	115
ANEXO 13 .....	116
Manual de almacenamiento de biodiesel.....	116
ANEXO 14 .....	124
Glosario, terminología y simbología .....	124
terminología.....	126



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1:</b> PARÁMETROS Y ESPECIFICACIONES DEL BIODIESEL SEGÚN NORMA EUROPEA Y A.S.T.M (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS) .....	6
<b>TABLA 2:</b> NIVELES DE EMISIÓN ATMOSFÉRICA .....	8
<b>TABLA 3:</b> ESPECIFICACIONES DEL NAOH .....	11
<b>TABLA 4:</b> DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ALCOHOL METÍLICO.....	12
<b>TABLA 5:</b> CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL ALCOHOL METÍLICO .....	12
<b>TABLA 6:</b> PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL ÁCIDO ACÉTICO .....	13
<b>TABLA 7:</b> PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL ALCOHOL ISOPROPÍLICO .....	14
<b>TABLA 8:</b> UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y CONDICIONES AMBIENTALES.....	16
<b>TABLA 9:</b> TRATAMIENTOS .....	18
<b>TABLA 10:</b> ESQUEMA DEL ADEVA .....	19
<b>TABLA 11:</b> PARÁMETROS GENERALES PARA LA COLECTA DE AVU .....	25
<b>TABLA 12:</b> DATOS SUBPRODUCTO (GLICERINA), EXPRESADO EN KILOGRAMOS (KG). .....	38
<b>TABLA 13:</b> ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA CANTIDAD DE SUBPRODUCTO (GLICERINA).....	39
<b>TABLA 14:</b> PRUEBA DE TUKEY PARA TRATAMIENTOS DE LA VARIABLE CANTIDAD DE SUBPRODUCTO (GLICERINA) .....	39
<b>TABLA 15:</b> PRUEBA DE DMS PARA EL FACTOR A (TIEMPO DE TRANSESTERIFICACIÓN) DE LA VARIABLE CANTIDAD DE SUBPRODUCTO (GLICERINA) .....	40
<b>TABLA 16:</b> PRUEBA DE DMS PARA EL FACTOR B (RPM) DE LA VARIABLE CANTIDAD DE SUBPRODUCTO (GLICERINA) .....	40
<b>TABLA 17:</b> CANTIDAD DE ÁCIDO ACÉTICO REQUERIDO EN EL PROCESO DE LAVADO (GRAMOS).....	42
<b>TABLA 18:</b> ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA CANTIDAD DE ÁCIDO ACÉTICO .....	43
<b>TABLA 19:</b> PRUEBA DE TUKEY PARA TRATAMIENTOS DE LA VARIABLE CANTIDAD DE ÁCIDO ACÉTICO .....	43

<b>TABLA 20:</b> PRUEBA DE DMS PARA EL FACTOR A (TIEMPO DE TRANSESTERIFICACIÓN - MEZCLA) DE LA VARIABLE CANTIDAD DE ÁCIDO ACÉTICO .....	44
<b>TABLA 21:</b> PRUEBA DE DMS PARA EL FACTOR B (RPM) DE LA VARIABLE CANTIDAD DE ÁCIDO ACÉTICO.....	44
<b>TABLA 22:</b> CANTIDAD DE IMPUREZAS GENERADAS EN LA SEGUNDA SEPARACIÓN (KILOGRAMOS) .....	46
<b>TABLA 23:</b> ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA CANTIDAD DE IMPUREZAS .....	46
<b>TABLA 24:</b> PRUEBA DE TUKEY PARA TRATAMIENTOS DE LA VARIABLE CANTIDAD DE IMPUREZAS .....	47
<b>TABLA 25:</b> PRUEBA DE DMS PARA EL FACTOR A. (TIEMPO DE TRANSESTERIFICACIÓN - MEZCLA) DE LA VARIABLE CANTIDAD DE IMPUREZAS .....	47
<b>TABLA 26:</b> PRUEBA DE DMS PARA EL FACTOR B (RPM) DE LA VARIABLE CANTIDAD DE IMPUREZAS .....	48
<b>TABLA 27:</b> CANTIDAD DE AGUA CON IMPUREZAS DESPUÉS DEL SEGUNDO REPOSO (KILOGRAMOS) .....	49
<b>TABLA 28:</b> ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA CANTIDAD DE AGUA A LA SALIDA DEL LAVADO	50
<b>TABLA 29:</b> PRUEBA DE TUKEY PARA TRATAMIENTOS DE LA VARIABLE CANTIDAD DE AGUA A LA SALIDA DEL LAVADO .....	50
<b>TABLA 30:</b> PRUEBA DE DMS PARA EL FACTOR A (TIEMPO DE TRANSESTERIFICACIÓN - MEZCLA) DE LA VARIABLE CANTIDAD DE AGUA A LA SALIDA DEL LAVADO .....	51
<b>TABLA 31:</b> PRUEBA DE DMS PARA EL FACTOR B. (RPM) DE LA VARIABLE CANTIDAD DE AGUA A LA SALIDA DEL LAVADO .....	51
<b>TABLA 32:</b> PH DESPUÉS DE LA PRIMERA SEPARACIÓN.....	53
<b>TABLA 33:</b> ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PH DESPUÉS DE TRANSESTERIFICACIÓN .....	53
<b>TABLA 34:</b> PRUEBA DE TUKEY PARA TRATAMIENTOS DE LA VARIABLE DEL PH DESPUÉS DE TRANSESTERIFICACIÓN .....	54
<b>TABLA 35:</b> PRUEBA DE DMS PARA EL FACTOR A. (TIEMPO DE TRANSESTERIFICACIÓN - MEZCLA) DE LA VARIABLE PH DESPUÉS DE TRANSESTERIFICACIÓN .....	54

<b>TABLA 36:</b> PRUEBA DE DMS PARA EL FACTOR B. (RPM) DE LA VARIABLE pH DESPUÉS DE TRANSESTERIFICACIÓN .....	55
<b>TABLA 37:</b> DENSIDAD AL PRODUCTO TERMINADO, EVALUADO A 15°C (G/CM3).....	56
<b>TABLA 38:</b> ANÁLISIS DE VARIANZA DE DENSIDAD A 15°C .....	57
<b>TABLA 39:</b> PRUEBA DE TUKEY PARA TRATAMIENTOS DE LA VARIABLE DENSIDAD A 15°C	57
<b>TABLA 40:</b> PRUEBA DE DMS PARA EL FACTOR A. (TIEMPO DE TRANSESTERIFICACIÓN - MEZCLA) DE LA VARIABLE DENSIDAD A 15°C .....	58
<b>TABLA 41:</b> PRUEBA DE DMS PARA EL FACTOR B. (RPM) DE LA VARIABLE DENSIDAD A 15°C .....	58
<b>TABLA 42:</b> RENDIMIENTO DEL METILÉSTER EXPRESADO EN PORCENTAJE (%).....	61
<b>TABLA 43:</b> ANÁLISIS DE VARIANZA DEL RENDIMIENTO .....	61
<b>TABLA 44:</b> PRUEBA DE TUKEY PARA TRATAMIENTOS DE LA VARIABLE RENDIMIENTO .....	62
<b>TABLA 45:</b> PRUEBA DE DMS PARA EL FACTOR A (TIEMPO DE TRANSESTERIFICACIÓN - MEZCLA) DE LA VARIABLE RENDIMIENTO .....	62
<b>TABLA 46:</b> PRUEBA DE DMS PARA EL FACTOR B (RPM) DE LA VARIABLE RENDIMIENTO...	62
<b>TABLA 47:</b> RESULTADOS DE ANÁLISIS DE BIODIESEL SEGÚN: NTE INEN 2 482: 2009 TRATAMIENTO T6 A2B3 (50 MIN X 300 RPM) .....	66
<b>TABLA 48:</b> RESULTADOS DE ANÁLISIS DE BIODIESEL SEGÚN: NTE INEN 2 482: 2009 TRATAMIENTO T8 A2B3 (60 MIN X 250 RPM) .....	67
<b>TABLA 49:</b> RESULTADOS DE ANÁLISIS DE BIODIESEL SEGÚN: NTE INEN 2 482: 2009 TRATAMIENTO T9 A2B3 (60 MIN X 300 RPM) .....	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.</b> DIESEL COMERCIAL Vs BIODIESEL .....	7
<b>FIGURA 2.</b> REACCIÓN DE TRANSESTERIFICACIÓN BÁSICA .....	10
<b>FIGURA 3.</b> ESTRUCTURA QUÍMICA DEL ALCOHOL ISOPROPÍLICO.....	13
<b>FIGURA 4.</b> REACTOR DE MEZCLA .....	15
<b>FIGURA 5.</b> POTENCIÓMETRO DIGITAL (2011-09-10).....	21
<b>FIGURA 6.</b> TIRAS REACTIVAS DE pH (2011-09-10).....	21
<b>FIGURA 7.</b> TITULACIÓN DEL BIODIESEL ANTES DEL LAVADO (2011-09-12).....	22
<b>FIGURA 8.</b> DETERMINACIÓN DE CANTIDAD DE IMPUREZAS (2011-09-05).....	23
<b>FIGURA 9.</b> BALANZA ANALÍTICA CON PRECISIÓN 0.5G .....	23
<b>FIGURA 10.</b> RECEPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA (2011-09-01) .....	25
<b>FIGURA 11.</b> CARCASA DE FILTRO DE CARBÓN ACTIVO (2011-09-16).....	26
<b>FIGURA 12.</b> ELEMENTO CARBÓN ACTIVO (2011-09-16) .....	26
<b>FIGURA 13.</b> VALORACIÓN DE AVU (2011-09-16).....	28
<b>FIGURA 14.</b> PREPARACIÓN DEL METÓXIDO DE SODIO (2011-09-16) .....	29
<b>FIGURA 15:</b> PROCESO GENERAL DE TRANSESTERIFICACIÓN .....	32
<b>FIGURA 16.</b> PROCESO DE TRANSESTERIFICACIÓN (2011-09-16).....	33
<b>FIGURA 17:</b> PANEL DE INGRESO DE DATOS AL SOFTWARE .....	33
<b>FIGURA 18.</b> INGRESO DE DATOS EN EL SOFTWARE (2011-09-16).....	34
<b>FIGURA 19.</b> DESCARGA DESPUÉS DE TRANSÉSTERIFICAR (2011-09-16) .....	34
<b>FIGURA 20.</b> MUESTRA DEL PRODUCTO EN REPOSO, DESPUÉS DE LA REACCIÓN (2011-10-11) .....	34
<b>FIGURA 21.</b> SEPARACIÓN DEL METILÉSTER (2011-11-02) .....	35
<b>FIGURA 22.</b> LAVADO DE BIODIESEL (2012-01-18).....	36
<b>FIGURA 23.</b> MUESTRA DEL METILÉSTER EN REPOSO DESPUÉS DEL LAVADO (2012-01-18)	36
<b>FIGURA 24.</b> PRODUCTO FINAL BIODIESEL B (100) (2012-02-28) .....	37
<b>FIGURA 25.</b> INTERACCIÓN DE LOS FACTORES: A (TIEMPO DE TRANSESTERIFICACIÓN) Y B (RPM). PARA LA VARIABLE CANTIDAD DE SUBPRODUCTO (GLICERINA) .....	41
<b>FIGURA 26.</b> CANTIDAD DE SUBPRODUCTO GLICERINA .....	42
<b>FIGURA 27.</b> INTERACCIÓN DE LOS FACTORES: A (TIEMPO DE TRANSESTERIFICACIÓN - MEZCLA) Y B (RPM). PARA LA VARIABLE CANTIDAD DE ÁCIDO ACÉTICO .....	45
<b>FIGURA 28.</b> CANTIDAD DE ÁCIDO ACÉTICO .....	45
<b>FIGURA 29.</b> INTERACCIÓN DE LOS FACTORES: A (TIEMPO DE TRANSESTERIFICACIÓN - MEZCLA) Y B (RPM). PARA LA VARIABLE CANTIDAD DE IMPUREZAS.....	48
<b>FIGURA 30.</b> CANTIDAD DE IMPUREZAS .....	49

<b>FIGURA 31.</b> INTERACCIÓN DE LOS FACTORES: A (TIEMPO DE TRANSESTERIFICACIÓN - MEZCLA) Y B (RPM) PARA LA VARIABLE CANTIDAD DE AGUA A LA SALIDA DEL LAVADO .....	52
<b>FIGURA 32.</b> CANTIDAD DE AGUA A LA SALIDA DEL LAVADO .....	52
<b>FIGURA 33.</b> INTERACCIÓN DE LOS FACTORES: A (TIEMPO DE TRANSESTERIFICACIÓN - MEZCLA) Y B (RPM). PARA LA VARIABLE pH DESPUÉS DE TRANSESTERIFICACIÓN.....	55
<b>FIGURA 34.</b> pH DESPUÉS DE TRANSESTERIFICACIÓN.....	56
<b>FIGURA 35.</b> INTERACCIÓN DE LOS FACTORES: A (TIEMPO DE TRANSESTERIFICACIÓN - MEZCLA) Y B (RPM) PARA LA VARIABLE DENSIDAD A 15°C .....	59
<b>FIGURA 36.</b> DENSIDAD A 15°C (G/CM <sup>3</sup> )._ ASTM D1298. EN (B100) .....	60
<b>FIGURA 37.</b> INTERACCIÓN DE LOS FACTORES: A (TIEMPO DE TRANSESTERIFICACIÓN - MEZCLA) Y B (RPM) PARA LA VARIABLE RENDIMIENTO .....	63
<b>FIGURA 38.</b> RENDIMIENTO DEL BIODIESEL .....	64

# **CAPÍTULO I**

## **1 INTRODUCCIÓN**

La contaminación producida actualmente por las emanaciones de los motores a combustión, utilizados tanto en: fábricas, empresas, industrias, así como también en los vehículos tanto livianos como pesados, ha contribuido enormemente al calentamiento global. Convirtiéndose en un factor sumamente preocupante, y más aún cuando, más del 70% del parque automotor en nuestro país, son vehículos que no cumplen con los permisos de funcionamiento, estipulados por el Ministerio del Ambiente y la Copiarc. Lo cual ha conllevado, a que cada vez más, se contribuya a la contaminación ambiental y consecuentemente al calentamiento global.

A más de lo expuesto anteriormente, la globalización y el consumismo conjuntamente con un ritmo de vida acelerado de las personas, han hecho que cada vez más se opte por el consumo de comida rápida. Lo cual ha llevado a que, empresas, microempresas, restaurantes, hoteles y todo tipo de puestos de comida rápida, desarrollen varios productos alimenticios derivados de las frituras.

Esto ha creado una alta demanda de aceites comestibles. Los cuales luego de ser utilizados, lamentablemente no tienen un tratamiento adecuado para su eliminación, por cuanto son vertidos a las redes de aguas de desecho municipales, vertederos, rellenos sanitarios, cuerpos de aguas naturales. Contribuyendo de esta manera aún más a la contaminación ya existente. Imbabura no es la excepción ante este consumismo, y más aún cuando gran parte de economía, es gracias al turismo, un turismo que está basado en una variada gastronomía, en la cual necesariamente están presentes variados platos típicos a base de frituras.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 GENERAL**

- Determinar los parámetros óptimos para la producción de biodiesel (*B100*)\* a partir del aceite vegetal usado en fritura.

### **1.1.2 ESPECÍFICOS**

- Establecer el proceso de obtención de Biodiesel (B100).
- Determinar los parámetros óptimos (revoluciones por minuto y tiempo de mezclado durante la reacción de transesterificación), para la obtención de Biodiesel “B100”
- Realizar los análisis físico-químicos respectivos, contenidos en la NTE INEN 2482 : 2009 para biodiesel “B100” (densidad a 15°C, contenido de agua y sedimentos, viscosidad cinemática a 40°C, % Cenizas sulfatadas, % carbón residual, Corrosión lámina de cobre, número de cetano, % de glicerina libre, % glicerina total, y Número de acidez), para validar la calidad del biodiesel “B100”, en los tres mejores tratamientos.
- Determinar el rendimiento del biodiesel “B100”, por medio de un balance de materiales.

\* Abreviatura reconocida por el reglamento técnico centroamericano (RTCA 75.02.43:07)

## **1.2 HIPÓTESIS**

**Ho:** Las intensidad de agitación en el reactor y el tiempo en la etapa de transesterificación no influyen en el proceso de obtención de Biodiesel “B100”.

**Hi:** La intensidad de agitación en el reactor y el tiempo en la etapa de transesterificación influyen en el proceso de obtención de Biodiesel “B100”.



## **CAPITULO II**

### **2 REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **2.1 BIODIESEL**

##### **2.1.1 DEFINICIÓN**

“Se denomina biodiesel, en general, a los ésteres metílicos de ácidos grasos obtenidos a partir de aceites o grasas de origen vegetal o animal, y un alcohol, metanol, en presencia de un catalizador básico, mediante un proceso llamado transesterificación”. (Climent Olmedo, Morera Bertomeu, & Iborra Chornet, 2008, pág. 58).

Otra definición desde el punto de vista de la normativa INEN.

“Biodiesel es un combustible compuesto de mezclas de ésteres mono alquílicos de ácidos grasos de cadenas de carbonos medias y largas derivadas de aceites vegetales o grasas animales”. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2009)

##### **2.1.2 PROPIEDADES BIODIESEL (B100)**

El valor de las propiedades de este biocombustible depende de la proporción y clase de los metil o etil ésteres que lo forman; es decir, del aceite y del alcohol que le dieron origen. Dado que el Biodiesel se obtiene por medio de una reacción química, además de medir propiedades como las que se le exigen al gasoil hay que medir aquellas que describen la composición química y pureza de la mezcla de los ésteres alquílicos de los ácidos grasos.

Por otro lado, hay propiedades que no son exigidas por las normas pero son de interés dado que permiten seguir el proceso productivo; por ejemplo, las propiedades dieléctricas.

La medición de la permitividad y las pérdidas dieléctricas en la materia prima, en las distintas etapas de proceso de fabricación del Biodiesel y en los efluentes, provee información sobre la eficiencia del pre-tratamiento del aceite vegetal usado, de la reacción química y de los lavados y es parte del trabajo que se realiza en la presente investigación.

**Fuente:** <<https://www.fing.edu.uy/archivos/biodiesel/clase-9.pdf>> [25/01/15]

### **2.1.3 PARÁMETRO Y ESTÁNDARES DEL BIODIESEL (B100) SEGÚN LAS NORMATIVAS VIGENTES**

En la tabla que se muestra a continuación, pueden observarse los estándares establecidos por el C.E.N (Comité Europeo de Normalización) -a quien pertenecen además de los países integrantes a la Unión Europea, Islandia, Noruega y Suiza – y reflejados en la Norma EN 14214, aplicables al Biodiesel.

A título de comparación, se muestran además, los valores fijados por la norma vigente de los Estados Unidos de Norteamérica, A.S.T.M D 6751-02 que como se podrá ver difieren ligeramente de la norma Europea, e inclusive pasan por alto algunos parámetros de medición.

**TABLA 1:** Parámetros y especificaciones del biodiesel según norma europea y A.S.T.M (American Society For Testing And Materials)

Parámetro	Unidad	Especificaciones	
		EN 14214-03	A.S.T.M D 6751 -02
Contenido de ésteres	% masa	Mín. 96,5	-----
Densidad a 15 °C	g/cm <sup>3</sup>	0,86 – 0,90	-----
Viscosidad cinemática a 40 °C	mm <sup>2</sup> /s	3,50 – 5,00	1,90 – 6,00
Punto de Inflamación	°C	Mín. 120	Mín. 130
Punto de obstrucción de filtro frío (P.O.F.F)	°C verano	Máx. 0	-----
	°C invierno	Máx. -20	-----
Azufre total	% masa	Máx. 0,001	Máx. 0,05
Residuo carbonoso Conradson al 100%	% masa	Máx. 0,05	Máx. 0,05
Número de cetano	----	Mín. 51	Mín. 47
Contenido en cenizas	% masa	Máx. 0,03	Máx. 0,02
Contenido en agua	mg/Kg.	Máx. 500	-----
Agua y sedimentos	% volumen	-	Máx. 0,05
Corrosión al cobre (3h/50 °C)	Grado de Corrosión	Máx. 1	Máx. 3
Estabilidad a la oxidación	Horas	Mín. 6	-----
Índice de acidez	mg KOH/g	Máx. 0,50	Máx. 0,80
Contenido en metanol	% masa	Máx. 0,20	-----
Contenido en monoglicéridos	% masa	Máx. 0,80	-----
Contenido en diglicéridos	% masa	Máx. 0,20	-----
Contenido en triglicéridos	% masa	Máx. 0,20	-----
Glicerol libre	% masa	Máx. 0,02	Máx. 0,02
Glicerol ocluido	% masa	Máx. 0,23	-----
Glicerol total	% masa	Máx. 0,25	Máx. 0,24
Índice de yodo	----	Máx. 120	-----
Fósforo	ppm.	Máx. 10	Máx. 10
Sales Metálicas (Na+K)	mg/Kg.	Máx. 5	-

**Fuente:** National Standard for Biodiesel, Enviroment Australia. March 2003

## 2.1.4 COMPARACIÓN DE EMISIÓN DE CO<sub>2</sub>

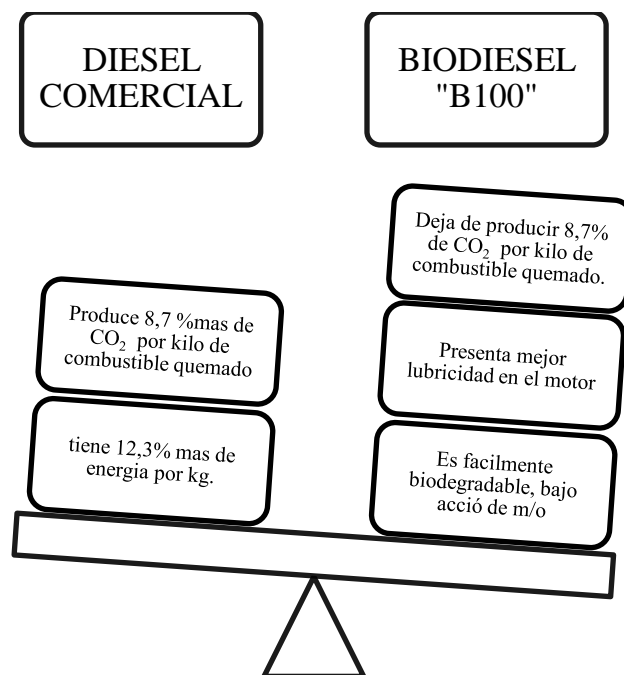


FIGURA 1. Diesel comercial Vs Biodiesel

Fuente: los autores

## 2.1.5 VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL BIODIESEL (B100)

Según (Climent Olmedo, Morera Bertomeu, & Iborra Chornet, 2008, págs. 63, 64).

Las ventajas e inconvenientes:

Las principales **ventajas** del uso de biodiesel en comparación con el gasóleo son *medioambientales*:

- El biodiesel produce menos emisiones de:
- Monóxido de carbono
- Partículas solidas
- Hidrocarburos aromáticos (Hc)
- Dióxido de carbono. Se considera que el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) emitido a la atmosfera durante lo combustión del mismo que el absorbido por la planta durante su desarrollo, por lo que, la combustión de biodiesel no contribuye al efecto invernadero. Sin embargo, la obtención de biodiesel no es directa y en el proceso de su preparación, requiere energía y emite dióxido de carbono, aunque en menor proporción.
- Óxido de azufre. El biodiesel no contiene azufre.
- En la tabla 2.1 se comparan las emisiones de la combustión del gasóleo con las de una mezcla de biodiesle de 30 y 100 %(Fuente: A.L- Boehman et al. *Fuel processing Technology*, 2007).

## 2.1.6 COMPARACIÓN DE LOS NIVELES DE EMISIÓN ATMOSFÉRICA PARA EL GASÓLEO Y EL BIODIESEL

**TABLA 2:** Niveles de emisión atmosférica

<b>Emisión</b>	<b>Biodiesel 100 % (kg/100 km)</b>	<b>Biodiesel 30 % (kg/100 km)</b>	<b>Gasóleo (kg/100 km)</b>
CO	0,37	0,43	0,46
Hc	0,03	0,04	0,04
NO2	2,73	3,37	3,64
Partícula (s)	0,62	1,48	1,85
CO2	0,87	3,53	4,67
SO2	0	1,14	1,62

- Como puede observarse el biodiesel no emite a la atmosfera óxido de azufre y, en general, no tiene unos niveles de emisión de gases inferiores a los del gasóleo.
- Es biodegradable. Esta propiedad, evita la posibilidad de causar impactos medioambientales importantes en el caso de vertidos accidentales. Los estudios llevados a cabo de su degradación han mostrado que en disolución acuosa su degradación es del 95% después de 28 días, mientras que el gasóleo, en el mismo tiempo, solo se degrada en un 40%.
- No es toxico
- Es muy buen lubricante
- Presenta elevados puntos de ebullición e inflamación ( $T > 100^{\circ}\text{C}$ ) además de una extremada bajada presión de vapor, que hacen que se presente una elevada seguridad en su manejo y almacenamiento.
- Es compatible con la mayoría de motores diésel actualmente comercializados.
- Se obtiene a partir de una fuente renovable (biomasa), potencialmente inagotable.
- El hecho de utilizar cultivos (plantas oleaginosas) como materia prima para la producción de biocarburantes evita la erosión o degradación de suelos que podrían ser abandonados por no ser rentables económicamente.
- Su uso como fuente energética mejora la autosuficiencia energética regional, puesto que se pueden cultivar especies oleaginosas que produzcan aceites en cualquier parte del mundo. Esto contribuye a disminuir la dependencia del petróleo, localizado en zonas muy concretas y que históricamente han estado en conflicto sociopolítico.

Entre los **inconvenientes** del biodiesel como combustible destaca que.

- Desprende menor cantidad de energía que el gasóleo en la combustión (aproximadamente un 10 %), por lo que el consumo del carburante se ve incrementado. Así, un automóvil requiere 0.92 litros de gasoil o un litro de biodiesel.
- La calidad del arranque en frío es menor, debido a que la densidad y la viscosidad del biodiesel es mayor.
- Actualmente el biodiesel no está reconocido como alternativa definitiva y los motores de los automóviles no han sido totalmente optimizados para su uso.
- Se degrada más fácilmente que el diésel por ser hidrófilo. Por tanto, se requiere una planificación de su producción, manipulación y almacenamiento. Debe evitarse un almacenamiento superior a los seis meses.
- Se necesita utilizar metanol, que actualmente es un derivado del petróleo, para su obtención.

- Aunque existe controversia con respecto al balance energético, (relación entre la energía que produce su combustión y la energía que se requiere para su obtención), trabajos de investigación recientes (D.pimentel Et al. *KNatural Resources Reaserch*, 14, 65, 2005; M. Frondel and J.Peters, *Energy Policy* 35, 1675, 2007) indican que este es negativo.
- Producir biodiesel es más caro que producir gasóleo, puesto que en su obtención, se requiere extraer el aceite del material vegetal, transésterificar con metanol, purificar, y finalmente secar los ésteres metílicos.
- Se requieren grandes cantidades de cultivos, puesto que de toda la planificación solo se consigue un 7% de combustible.
- Dedicar cultivos a la producción de biodiesel podría llegar a competir con los cultivos dedicados a la alimentación, sobre todo en países en vías de desarrollo.

## 2.2 ACEITES VEGETALES USADOS (AVU)

Son aceites generados por los diferentes usuarios (Restaurantes, kioscos de comida rápida, o en nuestros hogares, etc.)

## 2.3 USOS DEL AVU

- a) Para la elaboración de Margarinas
- b) Elaboración de Jabones y agentes de limpieza
- c) Materia prima para la elaboración de biodiesel

**Fuente:** (Fernández Ruiz, 2011)

## 2.4 GLICERINA

El glicerol, también conocido como glicerina o 1, 2,3 propanotriol, es un compuesto alcohólico con tres grupos –OH (hidroxilos). La palabra glicerol, procede del griego Glykos, que significa dulce. Posee un aspecto de líquido viscoso, no tiene color, pero si un característico olor, además de un sabor dulzón. Además el glicerol es un compuesto higroscópico, lo que quiere decir que tiene la capacidad de ceder o absorber la humedad presente en el medio ambiente que lo rodea. Además es fácilmente soluble en agua, y se descompone en ebullición, en la cual entra a una temperatura de 290°C. Es un compuesto líquido si se encuentra a temperatura ambiente, (a unos 25°C)

**Fuente:** <<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/601a700/nsn0624.pdf>> [25/01/2015]

(Puetate Castro & Maldonado Ponce, 2013), encontraron que:

Es un líquido espeso, neutro, de sabor dulce, que al enfriarse se vuelve gelatinoso al tacto y a la vista, y que tiene un punto de ebullición alto. La glicerina es también altamente "hidroscópica", lo que significa que absorbe el agua del aire; de tal manera favorece a mantener humectada la piel.

## 2.5 TRANSESTERIFICACIÓN

Reacción que procede entre un aceite vegetal y un alcohol primario tal como se muestra en la siguiente FIGURA.

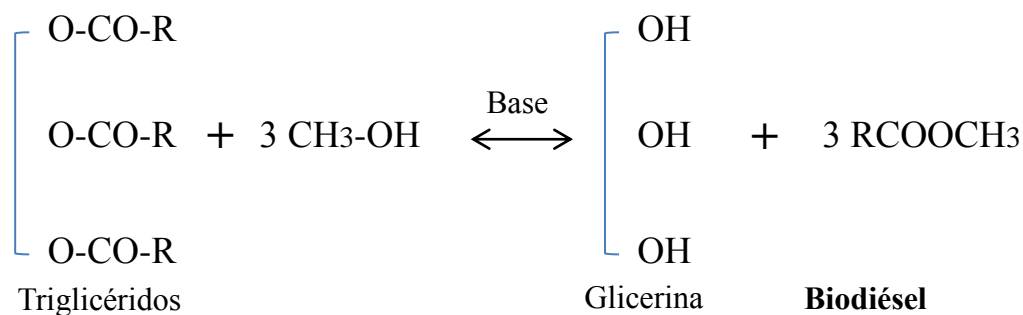


FIGURA 2. Reacción de transesterificación básica

Fuente: (Química orgánica, 2008, pág. 58)

## 2.6 GASES DE EFECTO INVERNADERO

Reciben este nombre aquellos gases que son capaces de absorber radiación infrarroja y colaborar así al calentamiento de la tierra.

Es importante remarcar que es deseable que existan estos gases y el efecto invernadero como tal, para posibilitar entre otras cosas la vida en sus formas actuales. Lo que se considera un proceso problemático y que de hecho viene siendo encarado a nivel internacional es la *intensificación del efecto invernadero natural*, asociado con el incremento anormalmente rápido de los contenidos de tales gases en la atmósfera y de sus consecuencias –reales y posibles- a nivel del clima y de la vida en la Tierra en general.

Entre los gases que colaboran a la intensificación del efecto invernadero son: dióxido de carbono, metano, ozono, óxido nitroso, compuestos sobre la base de clorofluorcarbono, monóxido de carbono, monóxido de nitrógeno y el dióxido de azufre.

El más preocupante de todos ellos es el dióxido de carbono, pues su concentración crece a razón de 0,5% anual, pudiendo llegar a duplicarse al cabo de 100 años. El crecimiento de los niveles de dióxido de carbono se asocia principalmente a la quema de **combustibles fósiles** y a la deforestación masiva. Se lograría muy poco reforestando, pues la mayor incidencia proviene del aporte de las emisiones creadas por el hombre(vehículos, chimeneas, fábricas, etc.).

Fuente: (Polo Collantes, 2008, págs. 1089, 1090, 1091, 1092)

(Adame Romero, 2010), encontró lo siguiente:

Después del CO<sub>2</sub> el metano es el gas que provoca el efecto invernadero más importante, aunque su concentración en la atmósfera es 200 veces menor que la del CO<sub>2</sub>, una molécula de metano absorbe 23 veces más energía infrarroja que una molécula de CO<sub>2</sub>. (pg 69)

## 2.7 MOTORES A DIESEL

(Montesdeoca Simbaña & Vásquez Cuamacas, 2014) encontró lo siguiente:

El motor diésel es un motor térmico de combustión interna cuya combustión se logra por temperatura elevada que produce la compresión del aire en el interior del cilindro. No podemos evitar la cita histórica de un año 1897, y de un personaje, Rudolf Diésel, que corresponde al año en que este parisino de nacimiento y alemán de formación, obtuvo los primeros resultados con un motor de combustión interna que usaba gas-oíl como combustible.

## 2.8 HIDRÓXIDO DE SODIO

**TABLA 3:** Especificaciones del NaOH

Nombre Técnico	Formula molecular	Peso molecular:	Propiedades físicas:	Propiedades Químicas:	Preparación usar :
Hidróxido de Sodio	NaOH	40g/mol	<i>Color:</i> blanco (en sólido como lenteja)  <i>Olor:</i> inodoro  <i>Estado:</i> Sólido o en solución.	<i>Función química:</i> Hidróxido <i>Tipo de reacción:</i> Corrosiva, exotérmica.	<i>Disolvente:</i> agua (H <sub>2</sub> O)  <i>Neutralizante:</i> Ácido (HCL preferiblemente)  <i>Estandarizar frente:</i> F.A.P., ácido benzoico, o yodato ácido de potasio

Es un sólido blanco, higroscópico (absorbe humedad del aire), que corroe la piel y se disuelve muy bien en el agua liberando una gran cantidad de calor. Generalmente se utiliza en forma sólida o en solución. El hidróxido de sodio es uno de los principales compuestos químicos utilizados en la industria. Por ejemplo, es ampliamente utilizado en la fabricación de papel, en la industria del algodón, en la industria textil, en la fabricación de jabón y en la fabricación de muchos otros productos químicos.

**Fuente:** <<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/301a400/nspn0360.pdf>> [25/01/2015]

## 2.9 ALCOHOL METÍLICO

En varias investigaciones (Climent Olmedo, Morera Bertomeu, & Iborra Chornet, 2008, pág. 64) concluyeron que:



El metanol (CH<sub>3</sub>OH) se conoce también como *alcohol de madera* porque originalmente se obtenía de la destilación de la madera en ausencia de aire (condiciones anaerobias). Actualmente, a nivel industrial se obtiene a partir del gas de síntesis.

**TABLA 4:** Descripción general del alcohol metílico

Nombres químicos:	Fórmula:	Descripción:	Usos recomendados:
Alcohol metílico, carbinol, hidróxido de metilo, mono hidroximetano.	CH <sub>3</sub> OH	Es el alcohol más sencillo. En condiciones normales es un líquido incoloro, de escasa viscosidad y de olor y sabor frutal penetrante, miscible en agua y con la mayoría de los solventes orgánicos, muy tóxico e inflamable. El olor es detectable a partir de los 2 ppm. Es considerado como un producto petroquímico básico, a partir del cual se obtienen varios productos secundarios.	Es un disolvente industrial y se emplea como materia prima en la fabricación de formaldehido. El metanol también se emplea como anticongelante en vehículos, disolvente de tintas, tintes, resinas y adhesivos. El metanol puede ser también añadido al etanol para hacer que éste no sea apto para el consumo.

Fuente:< <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/0a100/nsprn0057.pdf>> [25/01/2015]

**TABLA 5:** Características Físico-Químicas del alcohol metílico

Pureza	Densidad	Punto de ebullición	Color APHA	Solubilidad	Acidez acética	Contenido de agua	Punto inflamación
> 99.5 %	0.791 ± 0.003 g/ml	64 - 65 °C	< 5 (Pt - Co)	Soluble en alcoholes, cetónicos, aromáticos y agua. Insoluble en hidrocarburos alifáticos.	< 30 mg/Kg	< 0.03 %	a) 11 °C

Fuente:< <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/0a100/nsprn0057.pdf>> [25/01/2015]

## 2.10 ÁCIDO ACÉTICO

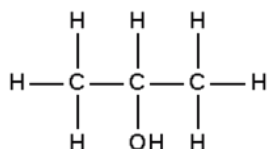
**TABLA 6:** Propiedades físicas y químicas del ácido acético

Fórmula	Sinónimos	Apariencia y color	Peso molecular	Punto de ebullición	Peso específico (agua=1)	Punto de fusión
CH <sub>3</sub> COOH	Vinagre, Ácido etanoico, etil acetato, Ácido acético glacial	Es un líquido o sólido incoloro, con un picante olor vinagre. Tiene un fuerte sabor ácido.	60.05	118.1 °C	1.04920/4	16.7 °C

**Fuente:** <<http://www.ladep.es/ficheros/documentos/ácido%20acetico%20ficha%20tecnica%20internacional.pdf>> [25/01/2015]

## 2.11 ALCOHOL ISOPROPÍLICO

Alcohol isopropílico, también llamado 2-propanol, propan-2-ol, es un alcohol incoloro, inflamable, con un olor intenso y muy miscible con el agua. Su fórmula química semidesarrollada es H<sub>3</sub>C-HCOH-CH<sub>3</sub> y es el ejemplo más sencillo de alcohol secundario, donde el carbono del grupo alcohol está unido a otros dos carbonos. Es un isómero del propanol. Otros nombres: 2-propanol, isopropanol, dimetil carbinol, alcohol propílico, secundario y alcohol seudopropílico



**FIGURA 3.** Estructura química del alcohol isopropílico

Muy utilizado en la limpieza de lentes de objetivos fotos y contactos de aparatos electrónicos, ya que no deja marcas y es de rápida evaporación.

Su obtención se da por medio de la oxidación del propileno con ácido sulfúrico o por hidrogenación de la acetona.

**Fuente:** <<http://sct.uab.cat/l-amb-controlat/sites/sct.uab.cat.l-amb-controlat/files/Alcohol%20Isoprop%C3%ADlic.pdf>> [25/01/2015].

**TABLA 7:** Propiedades físicas y químicas del alcohol isopropílico

DATO	DESCRIPCIÓN
Fórmula semidesarrollada	CH <sub>3</sub> CH(OH)CH <sub>3</sub>
Fórmula estructural	Ver FIGURA 3
Fórmula molecular	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O
Número CAS	67-63-0 <sup>1</sup>
Número RTECS	NT8050000
Estado de agregación	Líquido
Apariencia	Incoloro
Densidad	786,3 kg/m <sup>3</sup> ; 0.7863 g/cm <sup>3</sup>
Masa molar	60.09 g/mol
Punto de fusión	185 K (-88 °C)
Punto de ebullición	355 K (82 °C)
Temperatura crítica	508 K (235 °C)
Presión crítica	47 atm
Viscosidad	2,86 cP a 288 K (15 °C) 2,08 cP a 298 K (25 °C) 1,77 cP a 303 K (30 °C)
Índice de refracción	1,3756 (20 °C)
Momento dipolar	1,66 D
Calor específico	0,65 cal/g
Punto de inflamabilidad	285 K (12 °C)

**Fuente:** <<http://sct.uab.cat/l-amb-controlat/sites/sct.uab.cat/l-amb-controlat/files/Alcohol%20Isoprop%C3%ADlic.pdf>> [25/01/2015].

## 2.12 METÓXIDO DE SODIO

El metóxido de sodio (o metilato de sodio) es un compuesto orgánico de fórmula CH<sub>3</sub>ONa.

La reacción es tan exotérmica que incluso la ignición es posible. La solución resultante, que es incolora, se emplea frecuentemente como fuente de metóxido de sodio, pero el material puro puede aislarse por evaporación seguida de calentamiento para eliminar el metanol residual.

El metóxido de sodio es una base de rutina en química orgánica, aplicable a la síntesis de numerosos compuestos, como fármacos y agroquímico.

### 2.12.1 APLICACIONES INDUSTRIALES

Se usa como iniciador de la polimerización aniónica con óxido de etileno, formando un poliéster con una alta masa molecular. El biodiesel se prepara de aceites vegetales y grasas animales (es decir, triglicéridos de ácidos grasos) por transesterificación con metanol para

obtener metilésteres de ácidos grasos (fatty acid methyl ésters, FAMES). Esta transformación se cataliza con metóxido de sodio.

### **2.12.2 SEGURIDAD**

El metóxido de sodio es altamente cáustico y su hidrólisis produce metanol, que es tóxico y volátil.

### **2.13 REACTOR DE MEZCLA**

Prototipo de investigación diseñado para investigar el proceso de obtención de Biodiesel. Este equipo está dotado de un sistema de sensores que están conectados a un panel de control, en el cual se pueden realizar variaciones de los controles y llevar un registro de todas las señales captadas y emitidas por los sensores.



**FIGURA 4.** Reactor de mezcla

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO

El experimento se realizó en el laboratorio de la escuela de ingeniería agroindustrial de la Universidad Técnica del Norte, cuya ubicación geográfica y condiciones ambientales se muestran en la siguiente TABLA:

**TABLA 8:** Ubicación geográfica y condiciones ambientales

<b>Ubicación</b>	
PROVINCIA	Imbabura
CANTÓN	Ibarra
PARROQUIA	El Sagrario
<b>Características Climáticas</b>	
TEMPERATURA	17.4 °C
ALTITUD	2250 m.s.n.m.
HUMEDAD RELATIVA	73 %
PLUVIOSIDAD	550.3 mm/año
LATITUD	0 ° 20" Norte
LONGITUD	78° 08" Oeste

**Fuente:** Departamento de Meteorología de la Dirección de Aviación Civil Aeropuerto Militar Atahualpa de la ciudad de Ibarra.

#### 3.2 MATERIALES Y EQUIPO

##### 3.2.1 MATERIA PRIMA E INSUMOS

- Aceite vegetal usado
- Alcohol metílico
- Hidróxido de sodio

- Agua
- Ácido acético
- Alcohol isopropílico

### **3.2.2 MATERIALES DE LABORATORIO**

- Vaso de precipitación de 200 ml
- Bureta de 25 ml
- Soporte universal
- Pinzas doble nuez
- Matraz quitazato
- Varilla de agitación
- Papel filtro
- Embudo de separación

### **3.2.3 EQUIPOS**

- Mascarilla
- Guantes de látex
- Gafas
- Traje especial de caucho
- Reactor de mezcla
- Bomba de succión
- Cocina eléctrica
- Balanza analítica
- Potenciómetro
- Termocupla

## **3.3 MÉTODOS**

La metodología se basó en:

### 3.3.1 INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA.

### 3.3.2 INVESTIGACIÓN TEÓRICA CONCEPTUAL

Estudiar las reacciones químicas para producir un combustible ecológico llamado Biodiesel a partir de los AVU.

### 3.3.3 DETERMINACIÓN DE CRITERIOS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO PARA BIODIESEL.

El ensayo se realizó con el AVU de los locales relevantes de la ciudad de Ibarra

### 3.3.4 FACTORES EN ESTUDIO

FACTORES	NIVELES
<b>A: Tiempo de transesterificación (mezcla)</b>	
40 minutos	A1
50 minutos	A2
60 minutos	A3
<b>B: Intensidad de mezcla (RPM).</b>	
200 rpm	B1
250 rpm	B2
300 rpm	B3

### 3.3.5 TRATAMIENTOS

TABLA 9: Tratamientos

TRATAMIENTOS	FACTOR A Tiempo de transesterificación (mezcla)	FACTOR B: rpm del agitador de mezcla	COMBINACIONES
T1	A1 = 40 minutos	B1 = 200 rpm	A1B1
T2	A1 = 40 minutos	B2 = 250 rpm	A1B2
T3	A1= 40 minutos	B3 = 300 rpm	A1B3
T4	A2 = 50 minutos	B1 = 200 rpm	A2B1
T5	A2 = 50 minutos	B2 = 250 rpm	A2B2
T6	A2= 50 minutos	B3 = 300 rpm	A2B3
T7	A3 = 60 minutos	B1 = 200 rpm	A3B1
T8	A3 = 60 minutos	B2 = 250 rpm	A3B2
T9	A3= 60 minutos	B3 = 300 rpm	A3B3

## 3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

### 3.4.1 TIPO DE DISEÑO

En esta investigación se utilizará el diseño completo al azar con arreglo factorial AxB.

### 3.4.2 CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO

Número de repeticiones	Tres (3)
Número de tratamientos	Nueve (9)
Número de unidades experimentales	Veinte y siete (27)

### 3.4.3 UNIDAD EXPERIMENTAL

Cada unidad experimental tendrá un volumen de 40000 ml de AVU.

### 3.4.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

**TABLA 10:** Esquema del ADEVA

<b>F de V</b>	<b>GI</b>
Total	26
Tratamientos	8
Factor A	2
Factor B	2
Factor AxB	4
Error Experimental	18

## 3.5 ANÁLISIS FUNCIONAL

Detectada la diferencia significativa en los tratamientos se realizó la prueba de TUKEY al 5% para tratamientos; DMS para factores (A y B); y GRÁFICOS para interacciones.

## 3.6 VARIABLES EVALUADAS

### 3.6.1 VARIABLES CUANTITATIVAS

#### a) Proceso

- Cantidad de subproducto (glicerina).
- pH luego de la transesterificación
- Cantidad de ácido acético (vinagre).



- Cantidad de impurezas.
- Cantidad de agua a la salida del lavado.

**b) Producto terminado**

- Densidad a 15°C (kg/m<sup>3</sup>).- ASTM D 1298
- Rendimiento.

**3.6.2 ANÁLISIS ADICIONALES**

- a) % Cenizas sulfatadas.- ASTM D 874
- b) % Carbón residual.- ASTM D 4530
- c) Corrosión lámina de cobre.- ASTM D 130
- d) Numero de cetano.- ASTM D 613
- e) % Contenido de glicerina libre.- ASTM D 6584
- f) % Glicerina total.- ASTM D 6584
- g) Contenido de Na (mg/kg).- EN 14108
- h) Numero de acidez (mg KOH/g).- ASTM D 664.
- i) % Agua y sedimento.- ASTM D 1796
- j) Viscosidad cinemática a 40°C (mm<sup>2</sup>/S).- ASTM D 445

**3.7 MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO**

**3.7.1 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE ANÁLISIS DE LAS VARIABLES CUANTITATIVAS FÍSICO-QUÍMICAS:**

**3.7.1.1 Durante el proceso**

Se determinó la cantidad de subproducto (glicerina), pH luego de la transesterificación, cantidad de ácido acético (vinagre), cantidad de impurezas y cantidad de agua a la salida del lavado.

**a) Cantidad de subproducto (glicerina)**

Se realizó al finalizar el primer reposo luego de la transesterificación, logrando así una separación bien definida. Para lo cual se tomó la cantidad de glicerina obtenida de la

separación y se colocó en una probeta para registrar su valor obtenido. Este parámetro permitió medir la eficiencia de la reacción de transesterificación.

#### **b) pH luego de la transesterificación**

Sirvió como un parámetro de control de calidad del producto y subproducto obtenidos luego del mezclado. Esto se realizó después de la primera separación, con la ayuda de un potenciómetro, paralelamente comparando datos con tiras reactivas de pH. Este valor calculado sirvió para determinar la eficiencia de la reacción.



**FIGURA 5.** Potenciómetro digital (2011-09-10)



**FIGURA 6.** Tiras reactivas de pH (2011-09-10)

**a) Cantidad de ácido acético (vinagre).**- Permitted to know the exact quantity of acid to be used in the solution for the washing. Through a titration equipment the

valoración hasta llegar a la neutralidad del metiléster. Esta cuantificación se la realizó al finalizar la separación metiléster-glicerina.



**FIGURA 7.** Titulación del biodiesel antes del lavado (2011-09-12)

**b) Cantidad de agua a la salida del lavado.-** Su determinó desde el punto de vista de calidad, con una probeta de un litro para conocer la cantidad de impurezas que en ella arrastró, al finalizar el segundo reposo.

**c) Cantidad de impurezas.-** Se midió con una probeta, una vez terminada la etapa de transesterificación, previa separación por decantación. Se procedió a lavar con agua blanda y dejar en reposo, para la separación del metiléster-agua e impurezas. Con los resultados obtenidos se realizó un balance de materiales, para cuantificar el porcentaje de impurezas. Esta variable refleja la eficiencia de la reacción y sirve como un registro para el balance de materiales final de todo el proceso.

Para esta determinación se utilizó la siguiente fórmula, luego de la separación y por diferencia del volumen del metiléster, quedando la diferencia como impurezas:

$$\%I = \left[ \frac{V_f - V_i}{V_f} \right] \times 100$$

**Donde:**

**%I:** porcentaje de impurezas

**Vi:** volumen inicial de metiléster antes del lavado (ml)

**Vf:** volumen final de metiléster después del lavado (ml)



**FIGURA 8.** Determinación de cantidad de impurezas (2011-09-05)

### 3.7.1.2 Producto terminado

a) *Densidad a 15°C (kg/m<sup>3</sup>).*- ASTM D 1298.- Éste parámetro se midió al producto terminado según ASTM D 1298 y utilizando la siguiente fórmula:

**Donde:**

$d$ : densidad a 15°C (g/ml)

$m$ : masa de metil-éster (g)

$v$ : volumen de metil-éster (ml)

**Datos:**

$m = 21,675\text{g}$

$v = 25\text{ ml}$

**Entonces:**

$$d = \frac{m}{v} = \frac{g}{ml} = \frac{21,675g}{25ml} = 0,867 \frac{g}{ml}$$

Su determinación se realizó midiendo la masa de 25 ml de Biodiesel a 15°C, utilizando una balanza electrónica con 0.001 de precisión; un valor bajo de densidad, indica residuo elevado de alcohol metílico. El valor promedio de la masa fue de 21,675 g. Este valor calculado sirvió para determinar la eficiencia de la reacción y llevar un registro de control.



**FIGURA 9.** Balanza analítica con precisión 0.5g

b) *Rendimiento.*- Se calculó a través de balance de materiales, al finalizar el proceso, a todos los tratamientos con la finalidad de establecer la cantidad de biodiesel producido.

### 3.8 MÉTODOS ESPECÍFICOS DE MANEJO DEL EXPERIMENTO

#### 3.8.1 DIAGRAMA DE BLOQUES PARA LA PREPARACIÓN DEL AVU (aceite vegetal Usado)



##### 3.8.1.1 Descripción del proceso para la preparación del AVU.

A continuación se detalla cada uno de las actividades que se realizaron para el proceso de preparación del AVU (aceite vegetal usado):

*a) Adquisición y recepción de la materia prima.*

El AVU utilizado en el experimento fue adquirido de los diferentes burgers y puestos de comida rápida más relevantes de la ciudad de Ibarra, misma que fue recolectada en canecas plásticas adecuados de 200 litros.



**FIGURA 10.** Recepción de la materia prima (2011-09-01)

**TABLA 11:** Parámetros generales para la colecta de AVU

COLOR	CONSISTENCIA	OLOR	PH	ACCIÓN
Amarillo claro	Fluida	Frituras	4,5-6,5	Aceptar
	Fluida con partículas en suspensión	Fritura y ligeramente rancio	4,5-5,0	Aceptar
Amarillo obscuro				Decantar 8 días
Ligeramente marron	Viscoso	Frituras y rancio	4,0-5,5	
Marron	Gelatinoso	Rancio	4,0	Rechazar
Fuertemente Marron	Gelatinoso	Rancio	4,0	Rechazar

**Fuente:** Los autores

*b) Filtrado.*

Luego de su recepción de la materia prima se procedió a realizar el filtrado para ello se calentó al AVU a 35° C (95° F), para dar fluidez y facilitar la operación. Para esto se utilizó una bomba de presión, la misma que está provista de un sistema de filtros, uno grande (filtro de agua) para las partículas sólidas, y un filtro de carbón activado para las partículas miscibles. Con lo cual se separó las impurezas existentes en el AVU.



**FIGURA 11.** Carcasa de filtro de carbón activo (2011-09-16)



**FIGURA 12.** Elemento carbón activo (2011-09-16)

### *c) Secado*

Para realizar el secado se utilizó el biorreactor, para lo cual se procedió a cargar la cantidad de aceite al tanque de transesterificación y, en el panel de control del software se estableció la temperatura ( $100^{\circ}\text{C}$ ) y tiempo de secado (15 min). Una vez ingresado los datos, se encendió el equipo y se esperó hasta que termine el proceso.

Para comprobar la eficiencia del proceso de secado se tomó una muestra de aceite seco en un vaso de precipitación tarado, se determinó una masa de 20 g del aceite, se colocó en una cocina eléctrica hasta alcanzar una temperatura de  $110^{\circ}\text{C}$ , la aproximación del punto final se juzgó por el cese de burbujas, y también por la ausencia de espuma.

### *d) Enfriamiento*

Dejamos en el tanque de transesterificación el metiléster ya seco, y esperamos (30 min), hasta que este se enfríe (temperatura de  $45^{\circ}\text{C}$ ).

*e) Valoración.*

Este proceso permitió determinar la cantidad de NaOH a utilizar en el proceso de transesterificación, para lo cual se tituló el AVU con NaOH 0,1 %, y el valor obtenido de esta titulación sirvió para determinar la calidad del aceite. Éste es un punto crítico de control dentro del proceso, por tanto gran parte de la efectividad de la reacción depende de ésta actividad. La valoración debe ser lo más exacta posible.

Algo muy importante a tomar en cuenta es que, el NaOH empleado en la valoración deberá ser anhidro. La valoración lo realizamos de la siguiente manera:

- Preparando la disolución a analizar (valorar):

1. Medir 10 ml de alcohol isopropílico en cada uno de los tres vasos de precipitados de 50 ml.
2. Añadir 2-3 gotas de la disolución de fenolftaleína al alcohol de cada vaso de precipitados y agitar para mezclar los líquidos.
3. Añadir 1 ml de aceite sin usar a cada vaso de precipitados y agitar para disolverlo.

- Preparando la disolución de referencia:

1. Disolver 1 gramo de hidróxido de sodio (99,8 % -  $k=1.02$ ), en un litro de agua destilada.
2. Usando un embudo, verter la disolución en la bureta.

- Realizando la valoración

1. Colocar uno de los vasos de precipitados con la disolución a analizar debajo de la bureta.
2. Anotar la cantidad inicial de la disolución de referencia en la bureta.
3. Procedemos a dejar caer la solución de hidróxido de sodio, en cada vaso.
4. Agitar el vaso de precipitados.
5. Continuar añadiendo la disolución de referencia a la disolución de aceite y alcohol hasta conseguir un color rosa claro y que permanezca así durante 30 segundos aproximadamente.
6. Parar.
7. Anotar el volumen usado de la disolución de referencia (en ml) de la forma siguiente:

Volumen final – Volumen inicial = Disolución de referencia usada.



8. Repetir el procedimiento dos veces y anotar la cantidad usada de la disolución de referencia en ambas pruebas.

9. Calcular el volumen medio de la disolución de referencia usado en las tres pruebas (T).  
Donde T=3ml de consumo de solución NaOH

10. Usar la fórmula indicada más abajo para determinar la cantidad de catalizador y reactivos que hay que usar para hacer el biodiesel a partir de aceite vegetal usado.

Por cada litro de aceite, añadir 200 ml de metanol y X gramos de hidróxido sódico, donde  $X = T + 3.5$  gramos.

$$X = 3 \text{ g Na OH} + 3.5 \text{ g} = 6,5 \text{ g}$$

Después de haber sido calculada la cantidad apropiada de catalizador (hidróxido sódico), ya se está listo para la producción del biodiesel.

#### HIDROXIDO DE SODIO A EMPLAER

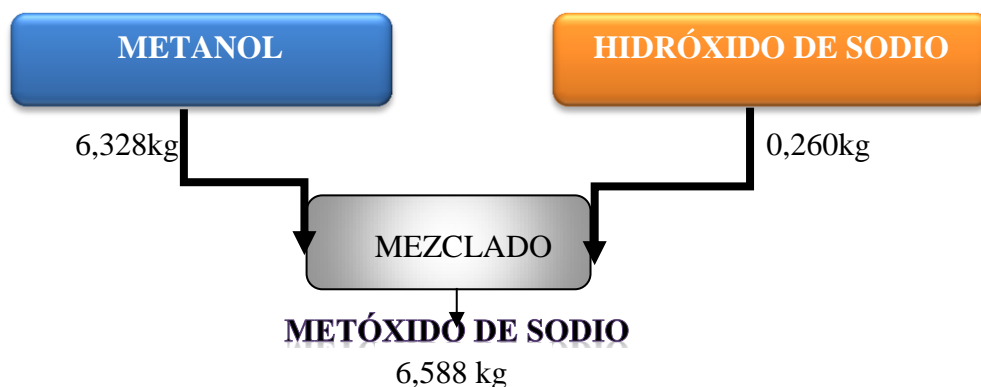
$\text{NaOH} = X \text{ NaOH} * \text{ Litros de AVU a procesar}$
---

$$\text{NaOH} = 6.5 \text{ g NaOH} \times 40 \text{ litros de aceite} = 260 \text{ g de NaOH}$$



FIGURA 13. Valoración de AVU (2011-09-16)

### 3.8.2 FLUJOGRAMA DE PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DEL METÓXIDO DE SODIO.



### 3.8.2.1 Descripción del proceso para la preparación del metóxido de sodio.

a) Mezclado.- El mezclado se realizó en el tanque de metóxido del biorreactor, el cual es un tanque hermético de acero inoxidable (de tal manera que se evite el escape de gases producidos en la reacción, previa la obtención de metóxido), que cuenta con un agitador con aspa y este es controlado con el software del Equipo.

Para el mezclado se añadió primero el metanol, luego las pellets de NaOH, previo pesaje y medida exacta de ambos compuestos, en la cantidad y dosis requerida.



FIGURA 14. Preparación del metóxido de sodio (2011-09-16)

La cantidad de NaOH a emplearse en la obtención del metóxido variara, de acuerdo a los resultados obtenidos en la valoración del aceite vegetal usado (AVU).

Para efectos de cálculo se realizó la siguiente conversión de unidades:

$$\text{Si; } \quad d = \frac{m}{v} = \frac{kg}{l}$$

**Donde:**

$d$ : densidad del metanol (kg/l)

$m$ : masa de metanol (kg)

$v$ : volumen de metanol (l)

**Datos:**

$d$  metanol = 0,791 kilogramos/litro

$v$  metanol = 8 litros

$m$  metanol = ?

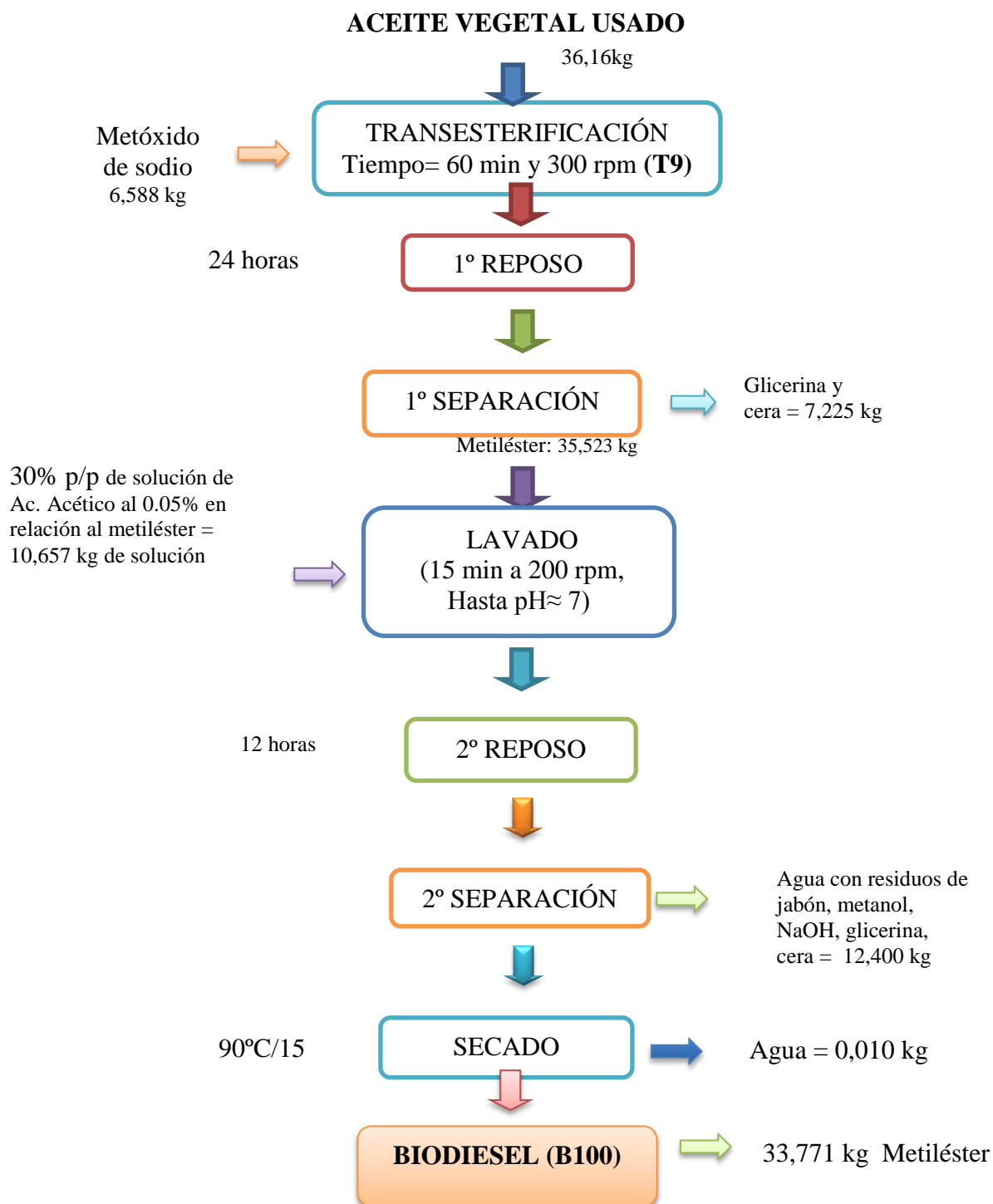
**Entonces:**

Despejando  $m$  tenemos,

$$m = d \cdot v = 0,791 \frac{kg}{l} \cdot 8l = 6,328kg \text{ de metanol}$$

Una vez añadido las dosis exactas de cada químico se estableció el tiempo y las revoluciones en el software del equipo (30 min/ 200 rpm). Tiempo en el cual se tuvo una mezcla completamente homogénea-metóxido.

### 3.8.3 FLUJOGRAMA DE PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE BIODIESEL (B100).



### 3.8.3.1 Descripción del proceso para la obtención de Biodiesel (B100)

#### a) Transesterificación.

Es la base de la investigación, en este proceso se realizó la reacción del metóxido con el AVU.

Para facilidad de cálculo en todo el proceso de la investigación se realizó la siguiente conversión de unidades:

#### Aceite Vegetal Usado (AVU)

$$d = \frac{m}{v} = \frac{kg}{l}$$

**Donde:**

$d$ : densidad del AVU (Kg/l)

$m$ : masa del AVU (kg)

$v$ : volumen del AVU (l)

Datos:

$$d = 0,904 \text{ kg/l}$$

$$v = 40 \text{ l}$$

$$m = ?$$

**Entonces:**

Despejando  $m$  tenemos,

$$m = d \cdot v = 0,904 \frac{kg}{l} \cdot 40l = 36,16kg \text{ de AVU}$$

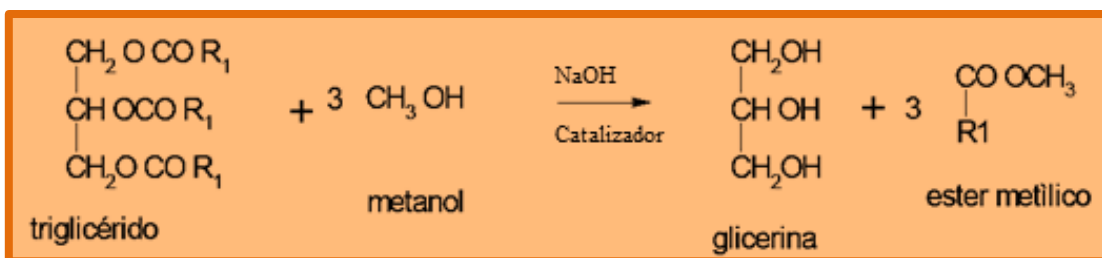


FIGURA 15: Proceso general de transesterificación

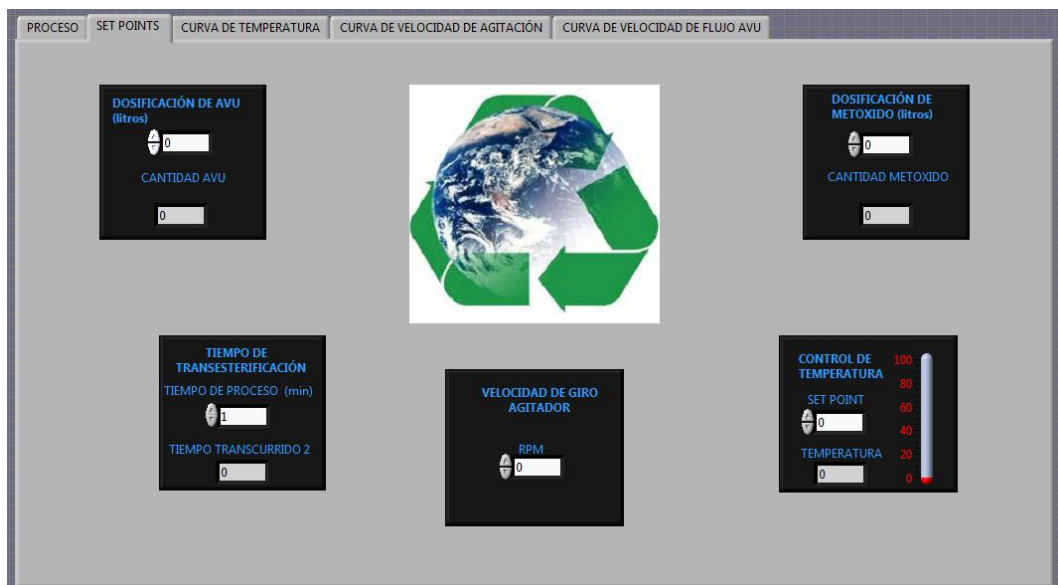
Para realizar este proceso, se añadió al tanque de transesterificación del biorreactor el AVU (40 litros), y el metóxido previo su preparación en el tanque correspondiente.

**IMPORTANTE:** Antes de iniciar el proceso es indispensable cerrar con los seguros correspondientes cada uno de los tanques y garantizar que estén bien sellados.



**FIGURA 16.** Proceso de transesterificación (2011-09-16)

En el software del equipo se estableció, los parámetros para la transesterificación temperatura constante  $45\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ , tiempo y revoluciones por minuto variables de la investigación..



**FIGURA 17:** Panel de ingreso de datos al software

Se inició con el programa y esperamos hasta que el equipo termine de trabajar, en función al tiempo pre establecido en los tratamientos.



**FIGURA 18.** Ingreso de datos en el software (2011-09-16)

*b) Reposo 1*

Concluida la etapa de transesterificación, procedimos a abrir la llave de salida del tanque de transesterificación, para recolectar el producto de esta reacción en un recipiente plástico totalmente hermético, para dejar en reposo por un tiempo de 24 horas.



**FIGURA 19.** Descarga después de transésterificar (2011-09-16)



**FIGURA 20.** Muestra del producto en reposo, después de la reacción (2011-10-11)

#### *d) Separación 1*

Luego de transcurridas las 24 horas, se separó, por decantación las dos fases, en la parte superior (mas liviano) metiléster sin refinar, un líquido café-amarillento y en el fondo el subproducto de la reacción, glicerina y residuos como: jabones, soda sin reaccionar, e impurezas contenidas en el AVU, cuya característica fue un sólido blando de color café.



**FIGURA 21.** Separación del metiléster (2011-11-02)

#### *d) Lavado*

El lavado se realizó utilizando solución de ácido acético al 0.05% (previa valoración, para llevar al metiléster a un pH= 7).

Colocamos el metiléster en el tanque de transesterificación con 30% p/p de solución de ácido acético en relación a la masa del metiléster.



Se encendió el biorreactor y se cargó al software los parámetros de trabajo (15 min a 200 rpm).



**FIGURA 22.** Lavado de biodiesel (2012-01-18)

El objetivo del lavado del biodiesel fue eliminar restos de jabón, metanol, hidróxido de sodio, glicerina y ceras. Que pueden generarse como subproductos de la reacción.

*e) Reposo 2.*

Se realizó en recipientes adecuados de plástico durante 12 horas, tiempo en el cuál se separó las dos fases: Biodiesel en la parte superior y agua más impurezas (restos de jabón, metanol, hidróxido de sodio glicerina y ceras) en el fondo.



**FIGURA 23.** Muestra del metiléster en reposo después del lavado (2012-01-18)

*f) Separación 2.*

En este proceso se separó por decantación, el biodiesel del agua con restos de impurezas. Igualmente como en la otra separación, se cuidó de no mezclar las dos fases insolubles entre sí.

*g) Secado.*

En este proceso de secado del biodiesel, se eliminó el agua en suspensión, para esto, colocamos el metiléster en el tanque de transesterificación del biorreactor, cargamos los parámetros de operación (temperatura de 90°C durante 5 minutos). Y esperamos hasta que el equipo termine este proceso. ASTM D 96. Ver ANEXO .

*h) Biodiesel (B100).*

El Biodiesel se utilizó en un motor a diesel en una proporción de 20/80, Es decir 20% de Biodiesel y 80% de diesel comercial. Pudiendo también ser utilizado en un 100%, pero para ello es necesario un reajuste del motor, actividad que lo puede realizar un técnico en el tema.



**FIGURA 24.** Producto final Biodiesel B (100) (2012-02-28)

*i) Almacenamiento.*

Una vez obtenido el biodiesel (B100), el combustible se almacenó en un ambiente limpio, seco y oscuro. Los materiales aceptables para el tanque de almacenaje incluyen. Ver ANEXO 13

MANUAL DE ALMACENAMIENTO DE BIODIESEL. El tiempo de almacenamiento no debe pasar de 3 a 6 meses a menos que se utilicen aditivos, para estabilizarlo.

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados obtenidos durante la fase experimental de la investigación se detallan a continuación:

#### 4.1 CANTIDAD DE SUBPRODUCTO (GLICERINA)

**TABLA 12:** Datos subproducto (glicerina), expresado en kilogramos (kg).

TRATAMIENTOS	RE	M2	R3	$\Sigma$ Trat	MEDIAS	
A1B1	T1	5,8	5,92	5,88	17,60	5,87
A1B2	T2	6,72	6,7	6,72	20,14	6,71
A1B3	T3	6,8	6,75	6,7	20,25	6,75
A2B1	T4	6,95	7,1	6,9	20,95	6,98
A2B2	T5	6,3	6,3	6,3	18,90	6,30
A2B3	T6	7,25	7,27	7,28	21,80	7,27
A3B1	T7	6,4	6,3	6,8	19,50	6,50
A3B2	T8	6,8	6,7	6,9	20,40	6,80
A3B3	T9	7,52	7,56	7,5	22,58	7,53
$\Sigma$ Rep.		<b>60,54</b>	<b>60,6</b>	<b>60,98</b>	<b>182,12</b>	<b>6,75</b>

Fuente: Los autores

**TABLA 13:** Análisis de Varianza de la cantidad de subproducto (glicerina)

F de V	GL	SC	CM	FC	FT	
					.05	.01
<b>TOTAL</b>	26	6,12				
<b>TRATAMIENTOS</b>	8	5,92	0,740	67,71**	2,51	3,71
<b>FACTOR A</b>	2	1,27	0,634	58,02**	3,55	6,01
<b>FACTOR B</b>	2	2,6728	1,336	122,27**	3,55	6,01
<b>INTERACCIÓN A*B</b>	4	1,98	0,495	45,28**	2,93	4,58
<b>ERROR EXPERIMENTAL</b>	18	0,20	0,011			

Fuente: Los autores

CV= 1,55%

\*Significación estadística (5%)

\*\*Alta significación estadística (1%)

<sup>NS</sup> No Significativo

Realizado el análisis de varianza para la variable cantidad de subproducto (glicerina), se detectó que existe alta significación estadística para tratamientos, factor A (tiempo de transesterificación - mezcla), factor B (RPM), e interacción AxB.

Luego de detectar alta significación estadística se realizó las pruebas de significación correspondientes: TUKEY para tratamientos, DMS para factores.

**TABLA 14:** Prueba de Tukey para tratamientos de la variable cantidad de subproducto (glicerina)

TRATAMIENTOS	MEDIAS	Rangos
T9 (A3B3)	7,53	a
T6 (A2B3)	7,27	a
T4 (A2B1)	6,98	b
T8 (A3B2)	6,80	b
T3 (A1B3)	6,75	b
T2 (A1B2)	6,71	c
T7 (A3B1)	6,50	c
T5 (A2B2)	6,30	d
T1 (A1B1)	5,87	e

TUKEY al 5% =0,299

Fuente: Los autores

Analizado los tratamientos se procedió a realizar la prueba de TUKEY encontrando cinco rangos diferentes, teniendo como mejores tratamiento T<sub>9</sub> (60 minutos de transesterificación a 300 rpm) y T<sub>6</sub> (50 minutos de transesterificación a 300 rpm) por lo que se determina que estadísticamente son iguales.

DMS=0,179

**TABLA 15:** Prueba de DMS para el factor A (Tiempo de transesterificación) de la variable cantidad de subproducto (glicerina)

<b>FACTOR A</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>RANGOS</b>
A3	6,942	a
A2	6,850	a
A1	6,443	b

**Fuente:** Los autores

Analizado el factor A (Tiempo de transesterificación - mezcla), se realizó la prueba de DMS encontrándose dos rangos, los cuales tienen un comportamiento diferente. Con 60 minutos de transesterificación (A<sub>3</sub>) presenta un promedio más alto en cantidad de subproducto (glicerina), con respecto a 40 minutos de transesterificación (A<sub>1</sub>).

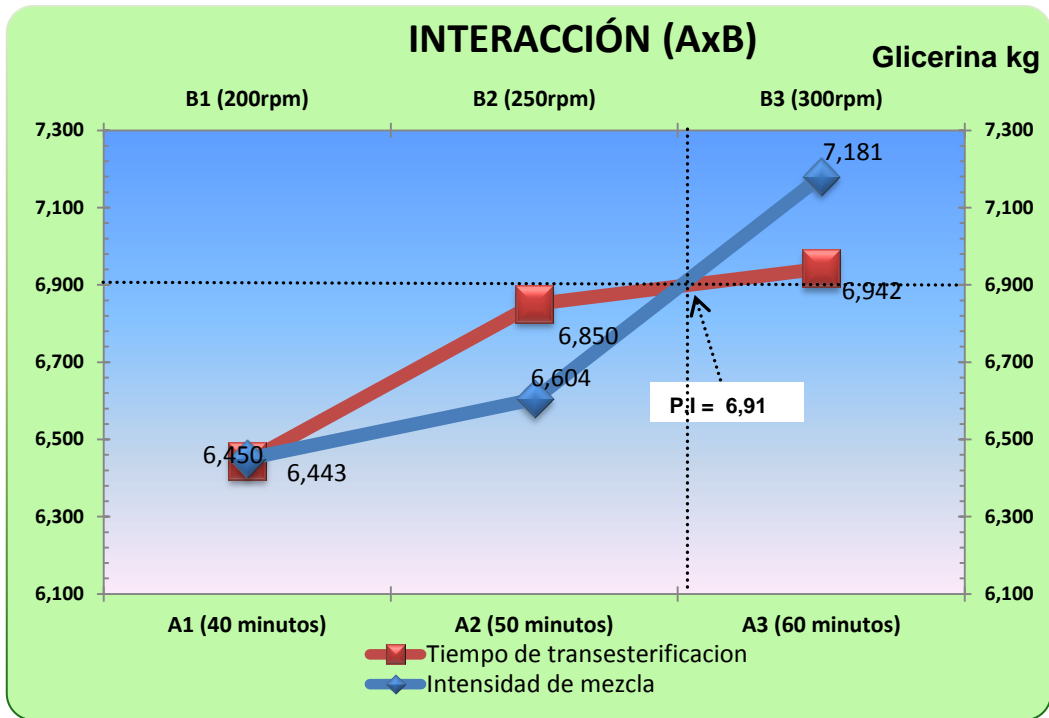
DMS=0,192

**TABLA 16:** Prueba de DMS para el factor B (rpm) de la variable cantidad de subproducto (glicerina)

<b>FACTOR B</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>RANGOS</b>
B3	7,181	a
B2	6,604	b
B1	6,450	b

**Fuente:** Los autores

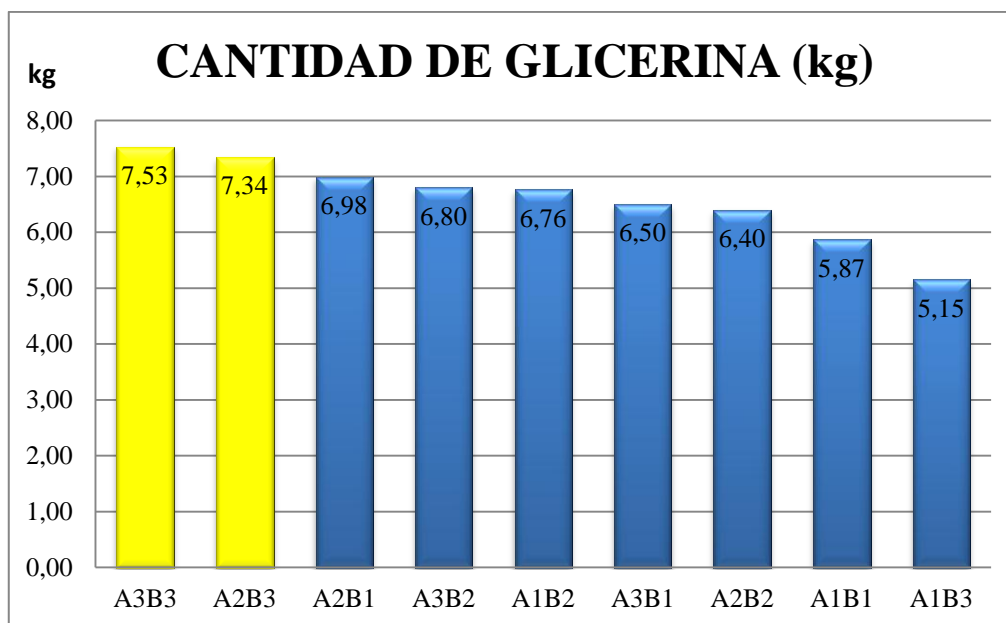
Analizado el factor B (rpm), se realizó la prueba de DMS encontrándose dos rangos, los cuales tienen un comportamiento diferente. Con 300 rpm (B<sub>3</sub>) presenta un promedio más alto en cantidad de subproducto (glicerina), con respecto a 200 rpm (B<sub>1</sub>).



**FIGURA 25.** Interacción de los factores: A (Tiempo de transesterificación) y B (rpm). Para la variable cantidad de subproducto (glicerina)

Fuente: Los autores

La interacción, demuestra la relación entre el tiempo de transesterificación y la intensidad de mezcla (rpm). Lo cual demuestra que con 60 minutos de mezcla a 300 rpm se puede conseguir una cantidad de subproducto (glicerina) promedio de 6,91 kg. En el proceso de separación de biodiesel – glicerina.



**FIGURA 26.** Cantidad de subproducto GLICERINA

Fuente: Los autores

Al graficar las medias de cantidad de subproducto (glicerina) de los tratamientos se observa una diferencia de subproducto, teniendo como mejor media la del tratamiento T<sub>9</sub> (60 minutos de transesterificación a 300 rpm), con respecto a la media del tratamiento T<sub>3</sub> (40 minutos de transesterificación a 300 rpm). Esta glicerina obtenida presenta características propias como lo describe (Puetate Castro & Maldonado Ponce, 2013)

## 4.2 CANTIDAD DE ÁCIDO ACÉTICO

**TABLA 17:** Cantidad de ácido acético requerido en el proceso de lavado (gramos)

TRATAMIENTOS	RE	M2	R3	Σ Trat	MEDIAS	
<b>A1B1</b>	<b>T1</b>	0,8	0,79	0,78	2,37	0,79
<b>A1B2</b>	<b>T2</b>	0,76	0,77	0,77	2,30	0,77
<b>A1B3</b>	<b>T3</b>	0,76	0,75	0,76	2,27	0,76
<b>A2B1</b>	<b>T4</b>	0,74	0,74	0,75	2,23	0,74
<b>A2B2</b>	<b>T5</b>	0,73	0,74	0,74	2,21	0,74
<b>A2B3</b>	<b>T6</b>	0,72	0,72	0,73	2,17	0,72
<b>A3B1</b>	<b>T7</b>	0,7	0,71	0,7	2,11	0,70
<b>A3B2</b>	<b>T8</b>	0,68	0,69	0,65	2,02	0,67
<b>A3B3</b>	<b>T9</b>	0,5	0,52	0,5	1,52	0,51
	<b>Σ Rep.</b>	<b>6,39</b>	<b>6,43</b>	<b>6,38</b>	<b>19,2</b>	<b>0,71</b>

Fuente: Los autores

**TABLA 18:** Análisis de varianza de la cantidad de ácido acético

F de V	GL	SC	CM	FC	FT	
					.05	.01
<b>TOTAL</b>	26	0,17				
<b>TRATAMIENTOS</b>	8	0,17	0,021	220,07**	2,51	3,71
<b>FACTOR A</b>	2	0,10	0,050	518,19**	3,55	6,01
<b>FACTOR B</b>	2	0,0341	0,017	176,88**	3,55	6,01
<b>INTERACCIÓN A*B</b>	4	0,04	0,009	92,60**	2,93	4,58
<b>ERROR EXPERIMENTAL</b>	18	0,00	0,000			

Fuente: Los autores

CV= 1,38%

Realizado el análisis de varianza para la variable cantidad de ácido acético, se detectó que existe alta significación estadística para tratamientos, factor A (tiempo de transesterificación - mezcla), factor B (rpm), e interacción AxB.

Luego de detectar alta significación estadística se realizó las pruebas de significación correspondientes: TUKEY para tratamientos, DMS para factores.

**TABLA 19:** Prueba de Tukey para tratamientos de la variable cantidad de ácido acético

TRATAMIENTOS	MEDIAS	Rangos
T1 (A1B1)	0,790	a
T2 (A1B2)	0,767	a
T3 (A1B3)	0,757	b
T4 (A2B1)	0,743	b
T5 (A2B2)	0,737	b
T6 (A2B3)	0,723	c
T7 (A3B1)	0,703	c
T8 (A3B2)	0,673	d
T9 (A3B3)	0,507	e

TUKEY al 5% =0,028

Fuente: Los autores

Analizado los tratamientos se procedió a realizar la prueba de TUKEY encontrando cinco rangos diferentes, teniendo como mejor tratamiento T<sub>9</sub> (60 minutos de transesterificación a 300 rpm), presentando la media más baja.

DMS= 0,017



**TABLA 20:** Prueba de DMS para el factor A (Tiempo de transesterificación - mezcla) de la variable cantidad de ácido acético

<b>FACTOR A</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>RANGOS</b>
A1	0,771	a
A2	0,734	b
A3	0,628	c

Fuente: Los autores

Analizado el factor A (Tiempo de transesterificación - mezcla), se realizó la prueba de DMS encontrándose tres rangos, los cuales tienen un comportamiento diferente. Con 60 minutos de transesterificación (**A<sub>3</sub>**), el consumo de Ac. Acético requerido para la neutralización del metiléster es más bajo.

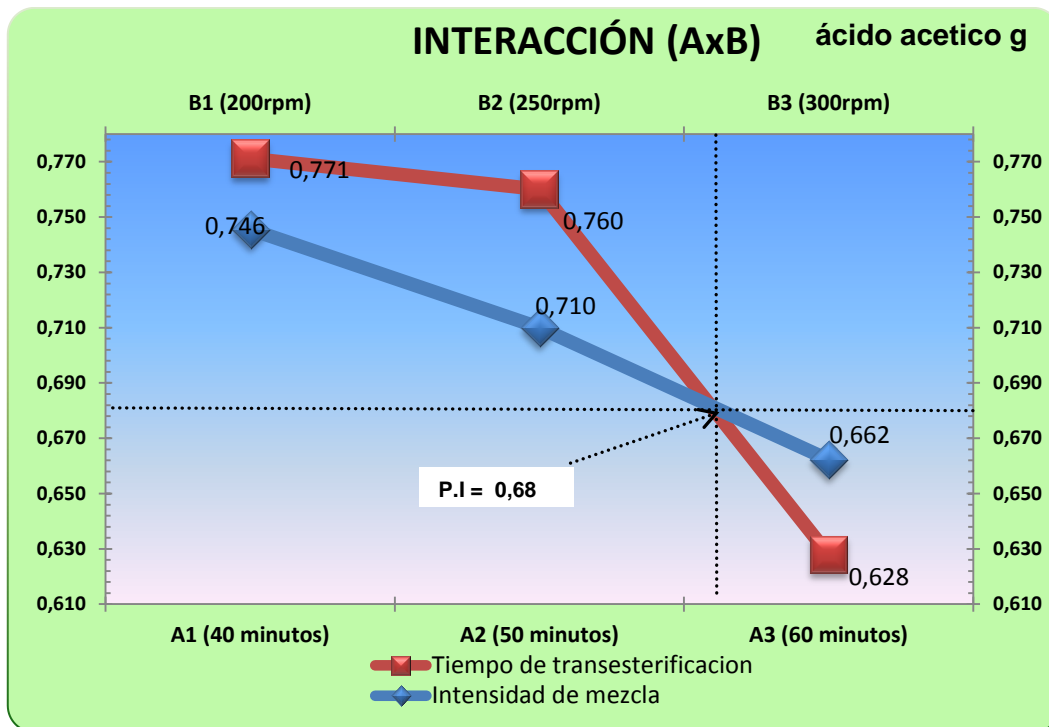
DMS= 0,017

**TABLA 21:** Prueba de DMS para el factor B (rpm) de la variable cantidad de ácido acético

<b>FACTOR B</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>RANGOS</b>
B1	0,746	a
B2	0,726	b
B3	0,662	c

Fuente: Los autores

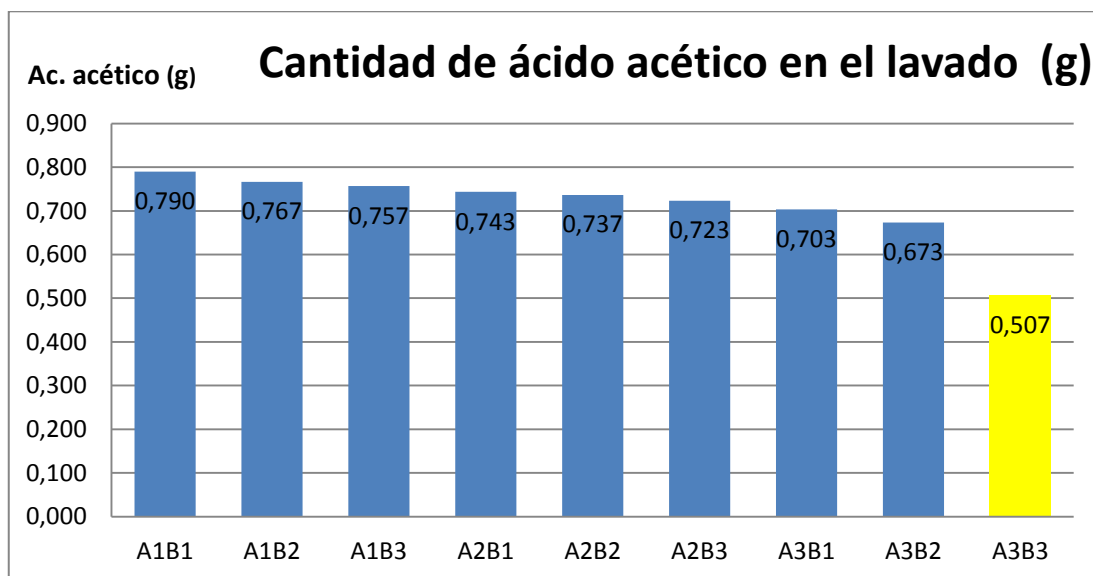
Analizado el factor B (rpm), se realizó la prueba de DMS encontrándose tres rangos, los cuales tienen un comportamiento diferente. Teniendo a 300 rpm (**B<sub>3</sub>**) el consumo más bajo de Ac. Acético para neutralizar el metiléster en la primera etapa de lavado.



**FIGURA 27.** Interacción de los factores: A (Tiempo de transesterificación - mezcla) y B (rpm). Para la variable cantidad de ácido acético

Fuente: Los autores

La interacción demuestra que existe una relación entre el tiempo de transesterificación y la intensidad de mezcla (rpm). Esto se evidencia cuando interacciona con 60 minutos de mezcla a 300 rpm, el consumo de ácido acético requerido para la neutralización del metiléster es el más bajo 0,68 gramos. Durante la primera etapa de lavado.



**FIGURA 28.** Cantidad de ácido acético

Fuente: Los autores

Al graficar las medias de consumo de ácido acético en el lavado, de los tratamientos se observa una diferencia de consumo de ácido, teniendo como mejor media la del tratamiento T<sub>9</sub> (60 minutos de transesterificación a 300 rpm), por ser el que menor consumo de Ac. Acético requiere para ser neutralizado.

Este resultado muestra que mientras más completa sea la reacción de transesterificación menor deberá ser el consumo ácido en la etapa de lavado (refinación). Tal como lo afirma el autor (Climent Olmedo, Morera Bertomeu, & Iborra Chornet, 2008)

### 4.3 CANTIDAD DE IMPUREZAS (residuos de jabón, glicerina, metanol, NaOH, sales y cera)

**TABLA 22:** Cantidad de impurezas generadas en la etapa del lavado (kilogramos)

TRATAMIENTOS		RE	M2	R3	Σ Trat	MEDIAS
A1B1	T1	2,3	2,3	2,28	6,88	2,29
A1B2	T2	2,2	2,15	2,18	6,53	2,18
A1B3	T3	2,15	2,13	2,12	6,40	2,13
A2B1	T4	2,13	2,1	2,08	6,31	2,10
A2B2	T5	2,05	2,09	2,07	6,21	2,07
A2B3	T6	2	2,1	2,05	6,15	2,05
A3B1	T7	1,5	1,55	1,49	4,54	1,51
A3B2	T8	1,3	1,4	1,2	3,90	1,30
A3B3	T9	0,58	0,54	0,6	1,72	0,57
	Σ Rep.	16,21	16,36	16,07	<b>48,64</b>	<b>1,80</b>

Fuente: Los autores

**TABLA 23:** Análisis de varianza de la cantidad de impurezas generadas en la etapa del lavado

F de V	GL	SC	CM	FC	FT	
					.05	.01
TOTAL	26	7,71				
TRATAMIENTOS	8	7,68	0,960	523,77**	2,51	3,71
FACTOR A	2	6,18	3,090	1685,27**	3,55	6,01
FACTOR B	2	0,6954	0,348	189,66**	3,55	6,01
INTERACCIÓN A*B	4	0,81	0,202	110,07**	2,93	4,58
ERROR EXPERIMENTAL	18	0,03	0,002			

Fuente: Los autores

CV= 2,38%

Realizado el análisis de varianza para la variable cantidad de impurezas a la salida del lavado, se detectó que existe alta significación estadística para tratamientos, factor A (tiempo de transesterificación - mezcla) e interacción AxB en tanto que para el factor B (rpm) no se detectó significación estadística alguna.

Luego de detectar alta significación estadística se realizó las pruebas de significación correspondientes: Tukey para tratamientos, DMS para factores.

TUKEY al 5% =0,123

**TABLA 24:** Prueba de Tukey para tratamientos de la variable cantidad de impurezas generadas en la etapa del lavado

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGOS
T1 (A1B1)	2,293	a
T2 (A1B2)	2,177	a
T3 (A1B3)	2,133	b
T4 (A2B1)	2,103	b
T5 (A2B2)	2,070	b
T6 (A2B3)	2,050	b
T7 (A3B1)	1,513	c
T8 (A3B2)	1,300	d
T9 (A3B3)	0,573	e

Fuente: Los autores

Analizado los tratamientos se procedió a realizar la prueba de TUKEY encontrando cinco rangos diferentes, teniendo como mejor tratamiento T<sub>9</sub> (60 minutos de transesterificación a 300 rpm), mismo que a pesar de tener matemáticamente la media más baja se le considera el mejor tratamiento por generar la menor cantidad de impurezas en la segunda separación.

DMS= 0,073

**TABLA 25:** Prueba de DMS para el factor A. (Tiempo de transesterificación - mezcla) de la variable cantidad de impurezas generadas en la etapa del lavado

FACTOR A	MEDIAS	RANGOS
A1	2,201	a
A2	2,074	b
A3	1,128	c

Fuente: Los autores

Analizado el factor A (Tiempo de transesterificación - mezcla), se realizó la prueba de DMS encontrándose tres rangos, los cuales tienen un comportamiento diferente. Con 60

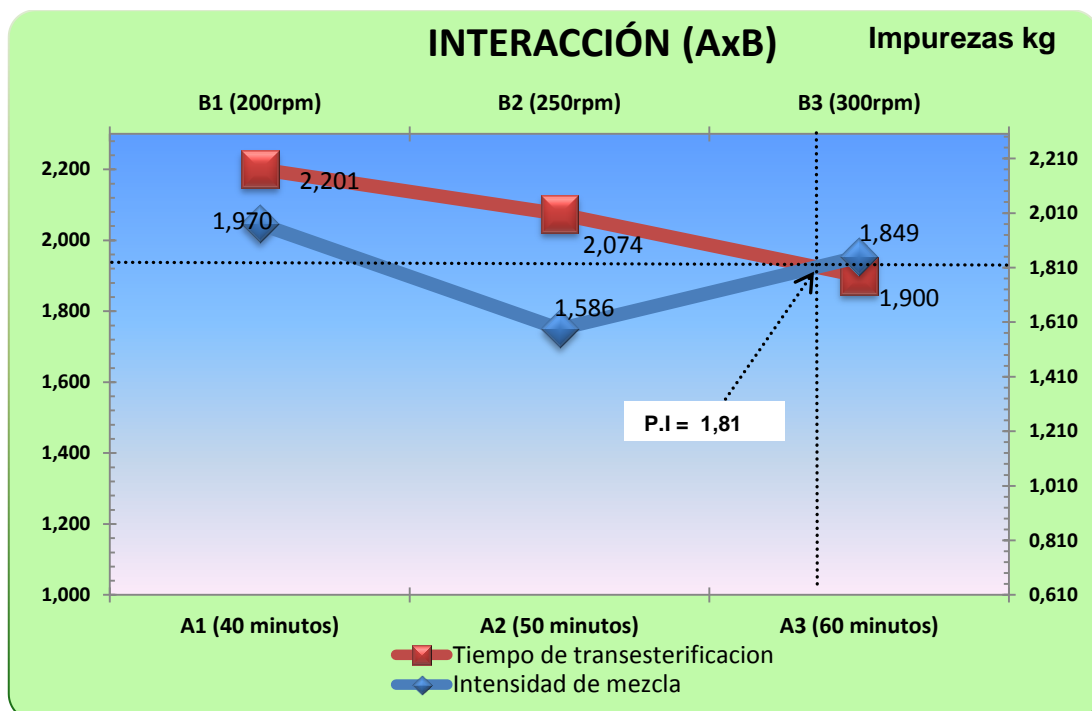
minutos de transesterificación ( $A_3$ ), se tiene la media más baja en cantidad impurezas generadas en la etapa del lavado, con respecto a 40 minutos de transesterificación ( $A_1$ ). Esto refleja una reacción eficiente.

**TABLA 26:** Prueba de DMS para el factor B (rpm) de la variable cantidad de impurezas generadas en la etapa del lavado

FACTOR B	MEDIAS	RANGOS
B1	1,970	a
B2	1,848	b
B3	1,585	c

Fuente: Los autores

Analizado el factor B (rpm), se realizó la prueba de DMS encontrándose tres rangos, los cuales tienen un comportamiento diferente. Con 300 rpm ( $B_3$ ), se tiene la media más baja para la variable impurezas en el segundo reposo. Con respecto a ( $B_1$ ). Esto refleja una reacción eficiente.

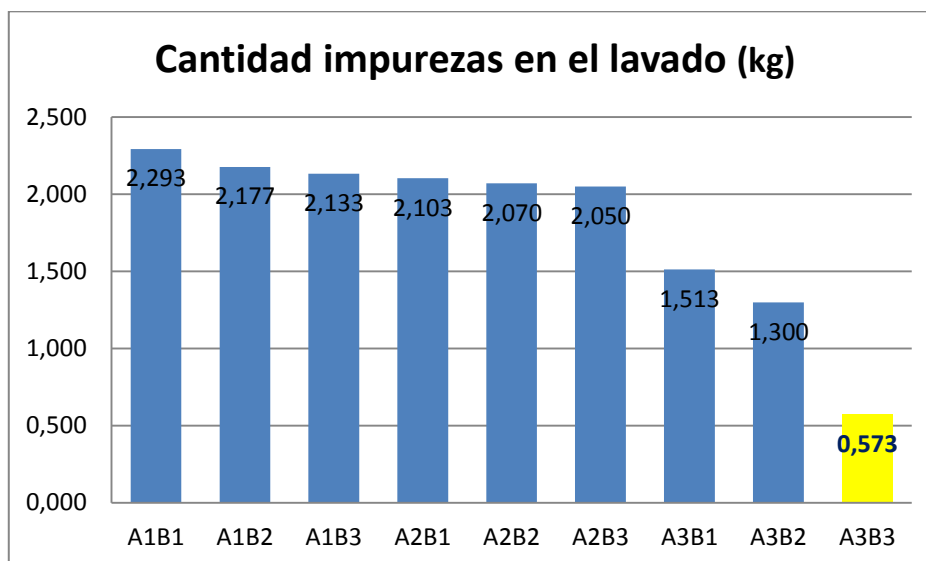


**FIGURA 29.** Interacción de los factores: A (Tiempo de transesterificación - mezcla) y B (rpm). Para la variable cantidad de impurezas en el lavado

Fuente: Los autores

La interacción demuestra que existe una relación entre el tiempo de transesterificación y la intensidad de mezcla (rpm). Esto se aprecia cuando con 60 minutos de mezcla a 300 rpm,

se tiene menor cantidad de impurezas. Promedio de 1,81 kg. Durante la segunda separación.



**FIGURA 30.** Cantidad de impurezas en el lavado

**Fuente:** Los autores

Al graficar las medias para la variable cantidad impurezas a la salida del lavado, de los tratamientos se observa una diferencia, teniendo como mejor media la del tratamiento T<sub>9</sub> (60 minutos de transesterificación a 300 rpm).

Este resultado muestra que mientras más completa sea la reacción de transesterificación menor deberá ser la cantidad de impurezas generadas al finalizar la etapa de lavado (refinación). Como lo señala (Climent Olmedo, Morera Bertomeu, & Iborra Chornet, 2008)

#### 4.4 CANTIDAD DE AGUA A LA SALIDA DEL LAVADO

**TABLA 27:** Cantidad de agua con impurezas después del segundo reposo (kilogramos)

TRATAMIENTOS	RE	M2	R3	Σ Trat	MEDIAS	
A1B1	T1	34,20	34,50	34,35	103,05	34,35
A1B2	T2	34,00	34,10	34,10	102,20	34,07
A1B3	T3	33,40	33,45	33,45	100,30	33,43
A2B1	T4	33,49	33,50	33,59	100,57	33,52
A2B2	T5	33,30	33,50	33,40	100,20	33,40
A2B3	T6	32,59	32,71	32,83	98,12	32,71
A3B1	T7	33,70	33,80	33,79	101,29	33,76
A3B2	T8	33,79	33,99	33,59	101,36	33,79

<b>A3B3</b>	<b>T9</b>	32,00	32,10	32,05	96,15	32,05
	<b>Σ Rep.</b>	300,46	301,64	301,13	<b>903,23</b>	<b>33,45</b>

Fuente: Los autores

**TABLA 28:** Análisis de varianza de la cantidad de agua a la salida del lavado

F de V	GL	SC	CM	FC	FT	
					.05	.01
<b>TOTAL</b>	26	11,97				
<b>TRATAMIENTOS</b>	8	11,77	1,471	133,16**	2,51	3,71
<b>FACTOR A</b>	2	3,33	1,667	150,95**	3,55	6,01
<b>FACTOR B</b>	2	7,1368	3,568	323,04**	3,55	6,01
<b>INTERACCIÓN A*B</b>	4	1,30	0,324	29,32**	2,93	4,58
<b>ERROR EXPERIMENTAL</b>	18	0,20	0,011			

Fuente: Los autores

**CV= 0,31%**

Realizado el análisis de varianza para la variable cantidad de agua a la salida del lavado, se detectó que existe alta significación estadística para tratamientos, factor A (tiempo de transesterificación - mezcla), factor B (rpm) e interacción AxB.

Luego de detectar alta significación estadística se realizó las pruebas de significación correspondientes: TUKEY para tratamientos, DMS para factores.

TUKEY al 5%= 0,301

**TABLA 29:** Prueba de Tukey para tratamientos de la variable cantidad de agua a la salida del lavado

TRATAMIENTOS	MEDIAS	Rangos
T1 (A1B1)	34,35	a
T2 (A1B2)	34,07	a
T8 (A3B2)	33,79	b
T7 (A3B1)	33,76	b
T4 (A2B1)	33,52	b
T3 (A1B3)	33,43	c
T5 (A2B2)	33,40	c
T6 (A2B3)	32,71	d
T9 (A3B3)	32,05	e

Fuente: Los autores

Analizado los tratamientos se procedió a realizar la prueba de TUKEY encontrando cinco rangos diferentes, teniendo como mejor tratamiento T<sub>9</sub> (60 minutos de transesterificación a 300 rpm) mismo que a pesar de tener matemáticamente la media más baja, refleja un menor consumo de agua para el proceso de lavado.

DMS= 0,180

**TABLA 30:** Prueba de DMS para el factor A (Tiempo de transesterificación - mezcla) de la variable cantidad de agua a la salida del lavado

FACTOR A	MEDIAS	RANGOS
A1	33,950	a
A2	33,210	b
A3	33,199	b

Fuente: Los autores

Analizado el factor A (Tiempo de transesterificación - mezcla), se realizó la prueba de DMS encontrándose dos rangos, los cuales tienen un comportamiento diferente. Con 60 minutos de transesterificación (A<sub>3</sub>) presenta la media más baja en cantidad de agua a la salida del lavado, esto significa menor consumo de solución de Ac. Acético para la etapa de lavado del metiléster, por tanto la reacción fue más eficiente.

**TABLA 31:** Prueba de DMS para el factor B. (rpm) de la variable cantidad de agua a la salida del lavado

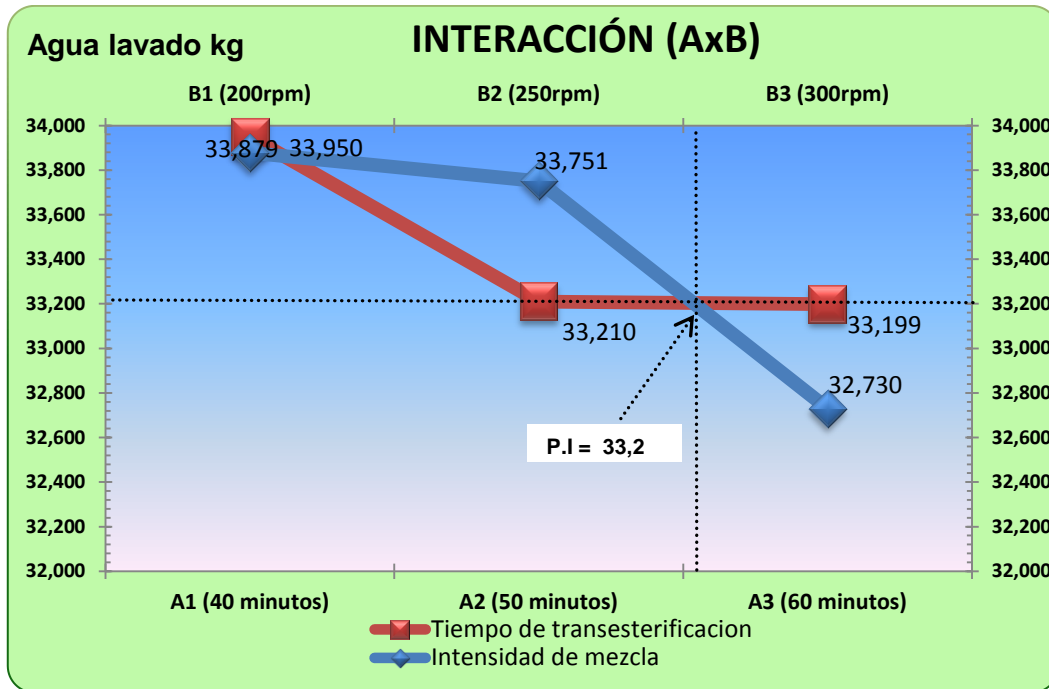
FACTOR B	MEDIAS	RANGOS
B1	33,879	a
B2	33,751	a
B3	32,730	b

DMS= 0,180

Fuente: Los autores

Analizado el factor B (rpm), se realizó la prueba de DMS encontrándose dos rango, los cuales tienen un comportamiento diferente. Con 300 rpm de transesterificación (B<sub>3</sub>) presenta la media más baja en cantidad de agua a la salida del lavado, con respecto a 200 rpm de transesterificación (B<sub>1</sub>).

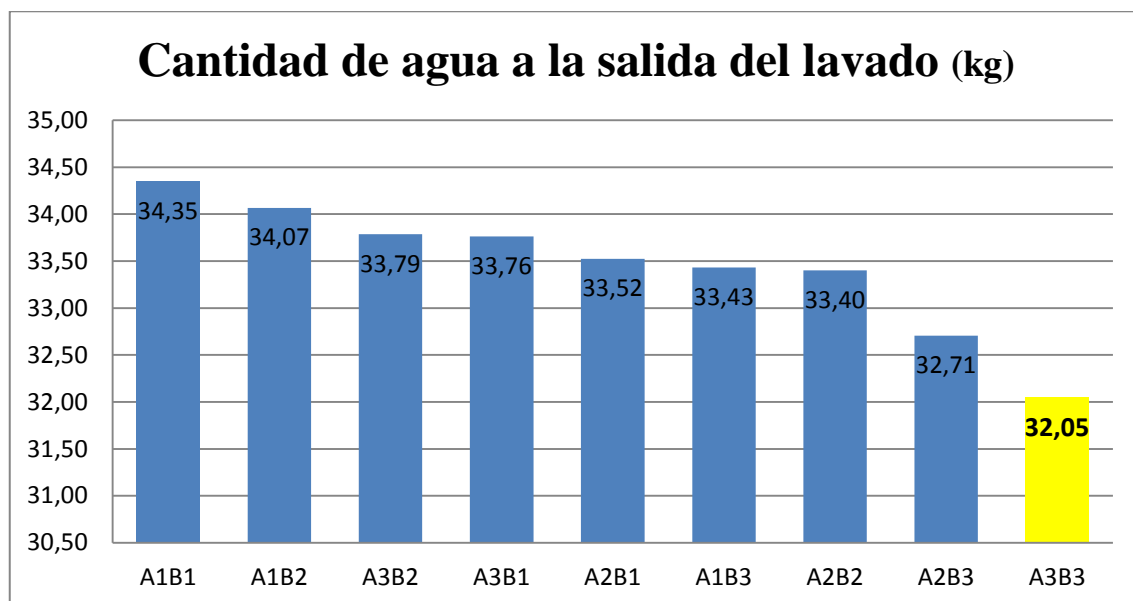




**FIGURA 31.** Interacción de los factores: A (Tiempo de transesterificación - mezcla) y B (rpm) para la variable cantidad de agua a la salida del lavado

Fuente: Los autores

La interacción demuestra que existe una relación entre el tiempo de transesterificación y la intensidad de mezcla (rpm). Esto se aprecia cuando con 60 minutos de mezcla a 300 rpm se puede conseguir una cantidad de agua promedio a la salida del lavado del biodiesel de 33,2 kg. En el proceso de lavado del biodiesel.



**FIGURA 32.** Cantidad de agua a la salida del lavado

Fuente: Los autores

Al graficar las medias para la variable cantidad de agua a la salida del lavado, de los tratamientos se observa una diferencia, teniendo como mejor media la del tratamiento T<sub>9</sub> (60 minutos de transesterificación a 300 rpm).

Este resultado muestra que mientras más completa sea la reacción de transesterificación menor deberá ser la cantidad de agua empleada durante la etapa de lavado (refinación) y por ende la cantidad de impurezas arrastradas por el agua resultará en menor cantidad.

#### 4.5 pH DESPUÉS DE LA PRIMERA SEPARACIÓN

**TABLA 32:** pH después de la primera separación

TRATAMIENTOS		RE	M2	R3	Σ Trat	MEDIA
<b>A1B1</b>	<b>T1</b>	11,2	11,4	11,3	33,9	11,3
<b>A1B2</b>	<b>T2</b>	10,4	10,3	11,0	31,7	10,6
<b>A1B3</b>	<b>T3</b>	9,5	9,4	9,5	28,4	9,5
<b>A2B1</b>	<b>T4</b>	9,3	9,2	9,0	27,5	9,2
<b>A2B2</b>	<b>T5</b>	8,9	8,8	8,9	26,6	8,9
<b>A2B3</b>	<b>T6</b>	8,5	8,4	8,6	25,5	8,5
<b>A3B1</b>	<b>T7</b>	8,4	8,3	8,4	25,1	8,4
<b>A3B2</b>	<b>T8</b>	8,2	8,1	8,2	24,5	8,2
<b>A3B3</b>	<b>T9</b>	8,2	8,1	8,2	24,5	8,2
<b>Σ Rep.</b>		82,6	82,0	83,1	<b>247,70</b>	<b>9,17</b>

Fuente: Los autores

**TABLA 33:** Análisis de varianza del pH después de la primera separación

F de V	GL	SC	CM	FC	FT	
					.05	.01
<b>TOTAL</b>	26	29,73				
<b>TRATAMIENTOS</b>	8	29,33	3,67	162,25**	2,51	3,71
<b>FACTOR A</b>	2	23,47	11,73	519,36**	3,55	6,01
<b>FACTOR B</b>	2	3,65	1,83	80,87**	3,55	6,01
<b>INTERACCIÓN A*B</b>	4	2,20	0,551	24,39**	2,93	4,58
<b>ERROR EXPERIMENTAL</b>	18	0,41	0,023			

Fuente: Los autores

CV= 1,64%

Realizado el análisis de varianza para la variable pH (transesterificación), se detectó que existe alta significación estadística para tratamientos, factor A (tiempo de transesterificación - mezcla), factor B (rpm), e interacción AxB.

Luego de detectar alta significación estadística se realizó las pruebas de significación correspondientes: TUKEY para tratamientos, DMS para factores.

**TABLA 34:** Prueba de Tukey para tratamientos de la variable del pH después de la primera separación

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGOS	
T1 (A1B1)	11,300	a	TUKEY al 5% =0,4304
T2 (A1B2)	10,567	b	
T3 (A1B3)	9,467	c	
T4 (A2B1)	9,167	c	
T5 (A2B2)	8,867	d	
T6 (A2B3)	8,500	d	
T7 (A3B1)	8,367	e	
T8 (A3B2)	8,167	e	
T9 (A3B3)	8,167	e	

Fuente: Los autores

Analizado los tratamientos se procedió a realizar la prueba de TUKEY encontrando cuatro rangos diferentes, teniendo como mejor tratamiento T<sub>9</sub> (60 minutos de transesterificación a 300 rpm), mismo que a pesar de tener matemáticamente la media más baja, reflejan una óptima reacción química.

**TABLA 35:** Prueba de DMS para el factor A. (Tiempo de transesterificación - mezcla) de la variable pH después de la primera separación

FACTOR A	MEDIAS	RANGOS	
A1	10,44	a	DMS= 0,2578
A2	8,84	b	
A3	8,23	c	

Fuente: Los autores

Analizado el factor A (Tiempo de transesterificación - mezcla), se realizó la prueba de DMS encontrándose tres rangos, los cuales tienen un comportamiento diferente. Con 60 minutos (A<sub>3</sub>), se tiene matemáticamente la media más baja con un valor de pH de 8,23. Para el metiléster después de la primera separación, esto significa una eficiente reacción.

**TABLA 36:** Prueba de DMS para el factor B. (rpm) de la variable pH después de la primera separación

FACTOR B	MEDIAS	RANGOS
B1	9,61	a
B2	9,20	b
B3	8,71	c

DMS= 0,2578

Fuente: Los autores

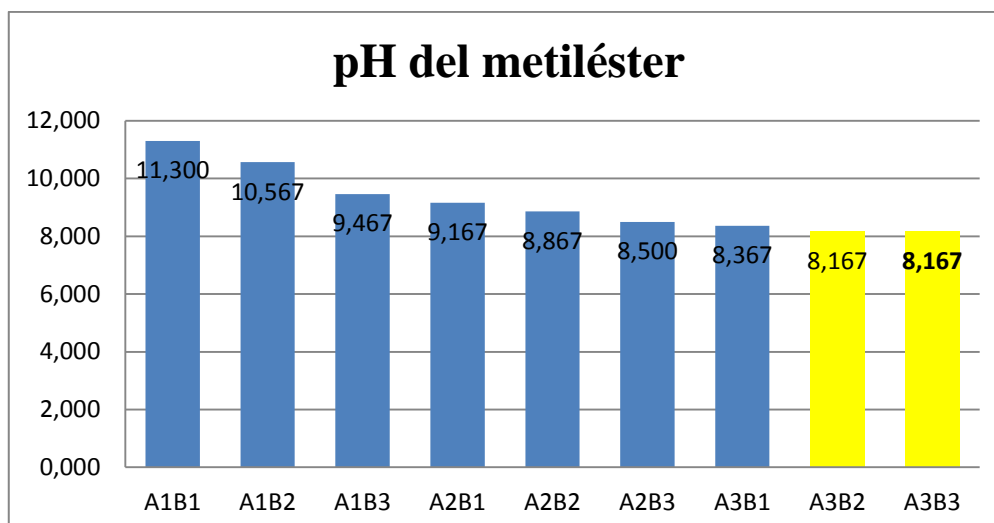
Analizado el factor B (rpm), se realizó la prueba de DMS encontrándose tres rangos, los cuales tienen un comportamiento diferente. Con 300 rpm (B<sub>3</sub>) presenta la media más baja en pH con un valor de pH de 8,71. Para el metiléster después de la primera separación, esto significa una eficiente reacción.



**FIGURA 33.** Interacción de los factores: A (Tiempo de transesterificación - mezcla) y B (rpm). Para la variable pH después de la primera separación

Fuente: Los autores

La interacción demuestra que existe una relación entre el tiempo de transesterificación y la intensidad de mezcla (rpm). Esto se aprecia cuando con 60 minutos de mezcla a 300 rpm se puede conseguir un pH ligeramente básico con un valor de 8,65. Para el metiléster después de la primera separación, esto significa una eficiente reacción.



**FIGURA 34.** pH después de la primera separación

**Fuente:** Los autores

Al graficar las medias para la variable pH de los tratamientos se observa una diferencia, teniendo como mejor media la del tratamiento T<sub>9</sub> (60 minutos de transesterificación a 300 rpm). Por tener la media más baja de pH (8,17). Para el metiléster después de la primera separación.

Este resultado tiene relación con lo que manifiesta Mike Pelly en su artículo Biocombustibles y desarrollo sostenible; que mientras más completa sea la reacción de transesterificación, el valor de pH registrado deberá ser cercano a 7 es decir que, si el pH es superior a 7 la reacción no fue completa por lo tanto habrá partes de solución de metiléster, alcohol metílico e hidróxido de sodio, lo que justifica su basicidad.

#### 4.6 DENSIDAD A 15°C - ASTM D1298.

**TABLA 37:** Densidad al producto terminado, evaluado a 15°C (g/cm<sup>3</sup>)

TRATAMIENTOS		RE	M2	R3	Σ Trat	MEDIAS
<b>A1B1</b>	<b>T1</b>	0,931	0,930	0,935	2,80	0,932
<b>A1B2</b>	<b>T2</b>	0,928	0,921	0,925	2,77	0,925
<b>A1B3</b>	<b>T3</b>	0,918	0,915	0,910	2,74	0,914
<b>A2B1</b>	<b>T4</b>	0,906	0,908	0,907	2,72	0,907
<b>A2B2</b>	<b>T5</b>	0,903	0,903	0,901	2,71	0,902
<b>A2B3</b>	<b>T6</b>	0,894	0,894	0,891	2,68	0,893
<b>A3B1</b>	<b>T7</b>	0,871	0,868	0,876	2,62	0,872
<b>A3B2</b>	<b>T8</b>	0,869	0,869	0,868	2,61	0,869
<b>A3B3</b>	<b>T9</b>	0,868	0,867	0,867	2,60	0,867
	<b>Σ Rep.</b>	8,09	8,08	8,08	<b>24,24</b>	<b>0,898</b>

**Fuente:** Los autores

**TABLA 38:** Análisis de varianza de densidad a 15°C

F de V	GL	SC	CM	FC	FT	
					.05	.01
<b>TOTAL</b>	26	0,01437				
<b>TRATAMIENTOS</b>	8	0,01426	0,001782	276,57**	2,51	3,71
<b>FACTOR A</b>	2	0,01345	0,006726	1043,66**	3,55	6,01
<b>FACTOR B</b>	2	0,00065	0,000327	50,74**	3,55	6,01
<b>INTERACCIÓN A*B</b>	4	0,00015	0,000038	5,94**	2,93	4,58
<b>ERROR EXPERIMENTAL</b>	18	0,00012	0,000006			

Fuente: Los autores

CV= 0,28%

Realizado el análisis de varianza para la densidad a 15°C (B100), se detectó que existe alta significación estadística para tratamientos, factor A (tiempo de transesterificación - mezcla), factor B (rpm), e interacción AxB.

Luego de detectar alta significación estadística se realizó las pruebas de significación correspondientes: TUKEY para tratamientos, DMS para factores.

TUKEY al 5% =0,0073

**TABLA 39:** Prueba de Tukey para tratamientos de la variable densidad a 15°C

TRATAMIENTOS	MEDIAS	Rangos
A1B1	0,932	a
A1B2	0,925	a
A1B3	0,914	b
A2B1	0,907	b
A2B2	0,902	c
A2B3	0,893	d
A3B1	0,872	e
A3B2	0,869	e
A3B3	0,867	e

Fuente: Los autores

Analizado los tratamientos se procedió a realizar la prueba de TUKEY encontrando cinco rangos diferentes, teniendo como mejores tratamientos T<sub>7</sub> (60 minutos de transesterificación a 200 rpm), T<sub>8</sub> (60 minutos de transesterificación a 250 rpm) y T<sub>9</sub> (60 minutos de transesterificación a 300 rpm), mismo que a pesar de tener matemáticamente la

media más baja su resultado se encuentra dentro de norma. (ASTM D 6751-02 mínimo: 0,86 máximo: 0,90 g/cm<sup>3</sup>).

DMS= 0,00435

**TABLA 40:** Prueba de DMS para el factor A. (Tiempo de transesterificación - mezcla) de la variable densidad a 15°C

<b>FACTOR A</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>RANGOS</b>
A1	0,92367	a
A2	0,90078	a
A3	0,86922	<b>b</b>

**Fuente:** Los autores

Analizado el factor A (Tiempo de transesterificación - mezcla), se realizó la prueba de DMS encontrándose tres rangos, los cuales tienen un comportamiento diferente, teniendo como media más baja y dentro de norma A3 (0,869). (ASTM D 6751-02 mínimo: 0,86 máximo: 0,90 g/cm<sup>3</sup>).

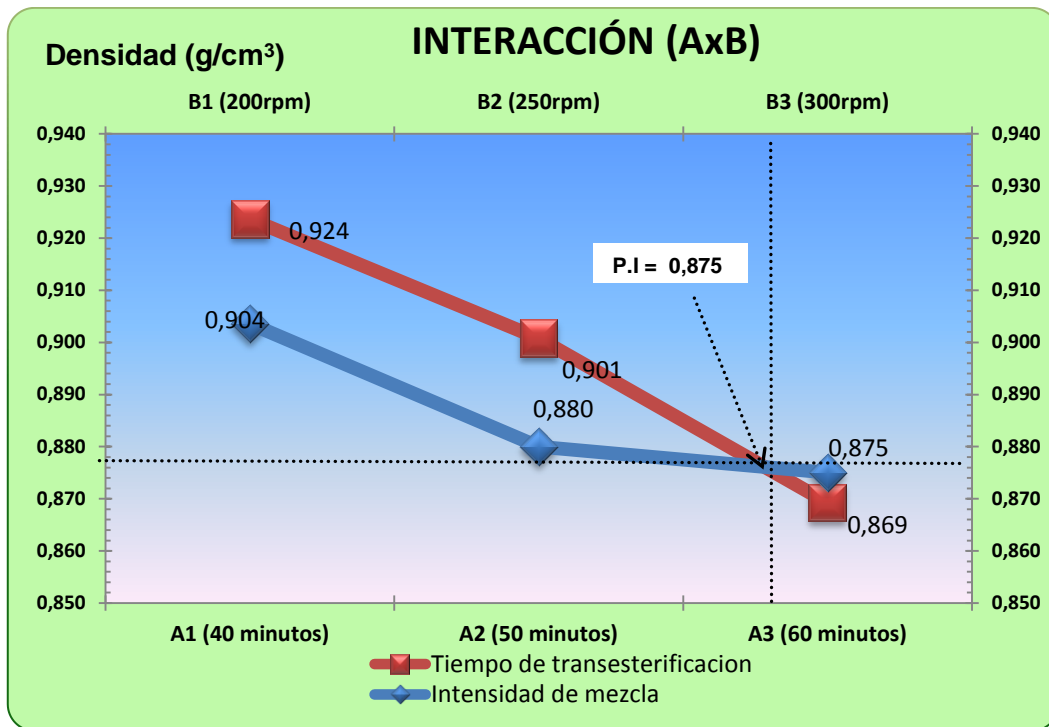
DMS= 0,00435

**TABLA 41:** Prueba de DMS para el factor B. (rpm) de la variable densidad a 15°C

<b>FACTOR B</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>RANGOS</b>
B1	0,904	a
B2	0,899	b
B3	0,892	<b>c</b>

**Fuente:** Los autores

Analizado el factor B (rpm), se realizó la prueba de DMS encontrándose tres rangos, los cuales tienen un comportamiento diferente, teniendo como media más baja y dentro de norma el factor B3. (ASTM D 6751-02 mínimo: 0,86 máximo: 0,90 g/cm<sup>3</sup>).

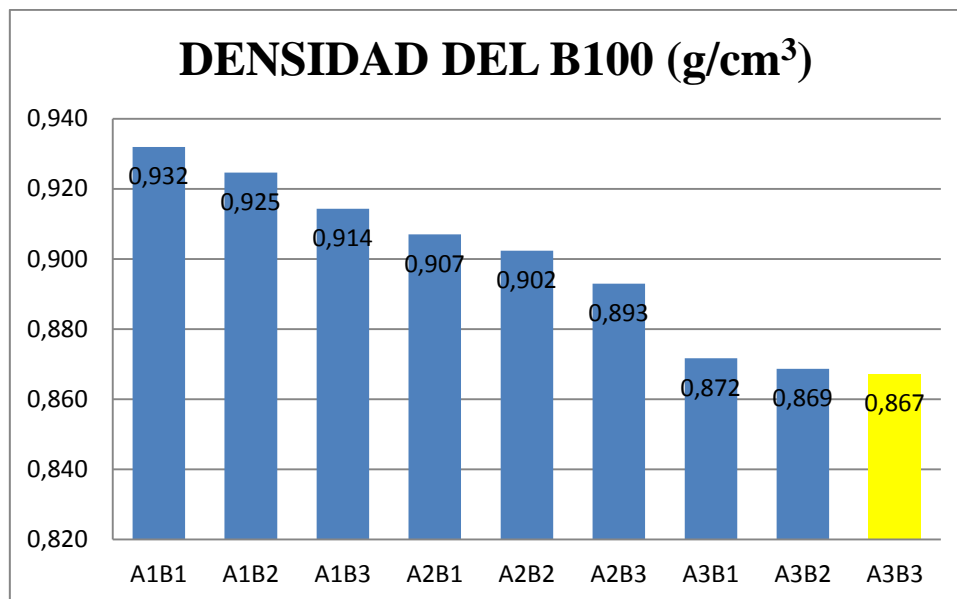


**FIGURA 35.** Interacción de los factores: A (Tiempo de transesterificación - mezcla) y B (rpm) para la variable densidad a 15°C

Fuente: Los autores

La interacción, demuestra que existe una relación directamente proporcional entre el tiempo de transesterificación y la intensidad de mezcla (rpm). Además se aprecia que con 60 minutos de mezcla a 300 rpm se puede conseguir un valor de densidad (0,875 g/cm<sup>3</sup>). Valor dentro de norma.





**FIGURA 36.** Densidad a 15°C (g/cm<sup>3</sup>).\_ ASTM D1298. En (B100)

**Fuente:** Los autores

Al graficar las medias para la variable densidad a 15° C de los tratamientos, se observa una diferencia, teniendo como mejor media la del tratamiento T<sub>9</sub> (60 minutos de transesterificación a 300 rpm). Por tener una media de densidad dentro de norma (ASTM D 1298 mínimo: 0,86 - máximo: 0,90 g/cm<sup>3</sup>).

Interpretación: si la densidad es inferior a 0,86 g/cm<sup>3</sup> indica presencia de metanol sin reaccionar, mientras que si la densidad tiende a ser superior a 0,90 g/cm<sup>3</sup> significa una presencia de AVU sin reaccionar. Tanto en el límite inferior como en el límite superior de densidad, demuestran una reacción incompleta, lo que significa deficiencia en el proceso de transesterificación.

## 4.7 RENDIMIENTO

**TABLA 42:** Rendimiento del metiléster expresado en porcentaje (%)

TRATAMIENTOS		RE	M2	R3	Σ Trat	MEDIAS
A1B1	T1	0,751	0,749	0,745	2,24	0,748
A1B2	T2	0,750	0,756	0,758	2,26	0,755
A1B3	T3	0,740	0,755	0,750	2,25	0,748
A2B1	T4	0,768	0,765	0,760	2,29	0,764
A2B2	T5	0,756	0,758	0,761	2,27	0,758
A2B3	T6	0,782	0,781	0,779	2,34	0,781
A3B1	T7	0,758	0,756	0,768	2,28	0,761
A3B2	T8	0,768	0,765	0,770	2,30	0,768
A3B3	T9	0,786	0,786	0,785	2,36	0,786
<b>Σ Rep.</b>		<b>6,86</b>	<b>6,87</b>	<b>6,88</b>	<b>20,61</b>	<b>0,763</b>

Fuente: Los autores

**TABLA 43:** Análisis de varianza del rendimiento

F de V	GL	SC	CM	FC	FT	
					.05	.01
<b>TOTAL</b>	26	0,00449				
<b>TRATAMIENTOS</b>	8	0,00418	0,000522	30,00**	2,51	3,71
<b>FACTOR A</b>	2	0,00225	0,001127	64,81**	3,55	6,01
<b>FACTOR B</b>	2	0,00099	0,000497	28,58**	3,55	6,01
<b>INTERACCIÓN A*B</b>	4	0,00093	0,000232	13,32**	2,93	4,58
<b>ERROR EXPERIMENTAL</b>	18	0,00031	0,000017			

Fuente: Los autores

CV= 0,55%

Realizado el análisis de varianza para la variable rendimiento, se detectó que existe alta significación estadística para tratamientos, factor A (tiempo de transesterificación - mezcla), factor B (rpm), e interacción AxB.

Luego de detectar alta significación estadística se realizó las pruebas de significación correspondientes: TUKEY para tratamientos, DMS para factores.

**TABLA 44:** Prueba de Tukey para tratamientos de la variable rendimiento

TRATAMIENTOS	MEDIAS	Rangos
T9 (A3B3)	0,78572	a
T6 (A2B3)	0,78088	a
T8 (A3B2)	0,76780	b
T4 (A2B1)	0,76433	b
T7 (A3B1)	0,76053	b
T5 (A2B2)	0,75811	b
T2 (A1B2)	0,75467	c
T3 (A1B3)	0,74833	c
T1 (A1B1)	0,74828	c

TUKEY al 5%=0,0119

Fuente: Los autores

Analizado los tratamientos se procedió a realizar la prueba de TUKEY encontrando tres rangos diferentes, teniendo como mejores tratamiento T<sub>9</sub> (60 minutos de transesterificación a 300 rpm), con respecto a T<sub>1</sub> (40 minutos de transesterificación a 200 rpm), por lo que se determina que este tratamiento genera el más alto rendimiento.

**TABLA 45:** Prueba de DMS para el factor A (Tiempo de transesterificación - mezcla) de la variable rendimiento

FACTOR A	MEDIAS	RANGOS
A3	0,771	a
A2	0,768	a
A1	0,750	b

DMS= 0,0072

Fuente: Los autores

Analizado el factor A (Tiempo de transesterificación - mezcla), se realizó la prueba de DMS encontrándose dos rangos, los cuales tienen un comportamiento diferente. Con 60 minutos de transesterificación (A<sub>3</sub>) presenta un promedio más alto en rendimiento.

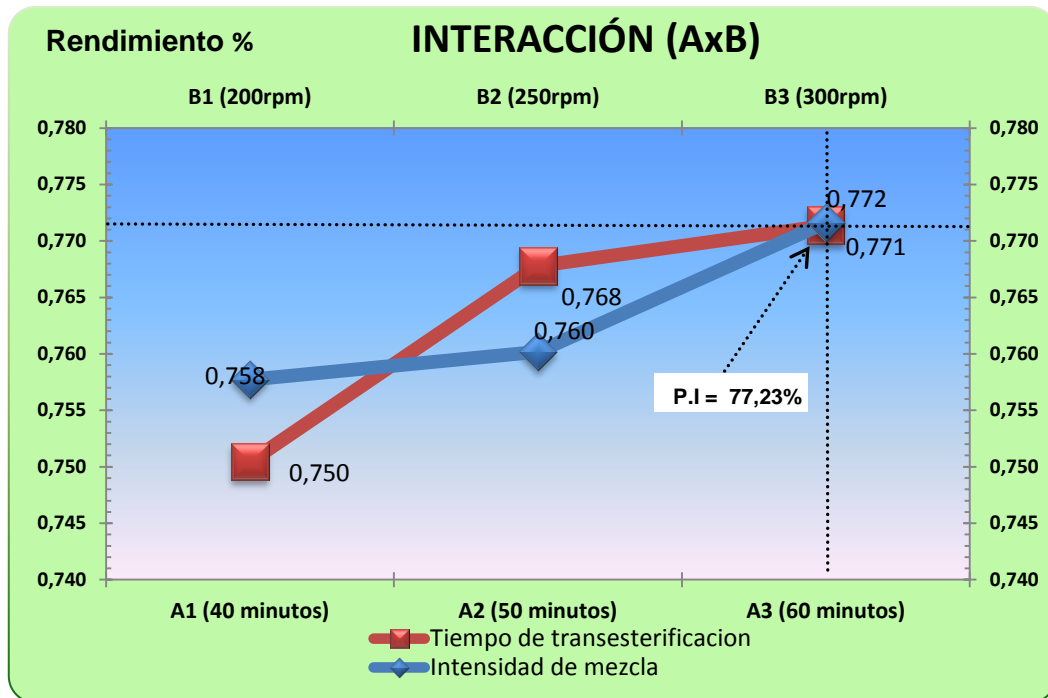
**TABLA 46:** Prueba de DMS para el factor B (rpm) de la variable rendimiento

FACTOR B	MEDIAS	RANGOS
B3	0,772	a
B2	0,760	b
B1	0,758	b

DMS= 0,0072

Fuente: Los autores

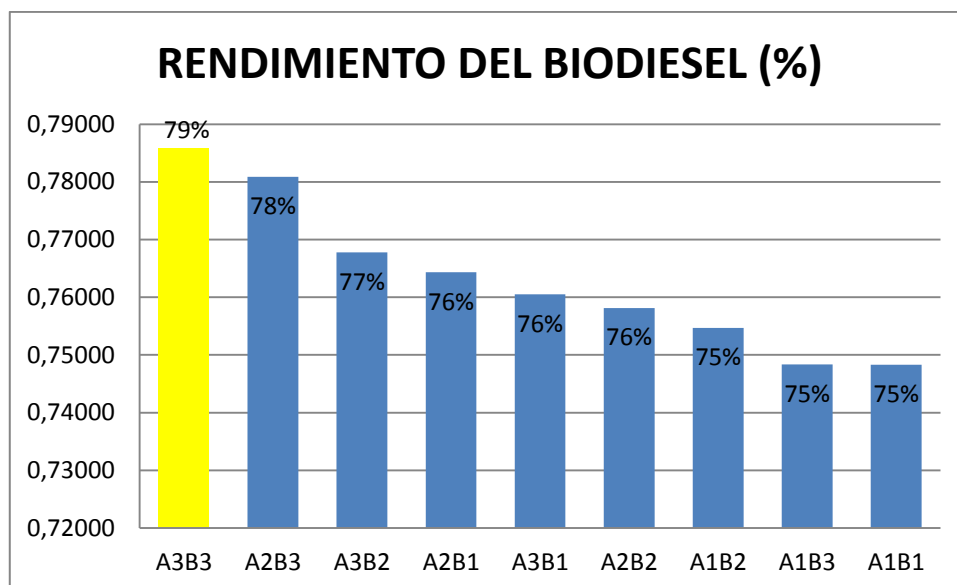
Analizado el factor B (rpm), se realizó la prueba de DMS encontrándose dos rangos, los cuales tienen un comportamiento diferente. Con 300 rpm ( $B_3$ ) presenta promedio más alto en rendimiento, con respecto a 200 rpm ( $B_1$ ).



**FIGURA 37.** Interacción de los factores: A (Tiempo de transesterificación - mezcla) y B (rpm) para la variable rendimiento

Fuente: Los autores

La interacción, demuestra que existe una relación cional entre el tiempo de transesterificación y la intensidad de mezcla (rpm). Además se aprecia que con 60 minutos de mezcla a 300 rpm se puede conseguir un rendimiento del 77,23 %.



**FIGURA 38.** Rendimiento del biodiesel

**Fuente:** Los autores

Al graficar las medias para la variable rendimiento a la salida del lavado, de los tratamientos se observa una diferencia, teniendo como mejor media la del tratamiento T<sub>9</sub> (60 minutos de transesterificación a 300 rpm).

Este resultado muestra que mientras más completa sea la reacción de transesterificación mayor será el rendimiento del biodiesel.

El resultado de rendimiento se expresó a través del balance de materiales, aplicado al mejor tratamiento T<sub>9</sub> (60 minutos de transesterificación a 300 rpm). Para lo cual se procedió a pesar todos los reactantes y resultantes en cada uno de los procesos.

Esto se demuestra con el siguiente cálculo realizado al producto terminado:

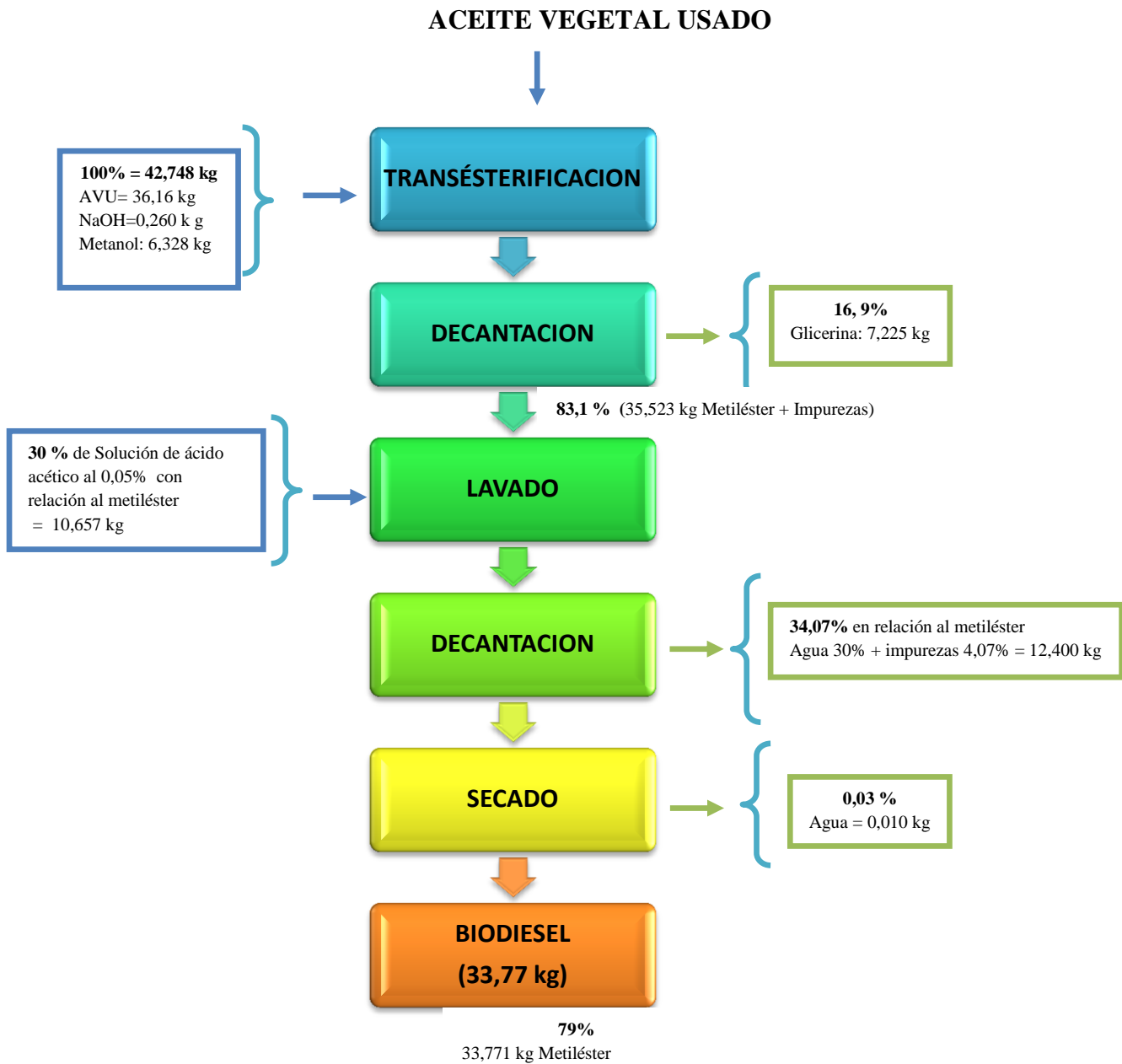
**36,160 kg AVU + 6,588 kg CH<sub>3</sub>ONa = 33,771 kg Metiléster + 7,225 kg Glicerina + 1,752 kg Impurezas**

$$42,748 \text{ kg} = 42,748 \text{ kg}$$

$$\text{Rendimiento} = (33,771 \text{ kg}) / (42,748 \text{ kg}) \times 100\%$$

**Rendimiento = 79%**

#### 4.7.1 BALANCE DE MATERIALES, APLICADO AL MEJOR TRATAMIENTO T<sub>9</sub> (60 MINUTOS DE TRANSESTERIFICACIÓN A 300 rpm)



En el diagrama anterior se evidencia que para obtener 33,771 kg de biodiesel, se partió de una mezcla de 36,16 kg de Aceite vegetal usado más 0,260 kg hidróxido de sodio y 6,328 kg de metanol lo que da un subtotal de 42,748 kg de mezcla.

A esto se le agregó 10,657 kg de solución de ácido acético al 0,05% p/p; para lavar y neutralizar el metiléster. En este proceso se observó una mínima presencia de impurezas

cuyo valor es de 1,743 kg (4,077%), que corresponde a residuos de glicerina, NaOH, ceras entre otros.

En el proceso de secado se observa una mínima presencia de agua (0,010kg) correspondiente a la solución de ácido acético que se agregó para neutralizar el metiléster en el lavado.

#### **4.8 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS DEL BIODIESEL (producto final) EN LOS TRES MEJORES TRATAMIENTOS.**

**TABLA 47:** Resultados de análisis de biodiesel según: NTE INEN 2 482: 2009 tratamiento T6 A2B3 (50 min x 300 rpm)

<b>DETERMINACIÓN</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>MÉTODO</b>	<b>NTE INEN 2 482: 2009</b>		<b>RESULTADO</b>
Densidad API a 60«F*	API	ASTMD287	Mínimo -----	Reportar	29,100
Sedimento Básico y Agua (BSW) *	%V	ASTMD96	Mínimo -----	Máximo 0,5 ASTM D 1796	1,000
Viscosidad Cinemática a 40°C	Cst	PNÉ/DPE C/P/ASTM D 445	Mínimo 3,5	Máximo 5 ASTM D 445	4,640
Carbón Conradson*	%P	ASTM D 189	Mínimo ----	Máximo 0,5 ASTM D 4530	0,131
Corrosión a la lámina de Cobre *	U. Corrosión	ASTM D 130	Mínimo ----	Máximo 3 ASTM D 130	1A
Índice de Cetano Calculado'	-	ASTM D 976	Mínimo ----	Máximo 47 ASTM D 613	46
Calcio	mg/Kg	ASTM D 5056	Mínimo ----	Máximo 5	< 1,800
Magnesio	mg/Kg	ASTM D 5056	Mínimo ----	Máximo 5	5,99
Glicerol total	%	GRAVIMÉTRICO	Mínimo ----	Máximo 0,25	0,09
Glicerina libre	%	GRAVIMÉTRICO	Mínimo ----	Máximo 0,02	0,03
Índice de acidez	mgKOH/g	UNE-EN 14104	Mínimo ----	Máximo 0,5	0,07

**Fuente:** Los autores

**TABLA 48:** Resultados de análisis de biodiesel según: NTE INEN 2 482: 2009 tratamiento T8 A2B3 (60 min x 250 rpm)

DETERMINACIÓN	UNIDADES	MÉTODO	NTE INEN 2 482: 2009		RESULTADO
Densidad API a 60«F*	API	ASTMD287	Mínimo -----	Reportar	28,400
Sedimento Básico y Agua (BSW) *	%V	ASTMD96	Mínimo -----	Máximo 0,5 ASTM D 1796	0,010
Viscosidad Cinemática a 40°C •	Cst	PNÉ/DPEC /P/ASTM D 445	Mínimo 3,5	Máximo 5 ASTM D 445	4,98
Carbón Conradson*	%P	A5TM D 189	Mínimo ----	Máximo 0,5 ASTM D 4530	0,0190
Corrosión a la lámina de Cobre *	U. Corrosión	ASTM D 130	Mínimo ----	Máximo 3 ASTM D 130	1A
Índice de Cetano Calculado'	-	ASTM D 976	Mínimo ----	Máximo 47 ASTM D 613	45
Calcio	mg/Kg	ASTM D 5056	Mínimo ----	Máximo 5	< 1,800
Magnesio	mg/Kg	ASTM D 5056	Mínimo ----	Máximo 5	4,99
Glicerol total	%	GRAVIMÉ TRICO	Mínimo ----	Máximo 0,25	0,05
Glicerina libre	%	GRAVIMÉ TRICO	Mínimo ----	Máximo 0,02	0,01
Índice de acidez	mgKOH/g	UNE-EN 14104	Mínimo ----	Máximo 0,5	0,26

Fuente: NTE INEN 2482:2009



**TABLA 49:** Resultados de análisis de biodiesel según: NTE INEN 2 482: 2009 tratamiento T9 A2B3 (60 min x 300 rpm)

DETERMINACIÓN	UNIDADES	MÉTODO	NTE INEN 2 482: 2009		RESULTADO
Densidad API a 60°F	API	ASTMD28 7	Mínimo -----	Reportar	28,100
Sedimento Básico y Agua (BSW) *	% V	ASTMD96	Mínimo -----	Máximo 0,5 ASTM D 1796	0,01
Viscosidad Cinemática a 40°C • ' ,	Cst	PNÉ/DPEC /P/ASTM D 445	Mínimo 3,5	Máximo 5 ASTM D 445	4,97
Carbón Conradson*	%P	A5TM D 189	Mínimo ----	Máximo 0,5 ASTM D 4530	0,145
Corrosión a la lámina de Cobre *	U. Corrosión	ASTM D 130	Mínimo ----	Máximo 3 ASTM D 130	1A
Índice de Cetano Calculado'	-	ASTM D 976	Mínimo ----	Máximo 47 ASTM D 613	45
Calcio	mg/Kg	ASTM D 5056	Mínimo ----	Máximo 5	< 1,800
Magnesio	mg/Kg	ASTM D 5056	Mínimo ----	Máximo 5	4,99
Glicerol total	%	GRAVIMÉ TRICO	Mínimo ----	Máximo 0,25	0,04
Glicerina libre	%	GRAVIMÉ TRICO	Mínimo ----	Máximo 0,02	0,01
Índice de acidez	mgKOH/g	UNE-EN 14104	Mínimo ----	Máximo 0,5	0,25

Fuente: Laboratorios U. Central

## 4.9 COSTOS DE PRODUCCIÓN

Para determinar los costos de producción de biodiesel B100, se procedió a calcular el total del costo para los tratamientos, los costos de la materia prima y reactivos químicos utilizados en el proceso de elaboración.

#### 4.9.1 COSTO DE PRODUCCIÓN T1 (40 min x 200 rpm)

ACTIVIDAD	COSTOS DE PRODUCCIÓN- (Procesar 40 litros de Aceite Vegetal Usado)				
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL (USD)
MATERIA PRIMA Y REACTIVOS	Aceite vegetal usado	40,00	Litros	0,200	8,00
	Alcohol metílico	8,00	Litros	0,930	7,44
	Hidróxido de sodio	0,262	Kilogramos	1,000	0,26
	Energía eléctrica	1,90	kwh	0,080	0,15
	Acido acético	0,50	gramos	0,020	0,01
MANO DE OBRA	Preparación de AVU	1,000	Jornal	1,66	1,66
	Transesterificación				
	Lavado				
	Otros				
<b>TOTAL</b>					<b>17,52</b>

**4.9.2 COSTO DE PRODUCCIÓN T2 (40 min x 250 rpm)**

ACTIVIDAD	COSTOS DE PRODUCCIÓN- (Procesar 40 litros de Aceite Vegetal Usado)				
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL (USD)
<b>MATERIA PRIMA Y REACTIVOS</b>	Aceite vegetal usado	40,000	Litros	0,20	8,00
	Alcohol metílico	8,000	Litros	0,93	7,44
	Hidróxido de sodio	0,265	Kilogramos	1,00	0,27
	Energía eléctrica	10,000	kwh	0,08	0,80
	Acido Acético	0,400	gramos	0,02	0,01
<b>MANO DE OBRA</b>	Preparación de AVU	1,000	Jornal	1,66	1,66
	Transesterificación				
	Lavado				
	Otros				
<b>TOTAL</b>					<b>18,17</b>

#### 4.9.3 COSTO DE PRODUCCIÓN T3 (40 min x 300rpm)

ACTIVIDAD	COSTOS DE PRODUCCIÓN- (Procesar 40 litros de Aceite Vegetal Usado)				
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL (USD)
MATERIA PRIMA Y REACTIVOS	Aceite vegetal usado	40,00	Litros	0,20	8,00
	Alcohol metílico	8,00	Litros	0,93	7,44
	Hidróxido de sodio	0,276	Kilogramos	1,00	0,28
	Energía eléctrica	10,00	kwh	0,08	0,80
	Acido Acético	0,80	gramos	0,02	0,02
MANO DE OBRA	Preparación de AVU	1,00	Jornal	1,66	1,66
	Transesterificación				
	Lavado				
	Otros				
<b>TOTAL</b>					<b>18,19</b>

#### 4.9.4 COSTO DE PRODUCCIÓN T4 (50 min x 200 rpm)

ACTIVIDAD	COSTOS DE PRODUCCIÓN- (Procesar 40 litros de Aceite Vegetal Usado)				
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL (USD)
MATERIA PRIMA Y REACTIVOS	Aceite vegetal usado	40,00	Litros	0,200	8,00
	Alcohol metílico	8,00	Litros	0,930	7,44
	Hidróxido de sodio	0,281	Kilogramos	1,000	0,28
	Energía eléctrica	10,00	kwh	0,080	0,80
	Ácido Acético	0,65	gramos	0,020	0,01
MANO DE OBRA	Preparación de AVU	1,000	Jornal	1,660	1,66
	Transesterificación				
	Lavado				
	Otros				
<b>TOTAL</b>					<b>18,19</b>

**4.9.5 COSTO DE PRODUCCIÓN T5 (50 min x 250rpm)**

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>COSTOS DE PRODUCCIÓN- (Procesar 40 litros de Aceite Vegetal Usado)</b>				
	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO (USD)</b>	<b>VALOR TOTAL (USD)</b>
<b>MATERIA PRIMA Y REACTIVOS</b>	Aceite vegetal usado	40,00	Litros	0,20	8,00
	Alcohol metílico	8,00	Litros	0,93	7,44
	Hidróxido de sodio	0,269	Kilogramos	1,00	0,27
	Energía eléctrica	10,00	kwh	0,08	0,80
	Ácido Acético	0,65	gramos	0,02	0,01
<b>MANO DE OBRA</b>	Preparación de AVU	1,00	Jornal	1,66	1,66
	Transesterificación				
	Lavado				
	Otros				
<b>TOTAL</b>					<b>18,18</b>

4.9.6 COSTO DE PRODUCCIÓN T6 (50 min x 300 rpm)

ACTIVIDAD	COSTOS DE PRODUCCIÓN- (Procesar 40 litros de Aceite Vegetal Usado)				
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL (USD)
MATERIA PRIMA Y REACTIVOS	Aceite vegetal usado	40,00	Litros	0,20	8,00
	Alcohol metílico	8,00	Litros	0,93	7,44
	Hidróxido de sodio	0,268	Kilogramos	1,00	0,27
	Energía eléctrica	10,00	kwh	0,08	0,80
	Ácido Acético	0,57	gramos	0,02	0,01
MANO DE OBRA	Preparación de AVU	1,00	Jornal	1,66	1,66
	Transesterificación				
	Lavado				
	Otros				
<b>TOTAL</b>					<b>18,18</b>

4.9.7 COSTO DE PRODUCCIÓN T7 (60min x 200rpm)

ACTIVIDAD	COSTOS DE PRODUCCIÓN- (Procesar 40 litros de Aceite Vegetal Usado)				
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL (USD)
MATERIA PRIMA Y REACTIVOS	Aceite vegetal usado	40,00	Litros	0,200	8,00
	Alcohol metílico	8,00	Litros	0,930	7,44
	Hidróxido de sodio	0,260	Kilogramos	1,000	0,26
	Energía eléctrica	10,00	kwh	0,080	0,80
	Ácido Acético	0,70	gramos	0,020	0,01
MANO DE OBRA	Preparación de AVU	1,00	Jornal	1,660	1,66
	Transesterificación				
	Lavado				
	Otros				
<b>TOTAL</b>					<b>18,17</b>



4.9.8 COSTO DE PRODUCCIÓN T8 (60 min x 250 rpm)

ACTIVIDAD	COSTOS DE PRODUCCIÓN- (Procesar 40 litros de Aceite Vegetal Usado)				
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL (USD)
MATERIA PRIMA Y REACTIVOS	Aceite vegetal usado	40,00	Litros	0,20	8,00
	Alcohol metílico	8,00	Litros	0,93	7,44
	Hidróxido de sodio	0,261	Kilogramos	1,00	0,26
	Energía eléctrica	10,00	kwh	0,08	0,80
	Ácido acético	0,51	gramos	0,02	0,01
MANO DE OBRA	Preparación de AVU	1,00	Jornal	1,66	1,66
	Transesterificación				
	Lavado				
	Otros				
<b>TOTAL</b>					<b>18,17</b>

4.9.9 COSTO DE PRODUCCIÓN T9 (60min x 300 rpm)

ACTIVIDAD	COSTOS DE PRODUCCIÓN- (Procesar 40 litros de Aceite Vegetal Usado)				
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL (USD)
MATERIA PRIMA Y REACTIVOS	Aceite vegetal usado	40,000	Litros	0,20	8,00
	Alcohol metílico	8,000	Litros	0,93	7,44
	Hidróxido de sodio	0,260	Kilogramos	1,00	0,26
	Energía eléctrica	10,000	kwh	0,08	0,80
	Ácido Acético	0,510	gramos	0,02	0,01
MANO DE OBRA	Preparación de AVU	1,000	Jornal	1,66	1,66
	Transesterificación				
	Lavado				
	Otros				
<b>TOTAL</b>					<b>18,17</b>
Costo galon \$: 1,866					

## **CAPITULO V**

### **5 CONCLUSIONES**

Luego de las discusiones de las variables evaluadas en la investigación “Determinación de parámetros óptimos para la producción de biodiesel (B100) a partir del aceite vegetal usado en fritura”, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1. Se acepta la hipótesis alternativa planteada, porque la intensidad de agitación en el reactor y el tiempo en la etapa de transesterificación influyen en el proceso de manera directa, de tal manera que garantizan una reacción completa del metóxido con el aceite vegetal usado.
2. Los parámetros óptimos para la producción de biodiesel son 300 rpm x 60 min (T9).
3. Los análisis físico-químicos contenidos en la NTE INEN 2 482: 2009 realizados a los tres mejores tratamientos demuestran que el producto final puede ser utilizado en los motores a diésel.
4. El balance de materiales determinó que el tratamiento T9 (300 rpm x 60 min), presento el rendimiento más alto. El subproducto generado puede ser utilizado como materia prima para la elaboración de otros productos (jabón industrial, ceras para piso, entre otros).
5. A mayor contenido de humedad en la materia prima (aceite vegetal usado), la reacción de transesterificación se vuelve más inestable y da lugar a otros subproductos no deseados (mono y diglicéridos, jabón, emulsiones).

## CAPÍTULO VI

### 6 RECOMENDACIONES

De las conclusiones presentadas en base a las variables estudiadas en la presente investigación sobre la determinación de parámetros óptimos para la producción de biodiesel B100 a partir de AVU, se presentan las siguientes recomendaciones:

1. La obtención de biodiesel se basa en el buen uso y empleo de las dosis exactas de cada componente químico.
2. Este combustible es aconsejado para usarse directamente o en mezclas con diésel comercial en cualquier proporción, en motores a combustión (ejemplo: tractor, camión, tráiler, barcos, entre otros).
3. Realizar pruebas preliminares del aceite vegetal usado a emplearse (pH, coloración, presencia o ausencia de impurezas, olor), para determinar el grado de oxidación en el que se encuentra.
4. La calidad de químicos a emplearse en el proceso de transesterificación deben ser totalmente anhidros. Cualquier presencia de agua antes y durante la reacción química, alterara directamente el resultado hacia la generación de otros compuestos químicos no deseados como; jabones, exceso de glicerina, mono y di-glicéridos.
5. Se recomienda realizar investigaciones que permitan aprovechar el subproducto (Glicerina) de este proceso, a fin de dar un valor agregado representa alrededor del 16%.
6. El producto terminado B100, debe tener las mismas consideraciones para almacenamiento y transporte, como si se tratara de un combustible a base de petróleo.
7. Es indispensable realizar lotes de producción pequeños que permitan determinar la dosis exacta que permita recuperar el aceite para transformarlo en B100. Este paso ayuda a optimizar el uso de materia prima y reactivos.
8. Tener mucho cuidado al momento de realizar la separación del metil-éster y glicerina, NO DEBEN mezclarse porque esta sustancia puede atascar los inyectores del motor de combustión.
9. Importante, para el lavado del metiléster, se recomienda utilizar agua blanda (libre de sales minerales Na, Mg, Ca, entre otros), de no ser así, el Biodiesel, tendrá en su

composición química partes de estas sales, que al combustionar en el motor se irán impregnando a las paredes de todo el sistema de combustión, y a futuro causará corrosión en el sistema.

10. Realizar estudios similares con otros tipos de grasas (animales y tipos de oleaginosas) para la producción de biodiesel B100.
11. Se recomienda realizar estudios similares de transesterificación, con parámetros de revoluciones por minuto que bordeen un rango de 300 a 350 rpm, para determinar un punto más eficiente de reacción.

## CAPÍTULO VII

### 7 RESUMEN

Esta investigación se realizó con el propósito de generar una alternativa ecológica que permita el aprovechamiento de los aceites usados en las frituras a nivel comercial (restaurantes de comida) y hogares. Para ello la alternativa planteada fue convertir este aceite en un combustible ecológico, Biodiesel.

Para llegar al objetivo propuesto se realizó una investigación científica, empleando un diseño experimental, con el cual se pudo determinar los parámetros óptimos para la producción de biocombustible. Teniendo como resultado un biodiesel con características y propiedades de acuerdo a la normativa local vigente. Ello demuestra que la alternativa ecológica planteada es factible.

Esta investigación contribuirá al mejoramiento de la calidad de vida (Sumak Kawsay) en el marco de la salud preventiva e integral, seguridad alimentaria y conservación ambiental que es lo más importante en la presente investigación.

#### **Palabras clave:**

Biocombustible, Aceite vegetal usado, Biodiesel, Transesterificación, Triglicéridos

Ibarra, 18 de Mayo de 2015

---

Ing. Pedro Sandoval  
**Director de tesis**

---

Franklin R. Flores F.  
**Estudiante**

---

José W. Imbaquingo A.  
**Estudiante**

## CAPÍTULO VIII

### 8 SUMMARY

This research was conducted with the purpose of creating an environmentally friendly alternative that allows the use of oils used in commercially fried foods ( food restaurants ) and homes. For this, the alternative proposed was to convert this oil in an environmentally friendly fuel Biodiesel.

To reach the proposed objective scientific research was performed using an experimental design , with which it could determine the optimal parameters for the production of biofuel. Resulting in a biodiesel characteristics and properties according to local laws . This demonstrates that ecological alternative proposed is feasible.

This research will contribute to improving the quality of life ( Sumak Kawsay ) in the framework of preventive and comprehensive health, food security and environmental conservation is most important in this investigation.

Keywords:

Biofuel, used vegetable oil , biodiesel , transesterification , triglycerides

Ibarra, 18 May de 2015

---

Ing. Pedro Sandoval

**Director**

---

Franklin R. Flores F.

**Estudent**

---

José W. Imbaquingo A.

**Estudent**

## CAPITULO IX

### 9 REFERENCIAS

#### 9.1 BIBLIOGRAFÍA

1. Adame Romero, A. (2010). *Contaminación ambiental y calentamiento global*. Mexico: Trillas.
2. Burín, M. 2009. Utilización de aceite de fritura usado para fabricación de biodiesel en plantas medianas para autoconsumo. Instituto Nacional de Tecnología Industrial-INTI, ARG. p. 1 - 7.
3. Climent Olmedo, M. J., Morera Bertomeu, I., & Iborra Chornet, S. (2008). *Química orgánica*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
4. DAMIEN, A. (2010), *Energías renovables manual técnico 1t*. España: Antonio Madrid Vicente
5. Espinoza A. y palmay P. (2009), *Diseño y construcción de un reactor para la obtención por transesterificación de biodiesel a partir de aceite reciclado de cocina*. Espoch Facultad De Ingeniería Química-Riobamba.
6. FERNANDEZ, J. (2010), *Guía Completa de la Biomasa y los biocombustibles* España: Antonio Madrid Vicente
7. Fernández Ruiz, D. A. (2011). Adaptar el motor a diésel Chang Fa de 22 Hp M/S195h0 para la utilización de aceite comestible reciclado. *Universidad Técnica del Norte*.
8. FREIRE, H. *Química orgánica*. Quinta edición. Quito-Ecuador, 1982
9. Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2009). BIODIESEL. REQUISITOS. *NTE INEN 2 482:2009* (pág. 6). QUITO: INEN.
10. J.M. Encinar, A. Pardal, G. Martínez, “Transésterification of rapeseed oil in subcritical methanol conditions”, *Fuel Processing Technology*, 94 (2012) 40–46
11. KUKLINSKI, C. (2011), *Medio Ambiente Sanidad Y Gestion 1t*. Barcelona: Omega S.A
12. LANG X. (et al). (2001). *Preparation and characterization of bio-diesels from various bio-oils*. BIORESOUR. TECHNOL; p 80: 53 – 62.
13. Machuca L (Mayo 2007). *Desarrollo de Biodiesel en El Salvador* Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas”  
Tesis Pregrado - SAN SALVADOR, EL SALVADOR, C.A.



14. Montesdeoca Simbaña, L. I., & Vásquez Cuamacas, S. V. (2014). Construcción de un banco didáctico motor diesel Isuzu 3000cc, como recurso académico para el interaprendizaje teórico-práctico en la carrera de ingeniería en mantenimiento automotriz. *Universidad Tecnica del Norte*, 118.
15. OROZCO, C. (2011), *Contaminación Ambiental It*. Madrid: Paraninfo
16. Palma Carrera, D. A., & ORTIZ PILACUAN, F. S. (2012). Investigación acerca de la utilización del biodiesel en el motor Nissan OCH diesel de aspiración atmosférica. *Universidad Técnica del Norte*.
17. PERALVO D. (et al), *Biocombustible una alternativa para el sector agrícola*.
18. POLO COLLANTES, R. (2008). *Química: teoría y solución de problemas*. Lima: Megabyte.
19. Puetate Castro, R. E., & Maldonado Ponce, O. V. (2013). *Elaboración de jabones de tocador sólidos tales como sulfuroso, humectante y exfoliante a partir De gel de yausabara (pavonia sepium)*. Ibarra: Universidad Tecnica del Norte.
20. Sánchez, E & Alfaro, Y. *Estudio de prefactibilidad para la generación de biodiesel a partir de aceite quemado en el restaurante Tip Top, Estelí, Nicaragua*. Universidad Nacional De Ingeniería, Nicaragua.
21. SENPLADES. (2012). Transformación de la Matriz Productiva. Quito, Ecuador: ediecuatorial.
22. VÁSQUEZ M. y GALLEGOS T. (et al)(2008), *Biocombustibles* Edición del 30/06/2008-Madrid (España).

## 9.2 FUENTES DE INTERNET

1. PROPIEDADES BIODIESEL  
<<https://www.fing.edu.uy/archivos/biodiesel/clase-9.pdf>> [25/01/15]
2. GLICERINA.  
<<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/601a700/nspn0624.pdf>> [25/01/2015]
3. HIDRÓXIDO DE SODIO.  
<<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/301a400/nspn0360.pdf>> [25/01/2015].
4. ALCOHOL METÁLICO

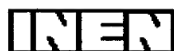
- <<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/0a100/nspn0057.pdf>> [25/01/2015]
5. **ÁCIDO ACÉTICO**  
<<http://www.ladep.es/ficheros/documentos/ácido%20acetico%20ficha%20tecnica%20internacional.pdf>> [25/01/2015]
6. **METANOL**  
<<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/0a100/nspn0057.pdf>> [25/01/2015]
7. **ALCOHOL ISOPROPÍLICO**  
<http://sct.uab.cat/l-amb-controlat/sites/sct.uab.cat.l-amb-controlat/files/Alcohol%20Isoprop%C3%ADlic.pdf> [25/01/2015].
8. **MÉTODO SENCILLO PARA HACER BIODIÉSEL**  
<http://www.journeytoforever.org/es/biocombustibles/biodiesel-proceso-una-etapa.cgi> [10/01/2015].

# **CAPITULO X**

## **10 ANEXOS**

# ANEXO 1

## NORMAS INEN DE BIODIESEL



# INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

---

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 2 482:2009**

---

---

## **BIODIESEL. REQUISITOS.**

### **Primera Edición**

BIODIESEL. REQUIREMENTS.

First Edition

---

DESCRIPTORES: Tecnología química, productos químicos orgánicos, ácidos orgánicos, aceite combustible, biodiesel, requisitos.  
QU 03.02-405  
CDU: 665.12:662.75  
CIU: 3511  
ICS: 71.080.40

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	BIODIESEL. REQUISITOS.	NTE INEN 2 482:2009 2009-03
<p style="text-align: center;"><b>1. OBJETO</b></p> <p>1.1 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir los ésteres metílicos o etílicos (FAME o FAEE) de ácidos grasos que van a ser usados como combustible para motores de ciclo Diesel.</p> <p style="text-align: center;"><b>2. ALCANCE</b></p> <p>2.1 Esta norma se aplica al biodiesel con una concentración del 100% (B100)</p> <p style="text-align: center;"><b>3. DEFINICIONES</b></p> <p>3.1 Para los efectos de esta norma se adoptan las siguientes definiciones:</p> <p>3.1.1 <i>Biodiesel</i>. Es un combustible compuesto de mezclas de ésteres mono alquílicos de ácidos grasos de cadenas de carbonos medias y largas derivados de aceites vegetales o grasas animales.</p> <p>3.1.2 <i>Cadena media</i>. Comprende cadenas de carbono de: C<sub>8</sub> a C<sub>12</sub></p> <p>3.1.3 <i>Cadena larga</i>. Comprende cadenas de carbono a partir de C<sub>14</sub></p> <p>3.1.4 <i>Aceite Vegetal</i>. Es aquel obtenido a partir de plantas oleaginosas mediante procesos de presión, extracción u otros procedimientos, crudo o refinado, el cual puede ser usado como combustible cuando sea compatible con el tipo de motor y las exigencias correspondientes en materia de emisiones.</p> <p>3.1.5 <i>Grasa animal</i>. Es aquella obtenida de tejidos adiposos de animales mediante procesos térmicos, extracción u otros.</p> <p>3.1.6 <i>Aditivo</i>. Sustancia que se incorpora a un sistema, en cantidades relativamente pequeñas con un propósito específico</p> <p style="text-align: center;"><b>4. DISPOSICIONES GENERALES</b></p> <p>4.1 <b>Aditivación</b>. Se permite el uso de aditivos al biodiesel para mejorar o evitar la alteración de sus características fisicoquímicas. Estas sustancias no deben producir efectos negativos a la salud y el ambiente</p> <p>4.2 <b>Presentación</b>. El biodiesel debe ser homogéneo y visualmente debe estar libre de agua, sedimentos y materiales extraños en suspensión</p> <p style="text-align: center;"><b>5. REQUISITOS</b></p> <p>5.1 <b>Requisitos específicos</b></p> <p>5.1.1 El biodiesel debe cumplir con los requisitos establecidos en la tabla 1.</p> <p style="text-align: right;">(Continúa)</p>		
<p>DESCRIPTORES: Tecnología química, productos químicos orgánicos, ácidos orgánicos, aceite combustible, biodiesel, requisitos.</p>		

TABLA 1. Requisitos del biodiesel

REQUISITOS	UNIDAD	Mínimo	Máximo	Métodos de Ensayo
Densidad a 15° C	kg/m <sup>3</sup>	860	900	ASTM D 1298
Punto de Inflamación	°C	120	—	ASTM D 93
Punto de Turbidez	°C	Reportar <sup>1</sup>		
Φ Agua y sedimento	%	---	0,05	ASTM D 1796
Contenido de Agua	mg/kg	---	500	ASTM D 95
Viscosidad Cinemática a 40° C	mm <sup>2</sup> /S	3,5	5	ASTM D 445
Cenizas Sulfatadas	% (m/m)	---	0,02	ASTM D 874
Contenido de Azufre	mg/kg	---	10	ASTM D 1552
W Carbón Residual <sup>2</sup>	%	---	0,05	ASTM D 4530
Corrosión lámina de cobre	Clasificación	---	3	ASTM D 130
Número de cetano	-	49	---	ASTM D 613
Temperatura de destilación al 90% recuperado	°C	---	360	ASTM D 1160
W Glicerina libre	%	---	0,02	ASTM D 6584
W Glicerina total	%	---	0,25	ASTM D 6584
W Contenido de ésteres	%	96,5	---	EN 14103
Índice de yodo	g yodo/100 g	---	120	EN 14111
W Contenido de metanol	%	---	0,20	ASTM D 4815 EN 14110
Contenido de fósforo	mg/kg	---	10	ASTM D 4951
Contenido de metales alcalinos (Na + K)	mg/kg	---	5	EN 14108
Contenido de metales alcalinos (Ca + Mg)	mg/kg	---	5	prEN 14538
Número de acidez	mg KOH/g	---	0,5	ASTM D 664

<sup>1</sup> El punto de turbidez del biodiesel generalmente es mayor que el diesel de origen fósil y debe ser tomado en consideración para los procesos de mezcla

<sup>2</sup> Debe ser determinado en el 100% de la muestra

## 5.2 Requisitos complementarios

5.2.1 El transporte, almacenamiento y manejo del biodiesel debe realizarse de conformidad con lo establecido en la NTE INEN 2266.

5.2.2 La comercialización se realizará en m<sup>3</sup>, sus múltiplos y submúltiplos (litros), de acuerdo con lo dispuesto en la Ley 2007-76 del Sistema Ecuatoriano de la Calidad.

## 6. INSPECCIÓN

### 6.1 Muestreo.

6.1.1 El muestreo debe realizarse de acuerdo con lo establecido en la NTE INEN 930.

### 6.2 Aceptación y rechazo

6.2.1 En la muestra extraída se efectuarán los ensayos indicados en el numeral 5 de esta norma.

6.2.2 Si la muestra ensayada no cumple con uno o más de los requisitos establecidos en el numeral 5 de esta norma, se rechazará el lote correspondiente.

(Continúa)

## APÉNDICE Z

## Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 930	<i>Petróleo crudo y sus derivados. Muestreo</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 266	<i>Transporte, almacenamiento y manejo de productos químicos peligrosos. Requisitos</i>
ASTM D 1298	<i>Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), or API Gravity of Crude Petroleum and Liquid Petroleum Products by Hydrometer Method.</i>
ASTM D 93	<i>Test Method for Flash Point by Pensky-Martens Closed Cup tester</i>
ASTM D 1796	<i>Test Method for Water and Sediment in Fuel Oil by the Centrifuge Method (Laboratory Procedure).</i>
ASTM D 95	<i>Test Method for Water in Petroleum Products and Bituminous Materials by Distillation.</i>
ASTM D 445	<i>Test Method for Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids (and the Calculation of Dynamic Viscosity)</i>
ASTM D 874	<i>Test Method for Sulfated Ash from Lubricating Oils and Additives.</i>
ASTM D 1552	<i>Test Method for Sulfur in Petroleum Products (High-Temperature) Method.</i>
ASTM D 4530	<i>Test Method for Determination of Carbon Residue (Micro Method)</i>
ASTM D 130	<i>Test Method for Corrosiveness to Copper from Petroleum Products by Copper Strip Test.</i>
ASTM D 613	<i>Test Method for Cetane Number of Diesel Fuel Oil</i>
ASTM D 1160	<i>Test Method for Distillation of Petroleum Products at Reduced Pressure.</i>
ASTM D 6584	<i>Test Method for Determination of Free and Total Glycerin B-100 Biodiesel Methyl Esters By Gas Chromatography.</i>
ASTM D 4815	<i>Test Method for Determination of MTBE, ETBE, TAME, DIPE tertiary-Amyl Alcohol and C<sub>1</sub> to C<sub>4</sub> Alcohols in Gasoline by Gas Chromatography.</i>
ASTM D 4951	<i>Test Method for Determination of Additive Elements in Lubricants Oils by Inductively Coupled Plasma Atomic Emissions Spectrometry.</i>
ASTM D 664	<i>Test Method for Acid Number Petroleum Products by Potentiometric Titration</i>
EN 14103	<i>Fat and oil derivatives. Fatty Acid Methyl Esters (FAME). Determination of esters methyl ester contents</i>
EN 14108	<i>Fat and oil derivatives. Fatty Acid Methyl Esters (FAME). Determination of sodium content by atomic absorption spectrometry..</i>
EN 14110	<i>Fat and oil derivatives. Fatty Acid Methyl Esters (FAME). Determination of methanol content.</i>
EN 14111	<i>Fat and oil derivatives. Fatty Acid Methyl Esters (FAME). Determination of iodine value.</i>
prEN 14538	<i>Fat and oil derivatives. Fatty Acid Methyl Esters (FAME). Determination of Ca and Mg content by opticaloxidation stability (accelerated oxidation test).</i>
Ley 2007-76	<i>Sistema Ecuatoriano de la Calidad. Registro Oficial No. 26 de 2007-02-22.</i>

(Continúa)

## Z.2 BASES DE ESTUDIO

Norma ASTM D 6751 *Standard Specification for Biodiesel Fuel Blend Stock (B100) for Middle distillate Fuels*. The American Society for Testing and Materials. Philadelphia, 2006.

Norma europea EN 14214 *Automotive fuels. Fatty acid methyl esters (FAME) for diesel engines. Requirements and test methods*. European Committee for Standardization, Brussels 2003.



## INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

**Documento:** TÍTULO: BIODIESEL. REQUISITOS. **Código:**  
QU 03.02-405  
NTE INEN 2 482

<b>ORIGINAL:</b> Fecha de iniciación del estudio: 2007-07-24	<b>REVISIÓN:</b> Fecha de aprobación anterior del Directorio Oficialización con el Carácter de por Resolución No.        de publicado en el Registro Oficial No.    de  Fecha de iniciación del estudio:
--	--

Fechas de consulta pública: de \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_

**Subcomité Técnico:** PRODUCTOS DERIVADOS DEL PETRÓLEO

Fecha de iniciación: 2007-09-27

Fecha de aprobación: 2007-11-22

Integrantes del Subcomité Técnico:

**NOMBRES:**

**INSTITUCIÓN REPRESENTADA:**

Ing. Jorge Medina (Presidente)

INGENIERÍA QUÍMICA – UNIVERSIDAD  
CENTRAL DEL ECUADOR

Ing. Irving Salazar

PETROECUADOR

Ing. Alexis Ortiz

CIMEPI

Ing. Jorge Álvarez

CORPAIRE

Ing. Iván Paredes

CINAE

Ing. Gabriel Pinto

PETRÓLEOS Y SERVICIOS

Ing. Patricia Recalde

MINISTERIO DE LA ELECTRICIDAD

Ing. Mauro González

DIRECCIÓN NACIONAL DE

HIDROCARBUROS

Ing. María del Carmen Ortiz

DIRECCIÓN NACIONAL DE

HIDROCARBUROS

Ing. Rubén Ávila

NAVIPAC S. A

Ing. Isabel Guerra

MINISTERIO DEL AMBIENTE

Ing. Eduardo Espín

MINISTERIO DEL AMBIENTE

Sr. Clemente Ponce

AEADE

Ing. Marco Chuiza

INGENIERIA QUÍMICA-ESPOCH

Ing. Elizabeth Marcillo

LA FABRIL S. A

Ing. Mario Burbano

REPSOL YPP COMERCIAL

Ing. Mauricio Recalde

GM-OBB

Ing. Irving Salazar

IDT -PETROECUADOR

Ing. Percival Andrade

LA FABRIL S. A

Dr. Alberto Celi

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

Ing. Manuel Urbina

LABORATORIO-DNH

Ing. Margarita Mazón

LABORATORIO-DNH

Ing. Isabel Guerra

MINISTERIO DEL AMBIENTE

Ing. Andrés Zumárraga

GM-OBB

Ing. Miguel Parreño

INGENIERIA QUÍMICA-ESCUELA

POLITÉCNICA NACIONAL

Ing. César Jara (Secretario Técnico)

INEN

Otros trámites:

El Directorio del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 2008-10-31

Oficializada como: Voluntaria

Por Resolución No. 128-2008 de 2009-01-27

Registro Oficial No. 539 de 2009-03-03

---

**Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno ES-29 y Av. 8 de Diciembre  
Cajita 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815**

**Dirección General: E-Mail: [direccion@inen.gov.ec](mailto:direccion@inen.gov.ec)**

**Área Técnica de Normalización: E-Mail: [normalizacion@inen.gov.ec](mailto:normalizacion@inen.gov.ec)**

**Área Técnica de Certificación: E-Mail: [certificacion@inen.gov.ec](mailto:certificacion@inen.gov.ec)**

**Área Técnica de Verificación: E-Mail: [verificacion@inen.gov.ec](mailto:verificacion@inen.gov.ec)**

**Área Técnica de Servicios Tecnológicos: E-Mail: [inencati@inen.gov.ec](mailto:inencati@inen.gov.ec)**

**Regional Guayas: E-Mail: [inguayas@inen.gov.ec](mailto:inguayas@inen.gov.ec)**

**Regional Azuay: E-Mail: [inencuenca@inen.gov.ec](mailto:inencuenca@inen.gov.ec)**

**Regional Chimborazo: E-Mail: [inenriobamba@inen.gov.ec](mailto:inenriobamba@inen.gov.ec)**

**URL: [www.inen.gov.ec](http://www.inen.gov.ec)**

# ANEXO 2

## REPORTE DE ANÁLISIS DE METANOL



### Report of Analysis

<b>Client:</b> Brenntag Latin America, Inc. c/o Schenker <b>Job Location:</b> Intercontinental Terminals Company  <b>Vessel:</b> CLIPPER DAISY <b>Our Reference Number:</b> US230-0050399 <b>Lab Reference Number:</b> 2010-DRPK-005061	<b>Client Reference Number:</b> 11344 / 10276 11432/10358
--	---

Description	Method	Test	Result	Units
METHANOL 08-Apr-2010 2010-DRPK-0050399-004	CLIPPER DAISY 9P & 10S	Before Load		
	ASTM D1209	Color	5	
	ASTM D1353	Nonvolatile Matter..	<1	ppm
	ASTM D1363	Permanganate Time @ 15 degC, Minutes	>50	
	ASTM D1722	Water Miscibility	Pass	
	ASTM D4176	Appearance	Clear & Free	

This report has been reviewed for accuracy, completeness, and comparison against specifications when available. The reported results are only representative of the samples submitted for testing and are subject to confirmation upon completion of the final report, which may contain warnings, exceptions and terms and conditions which are pertinent to the data supplied herein. It is the position of Intertek that the final report is the prevailing document, and that the use of interim documents by the client is at their own risk. This report shall not be reproduced except in full without written approval of the laboratory.

Signed: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_  
 Intertek  
 Arpit Patel

Reviewed by: \_\_\_\_\_ Date: 08-Apr-2010  
 Arpit Patel  
 Intertek

# ANEXO 3

## HOJAS DE DATOS DE SEGURIDAD DE HIDRÓXIDO DE SODIO HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD HIDROXIDO DE SODIO

Rótulo NFPA



Rótulos UN



Fecha Revisión: 21/03/2005

### SECCIÓN 1: PRODUCTO QUÍMICO E IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

<b>Nombre del Producto:</b>	HIDROXIDO DE SODIO
<b>Sinónimos:</b>	Soda cáustica (anhídrica), Soda cáustica en escamas, Cáustico blanco, Lejía, Hidrato de sodio.
<b>Fórmula:</b>	NaOH
<b>Número interno:</b>	
<b>Número UN:</b>	1823 Sólido
<b>Clase UN:</b>	8
<b>Compañía que desarrolló la Hoja de Seguridad:</b>	Esta hoja de datos de seguridad es el producto de la recopilación de información de diferentes bases de datos desarrolladas por entidades internacionales relacionadas con el tema. La alimentación de la información fue realizada por el Consejo Colombiano de Seguridad, Carrera 20 No. 39 - 62. Teléfono (571) 2886355. Fax: (571) 2884367. Bogotá, D.C. - Colombia.

Teléfonos de Emergencia:

### SECCIÓN 2: COMPOSICIÓN E INFORMACIÓN SOBRE INGREDIENTES

#### COMPONENTES

Componente	CAS	TWA	STEL	%
Hidróxido de sodio	1310-73-2	N.R. (ACGIH 2004)	C 2 mg/m3 (ACGIH 2004)	99-100

**Uso:** Neutralización de ácidos, refinación del petróleo, producción de papel, celulosa, textiles, plásticos, explosivos, removedor de pinturas, limpiador de metales, electroplateado, limpiadores comerciales y domésticos, pelado de frutas y verduras en la industria de alimentos.

### SECCIÓN 3: IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

#### VISIÓN GENERAL SOBRE LAS EMERGENCIAS:

Peligro. Corrosivo. Higroscópico. Reacciona con agua ácidos y otros materiales. Causa quemaduras a piel y ojos. Puede ocasionar irritación severa de tracto respiratorio y digestivo con posibles quemaduras. En casos crónicos puede producir cáncer en el esófago y dermatitis por contacto prolongado con la piel.

#### EFFECTOS ADVERSOS POTENCIALES PARA LA SALUD:

<b>Inhalación:</b>	Irritante severo. Los efectos por la inhalación del polvo o neblina varían desde una irritación moderada hasta serios daños del tracto respiratorio superior, dependiendo de la severidad de la exposición. Los síntomas pueden ser estornudos, dolor de garganta o goteo de la nariz. Puede ocurrir neumonía severa.
<b>Ingestión:</b>	Corrosivo! La ingestión puede causar quemaduras severas de la boca, garganta y estómago. Pueden ocurrir severas lesiones tisulares y muerte. Los síntomas pueden ser sangrado, vómitos, diarrea, caída de la presión sanguínea. Los daños pueden aparecer algunos días después de la exposición.
<b>Piel:</b>	Corrosivo! El contacto con la piel puede causar irritación o severas quemaduras y cicatrización en las exposiciones mayores.

HIDROXIDO DE SODIO

CISPROQUIM 1

<b>Ojos:</b>	Produce irritación con dolor, enrojecimiento y lagrimeo constante. En casos severos quemaduras de la córnea e incluso ceguera.
<b>Efectos crónicos:</b>	Contacto prolongado produce dermatitis, fisuras e inflamación de la piel. Puede causar cáncer al esófago.

#### SECCIÓN 4: PROCEDIMIENTOS DE PRIMEROS AUXILIOS

<b>Inhalación:</b>	Trasladar al aire fresco. Si no respira administrar respiración artificial. Si respira con dificultad suministrar oxígeno. Mantener la víctima abrigada y en reposo.
<b>Ingestión:</b>	Lavar la boca con agua. Si está consciente, suministrar abundante agua. No inducir el vómito. Buscar atención médica inmediatamente.
<b>Piel:</b>	Retirar la ropa y calzado contaminados. Lavar la zona afectada con abundante agua y jabón, mínimo durante 15 minutos. Si la irritación persiste repetir el lavado. Buscar atención médica.
<b>Ojos:</b>	Lavar con abundante agua, mínimo durante 15 minutos. Levantar y separar los párpados para asegurar la remoción del químico. Colocar una venda esterilizada. Buscar atención médica.
<b>Nota para los médicos:</b>	Después de proporcionar los primeros auxilios, es indispensable la comunicación directa con un médico especialista en toxicología, que brinde información para el manejo médico de la persona afectada, con base en su estado, los síntomas existentes y las características de la sustancia química con la cual se tuvo contacto.

#### SECCIÓN 5: MEDIDAS EN CASO DE INCENDIO

<b>Punto de inflamación (°C):</b>	N.A.
<b>Temperatura de autoignición (°C):</b>	N.A.
<b>Limites de inflamabilidad (%VV):</b>	N.A.
<b>Peligros de incendio y/o explosión:</b>	No es combustible pero en contacto con agua puede generar suficiente calor para encender combustibles. El material caliente o fundido puede reaccionar violentamente con agua. El contacto con algunos metales genera hidrógeno el cual inflamable y explosivo. Durante un incendio se forman gases tóxicos y corrosivos.
<b>Medios de extinción:</b>	No usar medios de extinción halogenados ni chorro de agua a presión. Utilizar un agente adecuado al fuego circundante.
<b>Productos de la combustión:</b>	Óxido de Sodio.
<b>Precauciones para evitar incendio y/o explosión:</b>	Evitar el contacto con metales, combustibles y humedad. Mantener los contenedores cerrados. Los equipos eléctricos, de iluminación y ventilación deben ser a prueba de explosiones y resistentes a la corrosión.
<b>Instrucciones para combatir el fuego:</b>	Evacuar o aislar el área de peligro. Eliminar todos los materiales combustibles de la zona. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Ubicarse a favor del viento. Usar equipo de protección personal. Refrigerar los contenedores con agua en forma de rocío. Si los contenedores están cerrados, retirarlos del área de peligro.

#### SECCIÓN 6: MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

Evacuar o aislar el área de peligro. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Ubicarse a favor del viento. Usar equipo de protección personal. Ventilar el área. No permitir que caiga en fuentes de agua y alcantarillas. Los residuos deben recogerse con medios mecánicos no metálicos y colocados en contenedores apropiados para su posterior disposición.

#### SECCIÓN 7: MANEJO Y ALMACENAMIENTO

<b>Manejo:</b>	Utilizar los elementos de protección personal así sea muy corta la exposición o la actividad que realizar con la sustancia; mantener estrictas normas de higiene. No fumar ni beber en el sitio de trabajo. Usar las menores cantidades posibles. Conocer en dónde está el equipo para la atención de emergencias. Leer las instrucciones de la etiqueta antes de usar.
----------------	---

HIDROXIDO DE SODIO

CISPROQUIM 2

**Almacenamiento:** Lugares ventilados, frescos y secos. Lejos de fuentes de calor e ignición. Separado de materiales incompatibles. En recipientes no metálicos, preferiblemente a nivel del piso. Señalizar adecuadamente. Rotular los recipientes adecuadamente.

## SECCIÓN 8: CONTROLES DE EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL

**Controles de ingeniería:** Ventilación local para mantener la concentración por debajo de los límites de salud ocupacional. Debe disponerse de duchas y estaciones lavajos.

### EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

**Protección de los ojos y rostro:** Gafas de seguridad con protector lateral.

**Protección de piel:** Careta, guantes, overol de PVC y botas de caucho.

**Protección respiratoria:** Respirador con filtro.

**Protección en caso de emergencia:** Equipo de respiración autocontenido (S.C.B.A) y ropa de protección TOTAL resistente a la corrosión.

## SECCIÓN 9: PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

**Apariencia, olor y estado físico:** Sólido blanco inodoro en forma de escamas.

**Gravedad específica (Agua=1):** 2.13 / 25°C

**Punto de ebullición (°C):** 1390

**Punto de fusión (°C):** 318

**Densidad relativa del vapor (Aire=1):** N.R.

**Presión de vapor (mm Hg):** 42.0 / 999°C

**Viscosidad (cp):** 4 a 350 °C.

**pH:** 14 (solución 5%)

**Solubilidad:** Soluble en agua, alcohol y glicerol.

## SECCIÓN 10: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

**Estabilidad química:** Estable bajo condiciones normales de almacenamiento y manipulación. No se polimeriza. Es sensible a la humedad o exposición excesiva al aire.

**Condiciones a evitar:** Calor, llamas, humedad e incompatibles.

**Incompatibilidad con otros materiales:** El contacto con ácidos y compuestos halogenados orgánicos, especialmente tricloroetileno, puede causar reacciones violentas. El contacto con nitrometano u otros compuestos nitro similares produce sales sensibles al impacto. El contacto con metales tales como aluminio, magnesio, estaño o cinc puede liberar gas hidrógeno (inflamable). Reacciona rápidamente con varios azúcares para producir monóxido de carbono. Reacciona con materiales inflamables.

**Productos de descomposición peligrosos:** Cuando este material se calienta hasta la descomposición puede liberar óxido de sodio.

**Polimerización peligrosa:** No ocurrirá.

## SECCIÓN 11: INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Quemaduras severas por ingestión y contacto. Puede provocar desprendimiento del epitelio conjuntival y corneal. LDLo oral conejo= 0.5 g/kg (en solución al 10%).

Iritación de los ojos y la piel: el hidróxido de sodio ha sido extensivamente estudiado en animales porque este tiene la habilidad de causar severos daños a la piel y a los ojos.

Los factores que determinan la extensión y reversibilidad de el daño incluye el estado físico, la concentración, la cantidad involucrada y la duración del contacto. Los efectos pueden variar de una irritación mediana a severa corrosión con destrucción del tejido, incluyendo la ceguera y la muerte.

Toxicidad inhalación: Exposición de ratas a aerosoles formados a partir del hidróxido de sodio en solución (5 a 40%) resulta en irritación significativa del tracto respiratorio.

Es considerado como no carcinógeno por ACGIH, NIOSH; NTP, OSHA e IARC.

No existe información disponible relacionada con efectos de tipo teratogénico, mutagénico o neurotóxico.

## SECCIÓN 12: INFORMACIÓN ECOLÓGICA

HIDROXIDO DE SODIO

CISPROQUIM 3

Peligroso para la vida acuática aún en bajas concentraciones. Mortal para peces a partir de 20 mg/L. Toxicidad peces: LC10 = 25 ppm/24H/Trucha de arroyo/Agua fresca. DBO= ninguno. No biodegradable.

### **SECCIÓN 13: CONSIDERACIONES DE DISPOSICIÓN**

Debe tenerse presente la legislación ambiental local vigente relacionada con la disposición de residuos para su adecuada eliminación.

Los residuos de este material pueden ser llevados a un relleno sanitario legalmente autorizado para residuos químicos, previa neutralización.

### **SECCIÓN 14: INFORMACIÓN SOBRE TRANSPORTE**

Etiqueta blanca-negra de sustancia corrosiva. No transportar con sustancias explosivas, sustancias que en contacto con agua puedan desprender gases inflamables, sustancias comburentes, peróxidos orgánicos, materiales radiactivos, sustancias incompatibles ni alimentos.

### **SECCIÓN 15: INFORMACIÓN REGLAMENTARIA**

1. Ley 769/2002. Código Nacional de Tránsito Terrestre. Artículo 32: La carga de un vehículo debe estar debidamente empacada, rotulada, embalada y cubierta conforme a la normatividad técnica nacional.

2. Decreto 1609 del 31 de Julio de 2002, Por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera.

3. Ministerio de Transporte. Resolución número 3800 del 11 de diciembre de 1998. Por el cual se adopta el diseño y se establecen los mecanismos de distribución del formato único del manifiesto de carga.

4. Los residuos de esta sustancia están considerados en: Ministerio de Salud. Resolución 2309 de 1986, por la cual se hace necesario dictar normas especiales complementarias para la cumplida ejecución de las leyes que regulan los residuos sólidos y concretamente lo referente a residuos especiales.

### **SECCIÓN 16: OTRAS INFORMACIONES**

La información relacionada con este producto puede no ser válida si éste es usado en combinación con otros materiales o en otros procesos. Es responsabilidad del usuario la interpretación y aplicación de esta información para su uso particular.

#### **Bibliografía**

HIDROXIDO DE SODIO

CISPROQUIM 4

#### **SECCIÓN 14: INFORMACION SOBRE TRANSPORTE**

Etiqueta roja de líquido inflamable. No transportar con sustancias clase explosivas, gases venenosos, sólidos de combustión espontánea, sustancias comburentes, peróxidos orgánicos, materiales radiactivos, sustancias con riesgo de incendio, ni alimentos.

#### **SECCIÓN 15: INFORMACION REGLAMENTARIA**

1. Decreto 381 del 2000, Registro Oficial 117 de Junio 11 del 2000. La carga de un vehículo debe estar debidamente empacada, rotulada, embalada y cubierta conforme a la normatividad técnica ecuatoriana INEN 2288.2000. 2. Ley de Tránsito y Transporte Terrestre, Por el cual se reglamenta para el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera, Norma Técnica INEN 2260.2000. 3. Ley 108 de 1990 Registro Oficial 523 de Septiembre 17 de 1990. Por la cual se adopta las reglamentaciones para sustancias estupefacientes y sicótropicas. 4. Esta hoja de datos de seguridad cumple los lineamientos de la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2266.2000. 5. Los residuos de este producto deberán ser considerados de acuerdo a las disposiciones establecidas por el Ministerio de Ambiente.

#### **SECCIÓN 16: OTRAS INFORMACIONES**

La información relacionada con este producto puede no ser válida si este es usado en combinación con otros materiales o en otros procesos. Es responsabilidad del usuario la interpretación y aplicación de esta información para su uso particular.

#### **Bibliografía**

www.112.com.ec y www.epa.gov MSDS de proveedores locales e internacionales.

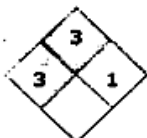


# ANEXO 4

## HOJAS DE DATOS DE SEGURIDAD DEL METANOL

### HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

#### METANOL



#### SECCIÓN 1: PRODUCTO QUÍMICO E IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

**Nombre del Producto:** METANOL  
**Sinónimos:** Alcohol Metílico, Hidrato Metílico, Monohidroximetano, Carbinol, Hidróxido Metílico, Metinol, Alcohol o Espiritu de Madera.  
**Fórmula:** CH<sub>3</sub>OH  
**Número Interno:** \*\*\*\*\*  
**Número UN:** 1230  
**Clase UN:** 3  
**Compañía que desarrolló la Hoja de Seguridad:** Esta hoja de datos de seguridad es el producto de la recopilación de información de diferentes bases de datos desarrolladas por entidades internacionales relacionadas con el tema. La actualización de la información fue realizada por el Consejo Colombiano de Seguridad, Carrera 20 No. 39 - 62. Teléfono (571) 2886355. Fax: (571) 2884367. Bogotá, D.C. - Colombia.  
**Teléfonos de emergencia:** 7110500 2472741 099769522

#### SECCIÓN 2: COMPOSICIÓN E INFORMACIÓN SOBRE INGREDIENTES

**Usos:** Solvente combustible, plastificante, reactivo de laboratorio, extracción de aceites vegetales y animales, anticongelante, elevador de octano, manufactura de productos químicos y farmacéuticos, agente de extracción, producción de formaldehído, monometil, dimetilamina, sulfato dimetílico, metil antraquinona y metil ésteres, desnaturalización de etanol, deshidratación de gas natural, en la producción de pinturas, barnices, cementos, tintas, cosméticos, plásticos y colorantes.

Nombre	CAS	TWA	STEL	%
Metanol	67-56-1	200	250	100

#### SECCIÓN 3: IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

##### VISIÓN GENERAL SOBRE LAS EMERGENCIAS:

Veneno; peligro vapor dañino. Puede ser fatal o causar ceguera si se ingiere. Nocivo si se inhala o absorbe a través de la piel. No puede tomarse no-venenoso. Líquido y vapor inflamables. Causa irritación a piel, ojos y aparato respiratorio. Afecta el sistema nervioso central e hígado.

##### EFFECTOS ADVERSOS POTENCIALES PARA LA SALUD:

**Inhalación:** Irrita las mucosas nasales y oculares. Produce asfixia, vértigo, tos, dolor de cabeza, náuseas, vómito, trastornos oculares, convulsiones e inconsciencia.  
**Ingestión:** Disturbios visuales, dolor abdominal, diarrea, vómito, inconsciencia. En casos graves: coma, paro respiratorio, ceguera, convulsiones, acidosis metabólica severa y muerte.  
**Piel:** Se absorbe por la piel presentando efectos iguales a la inhalación. Produce resequedad, enrojecimiento y dolor.  
**Ojos:** Irritación, dolor, lagrimeo, sensación de quemadura y visión borrosa.  
**Efectos crónicos:** Su eliminación del cuerpo es lenta. Produce ceguera, acidosis metabólica, afecta el corazón y el sistema nervioso central, en especial el nervio óptico, conduce a dolores de cabeza persistentes y visión borrosa. Los efectos crónicos de sobreexposición pueden incluir daños a los riñones y el hígado. La exposición repetida o prolongada en contacto con la piel conduce a dermatitis.

#### SECCIÓN 4: PROCEDIMIENTOS DE PRIMEROS AUXILIOS

**Inhalación:** Trasladar al aire fresco. Si no respira administrar respiración artificial (evitar el método boca a boca). Si respira con dificultad suministrar oxígeno. Mantener la víctima abrigada y en reposo. Buscar atención médica inmediatamente.  
**Ingestión:** Lavar la boca con agua. Si está consciente, suministrar abundante agua o de a beber una copa de whisky. No reducir el vómito. Buscar atención médica inmediatamente.  
**Piel:** Retirar la ropa y calzado contaminados. Lavar la zona afectada con abundante agua y jabón, mínimo durante 15 minutos. Si la irritación persiste repetir el lavado. Buscar atención médica.  
**Ojos:** Lavar con abundante agua, mínimo durante 15 minutos. Levantar y separar los párpados para asegurar la remoción del químico. Si la irritación persiste repetir el lavado. Buscar atención médica.  
**Nota para los médicos:** Después de proporcionar los primeros auxilios, es indispensable la comunicación directa con un médico especialista en toxicología, que brinde información para el manejo médico de la persona afectada, con base en su estado, los síntomas existentes y las características de la sustancia química con la cual se tuvo contacto.

#### SECCIÓN 5: MEDIDAS EN CASO DE INCENDIO

**Punto de inflamación (°C):** 11 copa cerrada  
**Temperatura de autoignición (°C):** 385  
**Límites de inflamabilidad (%V/V):** 6 - 36  
**Peligros de incendio y/o explosión:** Altamente inflamable. Los vapores son más pesados que el aire, pueden viajar hasta la fuente de ignición y regresar en Llamas. Los contenedores pueden explotar cuando están expuestos a las llamas. Puede formar mezclas explosivas con el aire.

**FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD****1. Identificación del producto y de la empresa**

Identificación del producto: ALCOHOL ISOPROPÍLICO

Uso del producto: Uso industrial solamente

Identificación de la Empresa: Valentín Herrán, S.A.  
 Ctra. Basurto a Castrojana, 212  
 48013 Bilbao  
 Telf.: 94 498 00 12 – 94 498 00 00

Teléfono de emergencias: 112

**2. Composición/Información sobre los componentes**

Sustancias que contribuyen al riesgo:

Nombre	Rango (%)	Símbolos	Frase R*	Nº CE	Nº CAS
2-Propanol	75-100%	F, Xi	11-36-67	200-661-7	67-63-0

\* Ver el texto completo de las frases en el epígrafe 15.

**3. Identificación de peligros**

Fácilmente inflamable.  
 Irrita los ojos.  
 La inhalación de vapores puede provocar somnolencia y vértigo.

**4. Primeros auxilios**

**Generales:**  
 En caso de duda o cuando persistan los síntomas, buscar ayuda médica. Nunca administrar nada por la boca a una persona inconsciente.

**Inhalación:**  
 Situar al accidentado al aire libre y mantenerlo caliente y en reposo. Si la respiración es irregular o se detiene, practicar la respiración artificial. Si está inconsciente, ponerle en una posición adecuada y buscar ayuda médica.

**Contacto con los ojos:**  
 En caso de llevar lentes de contacto, quitarlas. Lavar abundantemente los ojos con agua limpia y fresca durante, por lo menos, 10 minutos, tirando hacia arriba de los párpados y buscar asistencia médica.

**Contacto con la piel:**  
 Quitar la ropa contaminada. Lavar la piel a fondo con agua y jabón o un limpiador de piel adecuado. NUNCA utilizar disolventes o diluyentes.

**Ingestión:**  
 Si accidentalmente se ha ingerido, buscar inmediatamente atención médica. Mantenerlo en reposo y no provocar NUNCA el vómito.

**5. Medidas de lucha contra incendios**

**Medios de extinción:**  
 Recomendados: espuma resistente al alcohol, CO<sub>2</sub>, polvo químico seco, agua pulverizada, arena, tierra.  
 No utilizar: chorro directo de agua.

**Recomendaciones:**  
 Aislar y sacar el recipiente de la zona de fuego, si puede hacerse sin riesgo. Refrigerar con agua los tanques, sistemas o recipientes expuestos al fuego. Evitar que los productos de lucha contra incendios pasen a alcantarillas o a cursos de agua.  
 El fuego produce un denso humo negro. La exposición a los productos de descomposición puede ser perjudicial para la salud. Pueden ser necesarios los equipos de protección normales en la extinción de un fuego: trajes resistentes al calor y aparatos de respiración autónoma.

## ANEXO 5

### HOJAS DE DATOS DE SEGURIDAD DEL ALCOHOL ISOPROPÍLICO

Producto: **ALCOHOL ISOPROPÍLICO**

Fecha de actualización: 20/06/03

#### 6. Medidas en caso de vertido accidental

**Precauciones personales:**

Eliminar los posibles puntos de ignición y ventilar la zona. Evitar respirar los vapores. Emplear las medidas de seguridad enumeradas en los epígrafes 7 y 8.

**Precauciones para la protección del medio ambiente:**

Evitar que los vertidos pasen a las alcantarillas o a los cursos de agua.

**Métodos de limpieza:**

Detener y recoger el vertido con materiales absorbentes no combustibles (por ejemplo: tierra, arena, vermiculita, tierra de diatomeas) y depositar en un recipiente adecuado para su posterior eliminación, según la legislación local (Ver epígrafe 13).

#### 7. Manipulación y almacenamiento

**Manipulación:**

Los vapores son más pesados que el aire y circulan a ras del suelo, siendo posible la ignición a distancia. Las zonas de trabajo deben mantenerse perfectamente ventiladas, con una buena renovación de aire, en las cuales se haya eliminado toda llama desprotegida y otros puntos de ignición.

En el transvase de productos se deben utilizar siempre tomas de tierra. Utilizar equipos y herramientas antidiflagrantes.

Mantener el envase bien cerrado, aislado de fuentes de calor, chispas y fuegos. No emplear NUNCA presión para vaciar los envases, no son envases resistentes a la presión.

En la zona de aplicación debe estar prohibido fumar, comer y beber.

Evitar que el preparado entre en contacto con la piel y ojos. Evitar la inhalación de vapores y las neblinas que se producen durante el pulverizado.

**Almacenamiento:**

Almacenar según la legislación local y observar las indicaciones de la etiqueta. Almacenar los envases en un lugar seco y bien ventilado, lejos de fuentes de calor y protegidos de fuentes de ignición y de la luz solar directa. No fumar. Mantener lejos de agentes oxidantes y de materiales fuertemente ácidos o alcalinos. Una vez abiertos los envases, han de volverse a cerrar cuidadosamente y colocarlos verticalmente para evitar derrames. Evitar la entrada de personas no autorizadas.

**Usos específicos:**

Para uso industrial solamente.

#### 8. Controles de la exposición/protección personal

**Medidas de orden técnico:**

Prever una ventilación adecuada, lo cual puede conseguirse mediante una buena extracción-ventilación local y un buen sistema general de extracción. Si esto no fuese suficiente para mantener las concentraciones de partículas y vapores del disolvente por debajo del límite de exposición durante el trabajo, debe llevarse un equipo de respiración adecuado.

**Valores límite de la exposición:**

Límites de exposición durante el trabajo para:

Compuesto	VLA-EC*		VLA-ED*	
	ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>
2-Propanol	500	1250	400	998

\*VLA-EC: Valor límite ambiental de exposición de corta duración.

VLA-ED: Valor límite ambiental de exposición diaria.

Según el documento "Límites de exposición profesional para agentes químicos en España. Año 2003" del INSHT (Instituto de Seguridad e Higiene en el Trabajo).

**Controles de la exposición profesional:**

Protección respiratoria

Cuando los trabajadores soporten concentraciones superiores al límite de exposición, deben utilizar equipo respiratorio adecuado y homologado.

Protección cutánea. Manos:

Para contactos prolongados o repetidos utilizar guantes impermeables. Las cremas protectoras pueden ayudar a proteger las zonas de la piel expuestas, dichas cremas no deben aplicarse NUNCA una vez que la exposición se haya producido.

**Protección de los ojos:**

Utilizar gafas protectoras, especialmente diseñadas para proteger contra las salpicaduras de líquidos.

**Protección cutánea: Resto del cuerpo:**

El personal debe llevar ropas antiestáticas de fibra natural o de fibras sintéticas resistentes a altas temperaturas.

**Controles de la exposición del medio ambiente:**

Evitarse las emisiones a la atmósfera durante la aplicación manteniendo abierto el envase el mínimo tiempo posible. Conservar los residuos en envases cerrados y evitar derrames.

**9. Propiedades físicas y químicas**

Aspecto:	Líquido transparente e incoloro
Punto/Intervalo de ebullición:	82 – 83° C
Punto de Inflamación:	10° C
Limites de explosividad:	Inferior: 2 % Superior: 12 %
Temperatura de autoinflamación:	460° C
Presión de vapor:	41,6 mbar (20° C)
Densidad relativa:	0,785
Solubilidad (en agua):	Totalmente soluble

**10. Estabilidad y reactividad**

Estable bajo las condiciones de manipulación y almacenamiento recomendadas (ver epígrafe 7).

Mantener alejado de agentes oxidantes y de materiales fuertemente alcalinos o ácidos, a fin de evitar reacciones exotérmicas.

En caso de incendio se pueden generar productos de descomposición peligrosos, tales como CO, humos y vapores tóxicos.

**11. Información toxicológica**

**Ingestión:**

LD 50: 5480 mg/kg.

Grandes dosis pueden causar mareos, vómitos, náuseas, dolor de cabeza y síntomas de embriaguez.

**Contacto cutáneo:**

El contacto prolongado puede provocar dermatitis.

**Inhalación:**

En concentraciones altas, puede causar irritación de las vías respiratorias y actuar como anestésico.

**Ojos:**

Puede causar irritación.

**12. Información ecológica**

**Movilidad:**

Producto miscible con agua y de alta velocidad de evaporación.

**Persistencia y degradabilidad:**

El producto es rápidamente biodegradable.

**Potencial de bioacumulación:**

No se espera que sea bioacumulable.

**13. Consideraciones relativas a la eliminación**

No se permite su vertido en alcantarillas o cursos de agua.

Los residuos y envases vacíos deben ser considerados para su gestión, eliminación y tratamiento según la legislación vigente.

**14. Información relativa al transporte**

Transportar siguiendo las normas ADR para el transporte por carretera, las RID por ferrocarril, las IMDG por mar y las ICAO/IATA para transporte aéreo.

Modo de transporte	Detalles		
Carretera y Ferrocarril ADR-RID	Clase: 3 Nº UN: 1219 Grupo de embalaje: II	Código: F1	Nombre del doc. de transp.: Carta de porte Etiqueta: 3 Identificación de peligro: 33
Mar IMDG	Clase: 3 Etiqueta: 3 Grupo de embalaje: II	Nº UN: 1219	Nombre del doc. de transp.: Conocimiento de embarque Contaminante marino: <input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
Avión ICAO/IATA	Clase: 3 Grupo de embalaje: II	Nº UN: 1219	Nombre del doc. de transp.: Conocimiento de embarque Etiqueta: 3

### 15. Información reglamentaria

De acuerdo con el Real Decreto 363/1995, por el que se aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas, este producto está etiquetado de la siguiente manera:

<b>Símbolos</b>	F: Fácilmente inflamable. Xi: Irritante.
<b>Frases R</b>	R11: Fácilmente inflamable. R36: Irrita los ojos. R57: La inhalación de vapores puede provocar somnolencia y vértigo.
<b>Frases S</b>	S7: Manténgase el recipiente bien cerrado. S16: Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas - No fumar. S24/25: Evítase el contacto con los ojos y la piel. S26: En caso de contacto con los ojos, lávese inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico.

### 16. Otras informaciones

La información de esta Ficha de Datos de Seguridad está basada en los conocimientos actuales y en las leyes vigentes de la UE y nacionales, en cuanto que las condiciones de trabajo de los usuarios están fuera de nuestro conocimiento y control. La información contenida en esta Ficha de Datos de Seguridad sólo significa una descripción de las exigencias de seguridad del producto y no hay que considerarla como una garantía de sus propiedades.

Es siempre responsabilidad del usuario tomar las medidas oportunas con el fin de cumplir con las exigencias establecidas en la normativa local y en la legislación vigente.

La información de esta Ficha de Datos de Seguridad se ha redactado de acuerdo con el Real Decreto 363/1995, por el que se aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas.

## ANEXO 6

### HOJAS DE DATOS DE SEGURIDAD DE FENOLFTALEÍNA



Ficha de Seguridad Química

#### FENOLFTALEÍNA 4%

##### DESCRIPCIÓN






<b>Sinónimos</b>	:	Fenolftaleína en solución - 3,3-bis(4-Hidroxifenil)-1-(3H)-Isobenzofuranona en solución - 3,3-bis(p-Hidroxifenol)-Ftaleido en solución - Fenolftaleína Indicador en solución.
<b>Formula Química</b>	:	C <sub>20</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub> x C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O
<b>Concentración</b>	:	4.0%
<b>Peso molecular</b>	:	318.33
<b>Grupo Químico</b>	:	Compuesto Orgánico - Indicador.
<b>Número CAS</b>	:	77-09-8
<b>Número NU</b>	:	1993 (Líquidos Inflamables, no especificados).
<b>Código Winkler</b>	:	501870

##### PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

<b>Estado Físico</b>	:	Líquido.
<b>Apariencia</b>	:	Incoloro y transparente.
<b>Olor</b>	:	Olor fragante característico.
<b>pH</b>	:	Intervalo de transición visual: pH: 8 (incoloro) - pH: 10 (rojo).
<b>Temperatura de Ebullición</b>	:	No reportado.
<b>Temperatura de Fusión</b>	:	258 - 262°C (Fenolftaleína sólida).
<b>Densidad (Agua1)</b>	:	No reportado.
<b>Presión de Vapor</b>	:	No reportado.
<b>Densidad de Vapor (Aire1)</b>	:	No reportado.
<b>Solubilidad</b>	:	Soluble en Agua.

##### IDENTIFICACION DE RIESGOS

<b>Riesgo Principal</b>	:	Inflamable
-------------------------	---	------------

<b>Riesgos Secundarios</b>	:	Nocivo - Irritante y Reactivo leves
<b>Código Winkler</b>	:	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">   <small>salud</small> </div> <div style="text-align: center;">   <small>inflamable</small> </div> <div style="text-align: center;">   <small>reactivo</small> </div> <div style="text-align: center;">   <small>contacto</small> </div> <div style="font-size: 8px;">           Clasificación de riesgos            0 = No especial            1 = Ligero            2 = Moderado            3 = Severo            4 = Extremo         </div> </div>
<b>Rótulo de Transporte:</b>	:	
<b>Clase</b>	:	3
<b>Grupo</b>	:	III
		<b>Norma NFPA</b>
		1 - 3 - 0

### RIESGOS PARA LA SALUD

<b>EFFECTOS DE SOBREEXPOSICION</b>	
<b>Inhalación</b>	: Irritaciones de nariz y tracto respiratorio. Dificultad respiratoria y fatiga. Nocivo - Depresión del sistema nervioso central. Dolor de cabeza, mareos, vértigos, náuseas y vómitos. Ebriedad, ahogos y fatiga. Debilidad y pérdida de la conciencia.
<b>Contacto con La Piel</b>	: Irritaciones.
<b>Contacto con los Ojos</b>	: Irritaciones. Lagrimo.
<b>Ingestión</b>	: Nocivo - Depresión del sistema nervioso central. Dolor de cabeza, mareos, vértigos, náuseas y vómitos. Ebriedad, ahogos y fatiga. Efecto laxante y diarrea. Debilidad y pérdida de la conciencia. Problemas en la presión sanguínea y posible colapso. Fallas respiratoria y/o circulatoria. DL50 (oral- rata): 7060 mg/kg (Alcohol Etilico).
<b>Otros Efectos</b>	
<b>Cancerígeno</b>	: Observado en ratas y ratones de experimentación (Fenolftaleína).
<b>Mutageno</b>	: Resultados positivos en experiencias con animales (Fenolftaleína).
<b>Teratogeno</b>	: No hay evidencias.
<b>Otros Efectos</b>	: Irritaciones - Dermatitis en piel expuesta. Daños a los riñones, uréter y vejiga (Fenolftaleína).

### RIESGO DE INCENDIO

<b>Condición de Inflamabilidad</b>	:	Inflamable en grado severo.
<b>Temperatura de Inflamación</b>	:	8 - 13°C (Alcohol Etilico).
<b>Temperatura de Autoignición</b>	:	363°C (Alcohol Etilico).

<b>Limites de Inflamabilidad</b>	:	3.3% - 19.0% (Alcohol Etilico).
<b>Productos de Combustión</b>	:	Monóxido de Carbono y Dióxido de Carbono.
<b>Medios de Extinción</b>	:	Utilización de extintores de Polvo Químico Seco, Espuma Química y/o Anhídrido Carbónico. Aplicación de Agua sólo en forma de neblina.

### RIESGO DE REACTIVIDAD

<b>Estabilidad Química</b>	:	Normalmente estable.
<b>Incompatibilidades</b>	:	Agentes Oxidantes fuertes, como Percloratos, Peróxidos y Permanganatos (reacción rápida y violenta con riesgo de incendio y explosión). Agentes Reductores fuertes, como Fosfuros, Estaño II Cloruro e Hidruros Metálicos (reacción vigorosa o violenta). Cáusticos, Acido Sulfúrico y Acido Nítrico. Aminas Alifáticas e Isocianatos.
<b>Peligro de Polimerización</b>	:	No ocurre.
<b>Productos Peligrosos en Descomposición</b>	:	Monóxido de Carbono y Dióxido de Carbono.
<b>Condiciones a Evitar</b>	:	Calor y fuentes de ignición.

### CONTROL DE EXPOSICION

<b>Medidas de Control</b>	:	Trabajar en un lugar con buena ventilación, de preferencia de tipo forzada. Utilizar cabinas de extracción forzada. Sistema eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. Aplicar procedimientos de trabajo seguro. Capacitar respecto a los riesgos químicos y su prevención. Contar con ficha de seguridad química del producto y conocer su contenido. Mantener los envases con sus respectivas etiquetas. Respetar prohibiciones de no fumar, comer y beber bebidas en el lugar de trabajo. No pipetear con la boca. Usar propipeta. Utilizar elementos de protección personal asignados.
<b>Límite Permisible Ponderado</b>	:	800 ppm - 1500 mg/m <sup>3</sup> (para Alcohol Etilico - Decreto N°594, Min. Salud) 8 mg/m <sup>3</sup> (para Fenoltaleína sólida, como Polvos no Clasificados Decreto N°594, Ministerio de Salud)
<b>Límite Permisible Absoluto</b>	:	4000 ppm - 7500 mg/m <sup>3</sup> (para Alcohol Etilico - Decreto N°594, Min. Salud) 40 mg/m <sup>3</sup> (para Fenoltaleína sólida, como Polvos no Clasificados Decreto N°594, Ministerio de Salud)
<b>Límite Permisible temporal</b>	:	No regulado.
<b>Otros limites</b>	:	3300 ppm (Nivel IDLH para Alcohol Etilico - Inmediatamente Peligroso para la Vida y la Salud - USA)

### EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL

<b>Ropa de Trabajo</b>	:	En general, uso de indumentaria de trabajo resistente a químicos.
<b>Protección Respiratoria</b>	:	Aplicación de protección respiratoria sólo en caso de sobrepasarse alguno de los límites permisibles normados. Debe ser específica para el producto. En caso de sobrepasarse el nivel IDLH, ambientes con concentración desconocida o situaciones de emergencia, debe utilizarse sistema de respiración autónomo.




<b>Guantes de Protección</b>	:	Uso de guantes de Neopreno u otros de características impermeables y que sean resistentes a la solución química.
<b>Lentes Protectores</b>	:	Lentes de seguridad adecuados contra salpicaduras y proyecciones del químico.
<b>Calzado de seguridad</b>	:	En general, utilizar calzado cerrado, no absorbente, con resistencia química y de planta baja.

### MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

<b>EN CASO DE:</b>		
<b>Inhalación</b>	:	Trasladar a la persona donde exista aire fresco. En caso de paro respiratorio, emplear método de reanimación cardiopulmonar. Si respira dificultosamente se debe suministrar Oxígeno. Conseguir asistencia médica de inmediato.
<b>Contacto con la piel</b>	:	Lavar con abundante Agua, a lo menos de 5 a 10 minutos. Como medida general, utilizar una ducha de emergencia en caso de ser necesario. Sacarse la ropa contaminada y luego lavarla o desecharla. Recurrir a una asistencia médica, si persiste la irritación.
<b>Contacto con los Ojos</b>	:	Lavarse con abundante Agua en un lavadero de ojos, entre 5 y 10 minutos como mínimo, separando los párpados. De mantenerse la irritación, derivar a una asistencia médica.
<b>Ingestión</b>	:	Lavar la boca con abundante Agua - Dar a beber Agua. Enviar a un centro de atención médica de inmediato.
<b>Nota:</b>		
Si la lesión sufrida por una persona tiene relación laboral y está cubierta por la Ley N° 16744 de Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales, podrá ser atendida según proceda, por el Servicio Médico asociado a la Asociación Chilena de Seguridad, Mutual de Seguridad C.CH.C., Instituto de Seguridad del Trabajo, Instituto de Normalización Previsional o por la Administración Delegada correspondiente.		

### ALMACENAMIENTO

<b>Area de Almacenamiento</b>	:	Zona de almacenaje de reactivos y soluciones químicas con riesgo de inflamación. Almacenamiento en bodegas y/o cabinas, diseñadas para contener inflamables. Lugar frío y con buena ventilación. Disponer de algún medio de contención de derrames. Acceso controlado y señalización del riesgo.
<b>Código de almacenaje Winkler</b>	:	Rojo 
<b>Precauciones Especiales</b>	:	Almacenar separadamente de condiciones y productos incompatibles. Sistema eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. Proteger contra el daño físico. Mantener los envases cerrados y debidamente etiquetados.

## PROCEDIMIENTO

Contener el derrame o fuga - Ventilar y aislar el área crítica.

Alejar y/o apagar cualquier fuente de ignición.

Utilizar elementos de protección personal - Nivel mínimo de protección B o C.

Contar con algún medio de extinción de incendios.

Absorber el derrame utilizando un material o producto inerte.

Recoger el producto a través de una alternativa segura y disponerlo como residuo químico.

Lavar la zona contaminada con Agua.

Solicitar ayuda especializada si es necesaria - Apoyarse con la Guía de Respuesta a Emergencia Americana (Guía N°128).

## DISPOSICION DE RESIDUOS QUIMICOS

En general, los residuos químicos se pueden eliminar a través de una alternativa segura, una vez que se acondicionen de forma tal de ser inocuos para el medio ambiente.

Posibilidades:

- Ver la posibilidad de recuperar el Alcohol por medio del proceso de destilación u otra alternativa segura.

- También, se pueden evaporar en pequeñas cantidades y con precaución bajo campana de laboratorio o tratar en una planta incineradora autorizada.

- Otra alternativa para Alcoholes, es diluir con Agua en una proporción de 1:20 u otra que sea necesaria y luego eliminar en las aguas residuales o por el desagüe. Evitar concentraciones inflamables por riesgo de incendio.

Es importante considerar para la eliminación de residuos, que se realice conforme a lo que disponga la autoridad competente respectiva, solicitándose previamente la autorización correspondiente.

## INFORMACION REGLAMENTARIA

Decreto N°594 "Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo".

Decreto N°40 "Reglamento sobre Prevención de Riesgos Profesionales".

NCh 382.Of98 "Sustancias Peligrosas - Terminología y Clasificación General".

NCh 2120/3.Of98 "Sustancias Peligrosas - Parte 3: Clase 3 - Líquidos Inflamables".

NCh 2190.Of93 "Sustancias Peligrosas - Marcas para Información de Riesgos".

NCh 1411/IV.Of78 "Prevención de Riesgos - Parte 4: Identificación de Riesgos de Materiales".

NCh 2245.Of93 "Hoja de Datos de Seguridad de Productos Químicos - Disposición y Contenido de los Temas".

NCh 2353.Of96 "Sustancias Peligrosas - Transporte por Carretera - Hoja de Datos de Seguridad".

NCh 2137.Of92 "Sustancias Peligrosas - Embalajes y Envases - Terminología".

NCh 758.Of71 "Sustancias Peligrosas - Almacenamiento de Líquidos Inflamables - Medidas Particulares de Seguridad".

Decreto N°298 "Transporte de Cargas Peligrosas por Calles y Caminos".

Ley N°19300 "Bases Generales del Medio Ambiente" - Reglamentación SESMA: Página web: [www.sesma.cl](http://www.sesma.cl)

Vigente desde 22/01/2007 version N°1

Este documento solo podrá ser impreso, no soportando modificaciones, copia, o edición.

## MEDIDAS PARA EL CONTROL DE DERRAMES O FUGAS

# ANEXO 7

## ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DEL TRATAMIENTO 6 (50minx300rpm)



**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS**  
**OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS**  
**LABORATORIO DE ALIMENTOS**  
**INFORME DE RESULTADOS**

INF-LAB-AL-18366  
**ORDEN DE TRABAJO No 34410**

SOLICITADO POR:	UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE
DIRECCIÓN DEL CLIENTE:	Av. 17 de Julio Barrio Olivo
MUESTRA:	Glicerina
DESCRIPCIÓN:	T6A2B3 (50 min x 300 rpm)
LOTE:	-----
FECHA DE ELABORACIÓN:	-----
FECHA DE VENCIMIENTO:	-----
FECHA DE RECEPCIÓN:	09/12/2011
HORA DE RECEPCIÓN:	10:20
FECHA DE ANÁLISIS:	16/12/2011
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA:	21/12/2011
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA</b>	
COLOR:	Característico
OLOR:	Característico
ESTADO:	Líquido
Contenido encontrado: 1 L	Contenido declarado: 1 L
<b>OBSERVACIONES:</b>	
Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra entregada por el cliente al OSP.	
MUESTREO POR:	El Cliente

### INFORME

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO
* GLICEROL TOTAL	%	0.09	GRAVIMETRICO
* GLICEROL LIBRE	%	0.03	GRAVIMETRICO
* Índice de Acidez	mgKOH/g	0.07	UNE-EN-14104

*"Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE"*



*Ana María Hidalgo*  
 Bioq. Ana María Hidalgo  
 JEFA ÁREA DE ALIMENTOS (E)



RAL-4.1-04  
 Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral - Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15, 18, 21, 33, 31  
 Telefax: 3216-740 - Web: www.facuquimuce.edu.ec - E-mail: laboratoriososp@hotmail.com



## ANEXO 8

### ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DEL TRATAMIENTO 6 (50minx300rpm)



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA  
DEPARTAMENTO DE PETRÓLEOS, ENERGÍA Y CONTAMINACIÓN



#### INFORME DE RESULTADOS PETRÓLEO

Informe No: 11-12-03-P-1  
Fecha: 2012-01-06

**Referencia:** OT: 11-12-03-P  
**Empresa:** ESTUDIANTE UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE  
**Atención:** Sr. William Imbaquingo  
**Dirección:** Av. Ciudadela Universitaria y Av.17 de Julio S-21  
**Tipo de ensayos:** Análisis Físicoquímicos  
**Tipo de muestra:** Biodiesel  
**Identificación de la muestra:** T6 A2B3 50 MIN X 300 RPM  
**Descripción de la Muestra:** Biodiesel  
**Fecha de ingreso de muestra:** 09-12-2011  
**Código de la muestra:** OE-11-12-03-P-1  
**Fecha de realización de ensayos:** 15-12-2011/05-01-2012

DETERMINACIÓN	UNIDADES	METODO	RESULTADO
Densidad API a 60°F*	°API	ASTM D 287	29,1
Sedimento Básico y Agua (BSW) *	%V	ASTM D 96	1,0
Viscosidad Cinemática a 40°C <sup>(1)</sup>	Cst	PNE/DPEC/P/ASTM D 445	4,64
Carbón Conradson*	%P	ASTM D 189	0,131
Corrosión a la lámina de Cobre *	U.corrosión	ASTM D 130	1A
Índice de Cetano Calculado*	-	ASTM D 976	46
Calcio	mg/Kg	ASTM D 5056	<1,800
Magnesio	mg/Kg	ASTM D 5056	4,99

**NOTA 1:** Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación N° OAE LE 2C 06-010

**NOTA 2:** Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.

**Observaciones:** (1) Incertidumbre asociada a la medida de la Viscosidad Cinemática  $U = \pm 0,74$  cst (K=2)

**Condiciones Ambientales.** - Presión: 546,2 mmHg; Temperatura: 20,6 °C

Realizado por: DSH

Revisado Por:

Ing. Washington Ruiz L.  
RESPONSABLE TÉCNICO

Aprobado Por:

Ing. Gilberto Moya D., Dpl.  
DIRECTOR DEL LAB. DEL DPEC

ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS.

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gato Sobral Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 26 Fax: 2529676 E-mail: dpec@ing.uce.edu.ec  
QUITO - ECUADOR

MC2201-P01-5

Hoja 1 de 3

# ANEXO 9

## ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DEL TRATAMIENTO 8 (60minx250rpm)



**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS**  
**OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS**  
**LABORATORIO DE ALIMENTOS**  
**INFORME DE RESULTADOS**

INF-LAB-AL-18367  
**ORDEN DE TRABAJO No 34410**

<b>SOLICITADO POR:</b>	UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE
<b>DIRECCIÓN DEL CLIENTE:</b>	Av. 17 de Julio Barrio Olivo
<b>MUESTRA:</b>	Glicerina
<b>DESCRIPCIÓN:</b>	T8A3B2 (60 min x 250 rpm)
<b>LOTE:</b>	-----
<b>FECHA DE ELABORACIÓN:</b>	-----
<b>FECHA DE VENCIMIENTO:</b>	-----
<b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b>	09/12/2011
<b>HORA DE RECEPCIÓN:</b>	10:20
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	16/12/2011
<b>FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARÍA:</b>	21/12/2011
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA</b>	
<b>COLOR:</b>	Característico
<b>OLOR:</b>	Característico
<b>ESTADO:</b>	Líquido
<b>Contenido encontrado: 1 L</b>	<b>Contenido declarado: 1 L</b>
<b>OBSERVACIONES:</b>	
Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra entregada por el cliente al OSP.	
<b>MUESTREADO POR:</b>	El Cliente

**INFORME**

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO
* GLICEROL TOTAL	%	0.05	GRAVIMETRICO
* GLICEROL LIBRE	%	0.01	GRAVIMETRICO
* Índice de Acidez	mgKOH/g	0.26	UNE-EN-14104

*"Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE"*



Bioq. Ana María Hidalgo  
 JEFA ÁREA DE ALIMENTOS (E)



Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral - Telefonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15, 18, 21, 33, 31  
 Telefax: 3216-740 - Web: [www.facquimuce.edu.ec](http://www.facquimuce.edu.ec) - E-mail: [laboratoriososp@hotmail.com](mailto:laboratoriososp@hotmail.com)

RAL- 4.1-04



## ANEXO 10

### ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DEL TRATAMIENTO 8 (60minx250rpm)



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA  
DEPARTAMENTO DE PETRÓLEOS, ENERGÍA Y CONTAMINACIÓN



#### INFORME DE RESULTADOS PETRÓLEO

Informe No: 11-12-03-P-2  
Fecha: 2012-01-06

**Referencia:** OT: 11-12-03-P  
**Empresa:** ESTUDIANTE UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE  
**Atención:** Sr. William Imbaquingo  
**Dirección:** Av. Ciudadela Universitaria y Av.17 de Julio 5-21  
**Tipo de ensayos:** Análisis Físicoquímicos  
**Tipo de muestra:** Biodiesel  
**Identificación de la muestra:** T8 A3B2 60 MIN X 250 RPM  
**Descripción de la Muestra:** Biodiesel  
**Fecha de ingreso de muestra:** 09-12-2011  
**Código de la muestra:** OE-11-12-03-P-2  
**Fecha de realización de ensayos:** 15-12-2011/05-01-2012

DETERMINACIÓN	UNIDADES	METODO	RESULTADO
Densidad API a 60°F*	°API	ASTM D 287	28,4
Sedimento Básico y Agua (BSW) *	%V	ASTM D 96	0,01
Viscosidad Cinemática a 40°C *	Cst	PNE/DPEC/P/ASTM D 445	4,98
Carbón Conradson*	%P	ASTM D 189	0,019
Corrosión a la lámina de Cobre *	U.corrosión	ASTM D 130	1A
Índice de Cetano Calculado*	-	ASTM D 976	45
Calcio	mg/Kg	ASTM D 5056	<1,800
Magnesio	mg/Kg	ASTM D 5056	4,99

**NOTA 1:** Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación N° OAE LE 2C 06-010  
**NOTA 2:** Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.  
**Condiciones Ambientales.** - Presión: 546,2 mmHg; Temperatura: 20,6 °C

Realizado por: OSH

Revisado Por:

Aprobado Por:

Ing. Washington Ruiz L.  
RESPONSABLE TÉCNICO

Ing. Gilberto Moya D., Dpl.  
DIRECTOR DEL LAB. DEL DPEC

ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS.

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gato Sobral - Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 26 Fax: 2529676 E-mail: dpec@ing.uce.edu.ec  
QUITO - ECUADOR

MC2201-P01-5

Hoja 2 de 3

# ANEXO 11

## ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DEL TRATAMIENTO 9 (60min x 300rpm)



**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS**  
**OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS**  
**LABORATORIO DE ALIMENTOS**  
**INFORME DE RESULTADOS**

INF-LAB-AL-18368  
**ORDEN DE TRABAJO No 34410**

<b>SOLICITADO POR:</b>	UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE
<b>DIRECCIÓN DEL CLIENTE:</b>	Av. 17 de Julio Barrio Olivo
<b>MUESTRA:</b>	Glicerina
<b>DESCRIPCIÓN:</b>	T9A3B3 (60 min x 300 rpm)
<b>LOTE:</b>	-----
<b>FECHA DE ELABORACIÓN:</b>	-----
<b>FECHA DE VENCIMIENTO:</b>	-----
<b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b>	09/12/2011
<b>HORA DE RECEPCIÓN:</b>	10:20
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	16/12/2011
<b>FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA:</b>	21/12/2011
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA</b>	
<b>COLOR:</b>	Característico
<b>OLOR:</b>	Característico
<b>ESTADO:</b>	Líquido
<b>Contenido encontrado: 1 L</b>	Contenido declarado: 1 L
<b>OBSERVACIONES:</b>	
Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra entregada por el cliente al OSP.	
<b>MUESTREO POR:</b>	El Cliente

### INFORME

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO
* GLICEROL TOTAL	%	0.04	GRAVIMETRICO
* GLICEROL LIBRE	%	0.01	GRAVIMETRICO
* Índice de Acidez	mgKOH/g	0.25	UNE-EN-14104

*"Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE"*



*Ana María Hidalgo*  
 Bioq. Ana María Hidalgo  
 JEFA ÁREA DE ALIMENTOS (E)



RAL-4.1-04

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gotto Sobral - Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15, 18, 21, 33, 31  
 Telefax: 3216-740 - Web: www.facquimuce.edu.ec - E-mail: laboratoriososp@hotmail.com



# ANEXO 12

## ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS DEL TRATAMIENTO 9 (60minx250rpm)



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA  
DEPARTAMENTO DE PETRÓLEOS, ENERGÍA Y CONTAMINACIÓN



### INFORME DE RESULTADOS PETRÓLEO

Informe No: 11-12-03-P-3  
Fecha: 2012-01-06

Referencia: OT: 11-12-03-P  
Empresa: ESTUDIANTE UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE  
Atención: Sr. William Imbaquingo  
Dirección: Av. Ciudadela Universitaria y Av.17 de Julio 5-21  
Tipo de ensayos: Análisis Fiscoquímicos  
Tipo de muestra: Biodiesel  
Identificación de la muestra: T9 A3B3 60 MIN X 300 RPM  
Descripción de la Muestra: Biodiesel  
Fecha de Ingreso de muestra: 09-12-2011  
Código de la muestra: OE-11-12-03-P-3  
Fecha de realización de ensayos: 15-12-2011/05-01-2012

DETERMINACIÓN	UNIDADES	METODO	RESULTADO
Densidad API a 60°F*	°API	ASTM D 287	28,1
Sedimento Básico y Agua (BSW) *	%V	ASTM D 96	0,01
Viscosidad Cinemática a 40°C *	Cst	PNE/DPEC/P/ASTM D 445	4,97
Carbón Conradson*	%P	ASTM D 189	0,145
Corrosión a la lámina de Cobre *	U.corrosión	ASTM D 130	1A
Índice de Cetano Calculado*	-	ASTM D 976	45
Calcio	mg/Kg	ASTM D 5056	<1,800
Magnesio	mg/Kg	ASTM D 5056	4,93

NOTA 1: Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación Nº OAE LE 2C 06-010  
NOTA 2: Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.  
Condiciones Ambientales.- Presión: 546,2 mmHg; Temperatura: 20,6 °C

Realizado por: OSM

Revisado Por:

Ing. Washington Ruiz L.  
RESPONSABLE TÉCNICO

Aprobado Por:

Ing. Gilberto Maya D., Dpl.  
DIRECTOR DEL LAB. DEL DPEC

ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS.

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gato Sobral Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 26 Fax: 2529676 E-mail: dpec@fng.uce.edu.ec  
QUITO - ECUADOR

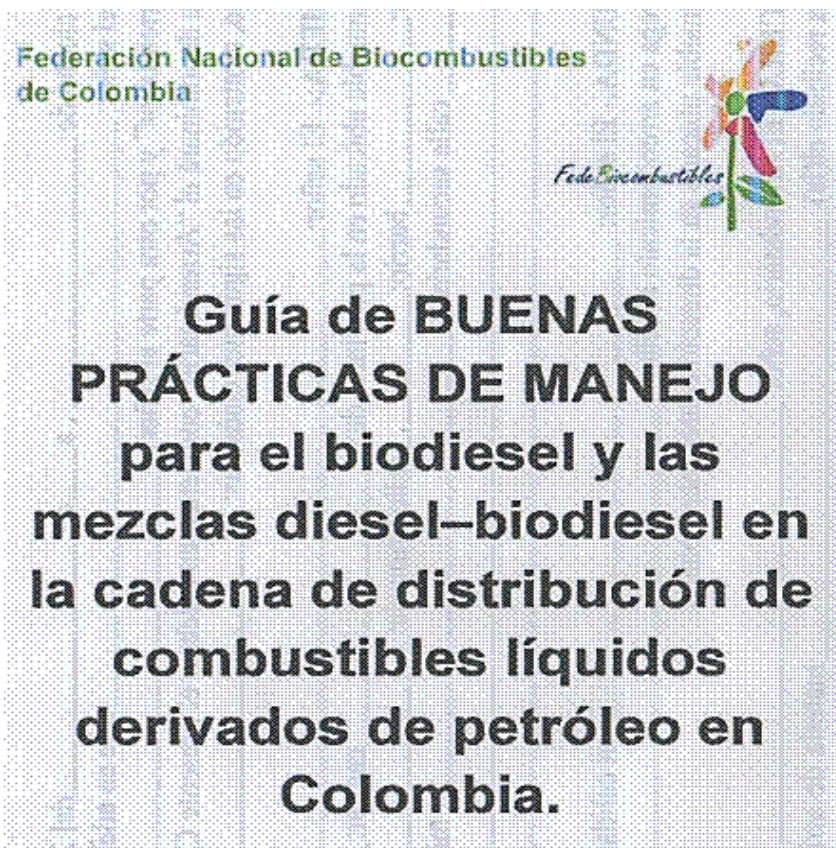
MC2201-P01-5

Hoja 3 de 3



## ANEXO 13

### MANUAL DE ALMACENAMIENTO DE BIODIESEL



#### CONTENIDO

##### INTRODUCCIÓN

##### GENERALIDADES

- 1. ALMACENAMIENTO Y DESPACHO EN PLANTAS PRODUCTORAS DE BIODIESEL B100**
  - 1.1. Almacenamiento de B100
  - 1.2. Despacho de B100
- 2. MANEJO DE B0 Y BX EN REFINERÍA Y POLIDUCTOS**
  - 2.1. Almacenamiento
  - 2.2. Mezcla
  - 2.3. Transporte Poliducto (despacho, control almacenamientos intermedios y entrega en Plantas Mayoristas).
- 3. TRANSPORTE TERRESTRE DE B100**
  - 3.1. Transporte terrestre
  - 3.2. Transporte fluvial
- 4. BUENAS PRÁCTICAS EN INSTALACION DE MEZCLA (Planta abasto mayorista)**
  - 4.1. Condiciones de recepción del B0 y BX en las instalaciones de mezcla
  - 4.2. Almacenamiento del B100
  - 4.3. Almacenamiento de B0 y BX antes de la mezcla
  - 4.4. Mezcla de biocombustible con diesel
  - 4.5. Identificación y certificación de la mezcla de diesel-biodiésel
  - 4.6. Despacho del producto
- 5. TRANSPORTE DE MEZCLA**
- 6. BUENAS PRÁCTICAS PARA ESTACIONES DE SERVICIO y GRANDES CONSUMIDORES**
  - 6.1. Prácticas de recibo
  - 6.2. Especificaciones en el almacenamiento
  - 6.3. Limpieza de tanques
  - 6.4. control de contaminación microbiana
  - 6.5. Manejo de filtros
  - 6.6. Hermeticidad del sistema
  - 6.7. Contingencias y derrames
  - 6.8. Control de humedad
  - 6.9. Disposición de residuos
  - 6.10. Tiempos máximos de almacenamiento
  - 6.11. Control de inventarios

- Glosario
- Bibliografía
- Anexos:

Anexo 1: Glosario

Anexo 2: Compatibilidad de elastómeros con biodiesel

Anexo 3: Lista de chequeo para la recepción del biodiesel B100 en instalaciones de mezcla

Anexo 4: Lista de chequeo para la recepción y almacenamiento de la mezcla diesel-biodiesel en estaciones de servicio

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas de inyección de alta presión en los motores diesel son muy sensibles a los niveles de agua y sedimentos presentes en el combustible. Debido a la introducción en Colombia del Biodiesel y sus mezclas, y del diesel de bajo y ultra bajo contenido de azufre (ULSB), se hace necesario contar con lineamientos que aseguren un adecuado manejo de los distintos productos combustibles a lo largo de toda la cadena de distribución, desde la producción hasta el consumidor final, para garantizar un buen desempeño de los vehículos.

Desde hace muchos años son bien conocidas las principales fuentes de contaminación externa que deterioran la calidad de los combustibles petroquímicos, siendo los más relevantes el agua, los sedimentos presentes y diversos tipos de microorganismos. Para el caso de los biocombustibles estos factores incrementan el nivel de riesgo de afectación debido a su naturaleza higroscópica.

Estos contaminantes pueden entrar en la cadena de distribución de combustibles líquidos derivados de petróleo en todos los puntos: producción, almacenamiento, transporte y distribución.

Los sedimentos presentes están conformados por depósitos de herrumbre, mugre, suciedad y microorganismos, los cuales se depositan progresivamente con el tiempo y son causantes de obturación de los sistemas de filtración. Así mismo, al inicio del programa de Biodiesel, es posible que se presente un aumento considerable de los mismos debido al efecto disolvente del biodiesel.

El agua contribuye a problemas de corrosión, inestabilidad y proliferación de la contaminación microbiológica. Puede encontrarse como agua disuelta presente desde la obtención del combustible, donde las altas temperaturas de producción permiten su solubilidad. Posteriormente, a lo largo de la cadena de distribución de combustibles líquidos derivados de petróleo, sufre condensaciones convirtiéndose en agua libre.

Adicionalmente, el agua libre puede ingresar a la cadena de distribución de combustibles líquidos derivados de petróleo a través de filtraciones en los sistemas de almacenamiento y por condensación del vapor de agua presente cuando el combustible está en contacto con atmósferas muy húmedas.

Es casi imposible evitar el ingreso de agua durante la cadena de distribución de combustibles líquidos derivados de petróleo. Por lo tanto, un apropiado manejo del control "cero agua" en los sistemas de almacenamiento y transporte es fundamental.

En el presente documento se resumen unas recomendaciones particulares para asegurar la no afectación de la calidad del Biodiesel y sus mezclas, basadas en la adopción de buenas prácticas de manejo a lo largo de toda la cadena de distribución del B100 y de sus distintas mezclas. Estas buenas prácticas no sustituyen y no deben entrar en conflicto con las existentes para el manejo de los combustibles fósiles, las cuales siguen vigentes y están basadas en los estándares generales de la industria, como las normas ASTM, API y NTC, entre otras, que no son parte de este documento.

Es importante mencionar que si los productos base de las mezclas no cumplen las especificaciones de calidad requeridas según la normatividad aplicable a cada producto, no será posible entregar al consumidor final mezclas de biodiesel aptas para su adecuado desempeño, no obstante los agentes de la cadena adopten las buenas prácticas aquí sugeridas, por lo tanto, es imprescindible que los productores de B100 certifiquen por escrito y los productores de B0, verifiquen por escrito, la calidad de los productos al momento de la entrega en los terminales que van a realizar la mezcla,

## GENERALIDADES

Todo el personal vinculado al manejo de biodiesel y sus mezclas debe estar debidamente capacitado y concientizado de la relevancia de la aplicación de las prácticas descritas en esta guía.

Los materiales para almacenamiento y muestreo de biodiesel son aplicables a cualquier porcentaje de mezcla, por ello, es importante tener en cuenta estas recomendaciones de compatibilidad en todos los puntos de la cadena y en especial en almacenamiento, muestreo, tuberías, instalaciones de mezcla, despacho y transporte.

La mayoría de los materiales que se utilizan para el almacenamiento de diesel son los mismos que se emplean para el almacenamiento de B100. Sin embargo, se recomienda que exista un criterio de ingeniería cuando se trate de seleccionar materiales para este uso, con el fin de garantizar la seguridad de las instalaciones que manejan estos líquidos y garantizar que se mantenga la calidad del B100 y cualquiera de sus mezclas.

Ciertos metales pueden afectar la calidad del biodiesel por acelerar su proceso de oxidación y creación de insolubles. El plomo, estaño, latón y zinc incrementan significativamente la formación de sedimentos en el B100. Los metales galvanizados y recubrimientos metálicos no son compatibles con el B100 a ningún nivel de mezcla.

El Biodiesel B100 no es compatible con algunos tipos de materiales y puede llegar a degradarlos; por ello, cuando se van a utilizar empaques o elastómeros en las instalaciones, se recomienda tener en cuenta la compatibilidad de materiales descritos en el anexo 2, que corresponde a los manuales del National Biodiesel Board (NBB).

De igual manera, el B100 puede permear algunos plásticos comunes (polietileno, polipropileno) si mantiene contacto con ellos por mucho tiempo, dada su alta capacidad solvente, por ello, estos materiales no se deben usar para su almacenamiento.

## 1. BUENAS PRÁCTICAS DE ALMACENAMIENTO Y DESPACHO EN LAS PLANTAS PRODUCTORAS DE BIODIESEL B100

No se incluyen recomendaciones de buenas prácticas de producción de B100 por cuanto están fuera del alcance de este documento y las cuales deben cumplir con los requisitos de la resolución 182142 de 2007.

### 1.1. Almacenamiento de B100

- Para mantener las propiedades de fluidez del B100, se debe tener en cuenta que en todo el proceso la temperatura del producto debe estar 6°C por encima del punto de nube, que para el caso del biodiesel de palma, es aproximadamente 20°C.
- Para mantener el tanque libre de humedad, se recomienda utilizar atmósferas inertes en tanques sellados o la instalación de filtros desecantes en los respiraderos.
- Para el control de contaminación en el almacenamiento se recomienda:
  - a. Drenar y limpiar como mínimo 1 vez al mes el fondo del tanque para garantizar que no haya acumulación de sedimentos y de agua libre. Esta periodicidad la debe ajustar cada planta de acuerdo a las cantidades de agua encontradas en la operación mensual, buscando asegurar mantener los fondos de los tanques libres de agua y sedimentos.
  - b. Asegurar que a través de los componentes estructurales del tanque se permita la remoción de los sedimentos y el agua libre presentes. En caso de no contar con estos componentes, se debe contar con un programa periódico de lavado de tanques.
  - c. Que la altura de succión de salida del tanque sea tal que se evite el arrastre de eventuales sedimentos o agua libre del fondo.

### 1.2. Despacho de B100

El productor de biodiesel debe garantizar que su producto cumple con los requisitos de la Resolución 182087 de 2007 del Ministerio de Minas y Energía de Colombia (o la que la modifique o derogue), y los requisitos de la Norma Técnica Colombiana (NTC) 5444. En ellos se encuentran los parámetros que el biodiesel puro (B100) debe cumplir antes de ser mezclado con diesel fósil.

Por lo anterior, antes de iniciar el despacho y para cada envío de B100, el productor debe entregar al transportador un certificado de Pruebas Abreviadas de Calidad (PAC) y la Guía Única de Transporte. Los resultados reales de los análisis de laboratorio deben ser los reportados en el PAC, no los valores típicos. Este certificado es con destino al comprador.

Para el despacho, este PAC corresponde a los siguientes 11 análisis básicos establecidos en el anexo de la resolución 182142 de 2007 mencionada:

PARÁMETRO NTC 5444	UNIDAD	ESPECIFICACIÓN	MÉTODOS DE ENSAYO
Densidad a 15 °C	Kg/m <sup>3</sup>	860 – 900	ASTM D 4052 ISO 3675
Contenido de agua	mg/kg	500 máximo	ASTM E 203 ISO 12937
Número ácido	mg de KOH/g	0,5 máximo	ASTM D 664 EN 1404
Punto de fluidez	°C	Reportar (4)	ASTM D 97
Glicerina libre y total	% en masa	0,02/0,25	ASTM D 6584; ISO 14105 ISO 14106
Contenido de metanol o etanol	% en masa	0,2 máximo	ISO 14110
Contenido de éster	% en masa	96,5 mínimo	EN 14103
Viscosidad (cinemática a 40 °C)	mm <sup>2</sup> /s	1,9 – 6,0	ASTM D 445 ISO 3104
Destilación (PFE)	°C	Máx. 300	ASTM D 86 ISO 3405
Contaminación Total	mg/kg	24 máximo	EN 12662
Índice de yodo	gr de yodo/100 gr	120 máximo	EN 14111

Se debe verificar previamente que el vehículo se encuentre limpio, seco y en condiciones aptas para recibir el producto. Lo anterior se debe realizar bajo estrictas condiciones de seguridad en lo relacionado a trabajo en espacios confinados. Luego se puede hacer el cargue del B100 utilizando preferiblemente un sistema tipo "Bottom Loading" (cargue por debajo) para reducir el contacto con el ambiente y el posible incremento de la humedad.

Se requiere que en cada envío el productor de biodiesel conserve una contra-muestra del producto despachado y le entregue otra al transportador con destino al comprador, para comprobaciones posteriores en caso de que surja una discusión relacionada con la calidad del producto. Estas muestras deben ser tomada a través de un toma-muestras en la tubería de cargue y en presencia de quien recibe el producto.

Otras recomendaciones de las actividades previas al transporte del B100 se encuentran en la NTC 5708 "BIODIESEL B100 PARA MOTORES DIESEL. TRANSPORTE TERRESTRE POR CAMIÓN CISTERNA O CARROTRANQUE".

## 2. BUENAS PRÁCTICAS DE MANEJO DEL B0 Y BX EN REFINERÍA

Las recomendaciones para este capítulo se encuentran en definición y se publicarán en la próxima versión de este documento.

- 2.1 Almacenamiento de B0
- 2.2 Mezcla de B0 y BX
- 2.3 Transporte Poliducto

## 3. TRANSPORTE TERRESTRE Y FLUVIAL DE BIODIESEL B100

### 3.1 Transporte terrestre:

- Se seguirá la Norma Técnica Colombiana NTC 5708 "Biodiesel B100 para motores diesel, transporte terrestre por camión cisterna o carrotanque"
- Los carrotanques que transporten B100 deberán cumplir adicionalmente los requisitos indicados en la reglamentación de la autoridad competente.
- Se recomienda utilizar flota dedicada. En caso de que no lo sea, se deben seguir las recomendaciones de la norma NTC 5708 Anexo 1 en cuanto a compatibilidad de otras sustancias con el biodiesel B100. Se recomienda además que las cisternas estén construidas en materiales que no alteren la calidad del producto, tales como el acero inoxidable y que tengan mecanismo de cargue por el fondo ("Bottom Loading"). Dichas cisternas deben estar limpias y libres de materiales extraños para que puedan transportar el producto.
- El transportador debe garantizar que no hay filtraciones ni posibilidades de contaminación del producto por causa de agua o de cualquier agente extraño al B100. En este sentido es indispensable mantener bien selladas las escotillas de los tanques.
- En caso de que se utilicen vehículos con sistemas de calentamiento, se recomienda realizar pruebas hidrostáticas periódicas a los serpentines de calentamiento de los carrotanques.
- Durante el descargue del B100, su temperatura debe mantenerse como mínimo 6°C por encima del punto de nube del producto. Se debe tener especial cuidado que el mecanismo seleccionado para cumplir con esta condición de temperatura no sobrecaliente el biodiesel, de manera que se garantice mantener los parámetros de calidad del biodiesel B100.

### 3.2 Transporte fluvial

Las recomendaciones para este capítulo se encuentran en definición y se publicarán en la próxima versión de este documento.

## 4. INSTALACIONES DE MEZCLA EN PLANTAS DE ABASTO

Las mezclas diesel-biodiesel deben cumplir con las especificaciones, normas de calidad y pruebas específicas establecidas por el Ministerio de Minas y Energía (Resoluciones 1565 de diciembre 27 de 2004 y 182087 de diciembre 17 de 2007), y deben ser comercializadas a través de la cadena de combustibles líquidos definida en el Decreto 4299 de 2005, modificado por el Decreto 1333 de 2007, o por las normas que lo modifiquen, adicionen o sustituyan.

Una vez se verifica que el biodiesel recibido cumple la calidad requerida, se descarga en los tanques de almacenamiento. Para no afectarlo, previamente se debe asegurar que no haya agua ni sedimentos en los fondos de dichos tanques.

### 4.1 Recepción del biodiesel en las instalaciones de mezcla

- Antes de descargar el biocombustible en las instalaciones de mezcla, se deberá tomar una muestra y efectuar las comprobaciones de las pruebas abreviadas del anexo 3 "análisis básicos del biodiesel B100 en carrotanque o camión tanque en el lugar de destino antes del descargue" de la norma técnica NTC 5708. En caso de incumplimiento de la calidad, no se debe aceptar el producto y se deberá informar por escrito al proveedor respectivo.
- Se deben verificar las condiciones del tanque en el cual se va a realizar el almacenamiento del producto y realizar pruebas de recibo del diesel destinado para la mezcla.
- En el evento en que el biodiesel B100 deba mantenerse en un camión o un vagón durante la noche por un tiempo prolongado, previo a la descarga, debe garantizarse que la temperatura del producto se conserve, para que esta sea mínimo 6°C superior al punto de nube.

### 4.2 Almacenamiento de B100

- Los sistemas de almacenamiento en instalación de mezcla deben contar con un programa de control al contenido de agua y sedimentos presentes en el fondo de los tanques. Esta operación constituye una de las más importantes prácticas de aseguramiento de la no afectación de la calidad del producto durante el almacenamiento prolongado.
- El personal de la operación encargado de controlar del contenido de agua en los fondos de los tanques debe estar debidamente capacitado y concientizado de la importancia de esta labor. En cada operación se debe registrar la fecha del drenaje, la medición de agua antes y después del drenado y la cantidad de agua retirada.
- En general, la operación de drenaje incluye inicialmente la medición del contenido de agua en cada recibo de producto, o según la frecuencia establecida en el plan interno de la planta. Posterior a la medición de agua, se procede a drenarla de acuerdo con las prácticas operacionales específicas de cada terminal. Un reposo aproximado de dos horas después del último movimiento del tanque, se recomienda para la correcta operación de drenaje. Esta periodicidad la debe ajustar cada planta de acuerdo a las

cantidades de agua encontradas en la operación mensual, buscando asegurar mantener los fondos de los tanques libres de agua y sedimentos.

- La disposición y aprovechamiento de los remanentes producto de las prácticas de drenaje se encuentra en estudio en este momento.
- Cuando por el diseño de los tanques o por limitantes operacionales, no sea posible drenarlos o el drenado que se realiza no es efectivo para retirar el agua depositada, se debe contar con un programa de limpieza y mantenimiento periódico de los mismos. Las buenas prácticas de control al contenido de agua presente prolongan el período de tiempo requerido para estas rutinas de limpieza.
- Como ya se dijo, una de las fuentes potenciales de presencia de agua libre en el fondo del tanque procede de la condensación del vapor de agua presente en la atmósfera del tanque. Por lo tanto, en caso de presentarse elevado contenido de agua por condensación atmosférica, se debe considerar el aseguramiento de las mejores condiciones de almacenamiento, las cuales incluyen no almacenar producto por períodos prolongados (más de 6 meses, asegurando las condiciones apropiadas de almacenamiento), manejar en lo posible una alta rotación del inventario e instalar filtros desecantes en los respiraderos del tanque.

#### 4.3 Mezcla de biodiesel con el diesel

- Las instalaciones de mezcla deben cumplir los requisitos establecidos en la presente guía y en la Resolución 18 2087 del 17 de diciembre de 2007 expedida por los Ministerios de Minas y Energía y Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, o las normas que la modifiquen, adicionen o deroguen.
- Se recomienda utilizar un equipo mezclador en línea para garantizar la homogeneidad del producto.
- El mezclador de diesel – biodiesel, en sus instalaciones, deberá contemplar, dentro de la infraestructura mínima de almacenamiento y despacho de la mezcla diesel-biodiesel, los equipos y procedimientos que permitan disponer el producto fuera de especificaciones.

#### 4.4 Identificación y certificación de la mezcla diesel-biodiesel.

- Se debe tener un sistema que permita, para cada despacho, identificar el origen y la calidad de los productos base de la mezcla.
- Con respecto a la toma de muestras diarias, identificación y verificación de calidad del producto despachado por carrotanques, se debe seguir el siguiente procedimiento:
  - a. Tomar un número de muestras diarias equivalente al 5% de los carrotanques despachados.
  - b. El volumen de las muestras debe ser de al menos 500 cm<sup>3</sup>, y deberán ser plenamente identificadas y mantenidas bajo las condiciones técnicas apropiadas por un período de siete (7) días calendario. Esto se hace solamente para efecto de reclamaciones posteriores.

- c. En caso de reclamaciones de los clientes sobre el producto recibido, estos tendrán un término de cinco (5) días calendario para confrontar dicho producto con las muestras almacenadas por el mezclador de diesel – biodiesel.
- d. Se debe mantener durante dos (2) años la documentación relacionada con las operaciones de despacho y comercialización del producto.

#### 4.5 Despacho de la mezcla biocombustible-diesel

- Durante el despacho debe procurarse la entrega de una mezcla en la proporción establecida por el Ministerio de Minas y Energía.
- Para lo anterior es recomendable utilizar sistemas/procedimientos que permitan monitorear las cantidades de productos base que se están mezclando, tales como, sistemas de mezcla automáticos, balance de masas o control de inventarios.
- En caso de que se detecte que la proporción de la mezcla está fuera de los límites establecidos, se deberán realizar cuanto antes los ajustes necesarios para corregir la desviación.
- Se deben evitar, en lo posible, la operación de recibo y entrega simultánea de producto en un mismo tanque. En caso de realizar esta operación, se deben considerar chequeos adicionales a fin de garantizar la calidad del producto.
- Es recomendable instalar sistemas de filtración al despacho de la mezcla para reducir la presencia de sedimentos. Los sistemas de filtración en llenadero no retiran agua.

## 5. TRANSPORTE DE MEZCLA

Para el transporte de las mezclas de biodiesel, se deben tener los mismos cuidados que se tienen para el transporte de combustibles. Se deben cumplir con los requisitos de la NTC 2801 "Transporte. Mercancías peligrosas clase 3. Condiciones de transporte terrestre" y la reglamentación nacional vigente.

## 6. BUENAS PRÁCTICAS PARA ESTACIONES DE SERVICIO Y GRANDES CONSUMIDORES

### 6.1. Prácticas de recibo

- Realizar pruebas abreviadas de calidad, como densidad y apariencia.
- La Mezcla diesel-biodiesel debe ser tratada como cualquier otro combustible. Por tal razón, deben tomarse todas las medidas de seguridad en el descargue del mismo: sobrellenado, derrames durante el llenado de tanques y conexiones. Para tal efecto, se puede consultar la ficha EST 5-3-3 de la Guía de Manejo Ambiental para Estaciones de Servicio de combustible, emitida por el Ministerio de Ambiente. Antes de recibir el primer despacho de la mezcla diesel-biodiesel, se debe realizar un lavado y limpieza de los tanques de almacenamiento, retirar las borras y los residuos de óxido.
- Por sus características de detergencia, se puede generar un arrastre de sólidos presentes tanto en las líneas de conducción como en los tanques de almacenamiento. Por lo tanto, antes del primer recibo de la mezcla diesel-biodiesel, se deberá realizar una completa limpieza y secado de estas estructuras y cambiado los filtros. Los tanques no deben mantenerse desocupados por mucho tiempo ya que el aire que queda dentro de los mismos puede generar procesos de oxidación, al igual que la contaminación por partículas y el aumento en los niveles de agua.

### 6.2. Recomendaciones almacenamiento de la mezcla.

- Mantenimiento periódico de tanques de almacenamiento con especial cuidado en drenajes, filtros y uso de biocidas en caso de ser necesario. La periodicidad del drenaje la debe ajustar cada estación de servicio de acuerdo a las cantidades de agua encontradas en la operación mensual, buscando asegurar mantener los fondos de los tanques libres de agua y sedimentos
- Realización de pruebas de hermeticidad e hidrostáticas de acuerdo con lo establecido por la normatividad aplicable.

### 6.3. Limpieza de tanques

- Los tanques deben ser lavados antes del primer recibo de la mezcla de diesel- biodiesel. Luego se recomienda una limpieza total con una frecuencia máxima de tres años.

- Para el adecuado almacenamiento de la mezcla de diesel-biodiesel debe evitarse la generación de lodos y borras, debido a que estos favorecen la solidificación del mismo mediante la formación de cristales.
- Existen varios métodos para realizar la limpieza de los tanques, algunos introducen la manguera por la entrada de descarga del tanque, otros utilizan motobomba. Existe el sistema troll ball con el que se introduce un aspersion giratorio que usa el mismo combustible a presión para barrer las paredes del tanque. En el método más seguro se introduce una guía por todas las entradas del tanque, a través de la cual y mediante una manguera de 2 pulgadas, se aspira todo el fondo del tanque recorriéndolo de punta a punta. En este procedimiento se utilizan tres mangueras; una para la succión, otra para los sedimentos y otra que retoma el combustible centrifugado. Se utiliza además una cámara de fibra óptica a prueba de explosión que permite visualizar el interior del tanque sin desocuparlo.

### 6.4. Control de contaminación microbiana

- La formación de hongos, algas y bacterias es consecuencia de la presencia de agua en el tanque favoreciendo la contaminación del mismo, deteriorando el combustible y formando películas que tapan prematuramente los filtros. Una característica que permite evidenciar la presencia de contaminación bacteriana en el tanque es el olor azufrado y pestilente del diesel; otra, es la formación de una capa negra sobre el combustible. Se recomienda realizar una prueba de laboratorio para confirmar la contaminación o descartarla. En caso positivo, el tratamiento recomendado es la desinfección mediante el uso de biocidas que se aplican en el tanque dejándolo en cuarentena por dos horas. Después de su aplicación, el producto tiene un efecto residual que dura seis meses.

### 6.5. Manejo de filtros

- Se deben revisar mensualmente los filtros del sistema de distribución. Es recomendable implementar filtros en las rejillas de ventilación que absorban la humedad del aire y eviten la contaminación por partículas. En los dispensadores puede considerarse la utilización de filtros de 25 micras; lo ideal es la utilización de filtros de 10 micras debido a que la contaminación atmosférica se debe principalmente a Material Particulado PM10. Los filtros de 10 micras reducirían la rata de despacho.

### 6.6. Hermeticidad del sistema

- Los tanques deben tener completa hermeticidad no solo para la prevención de fugas, sino para evitar la contaminación del combustible. Se recomienda realizar las pruebas tal como lo establece la normatividad aplicable.

### 6.7. Contingencias y derrames

- Todas las contingencias y derrames de mezclas diesel-biodiesel deberán ser atendidos según los parámetros establecidos para cualquier combustible líquido. En ese sentido, la Estación de Servicio deberá contar con un Plan de Emergencias y Contingencias siguiendo los lineamientos establecidos en el

Decreto 321 de 1999 Plan Nacional de Contingencias y en la ficha EST 5-3-12 de la Guía Ambiental para Estaciones de Servicio. Este plan deberá contemplar los protocolos a seguir en caso de derrame e incendio en las diferentes operaciones asociadas con la mezcla diesel-biodiesel (llenado de tanques, suministro, etc.). No debe olvidarse el alto efecto corrosivo del biodiesel sobre el concreto, razón por la cual se deben atender con agilidad los posibles derrames del mismo sobre este material.

#### 6.8. Control de humedad

- Se recomienda monitorear diariamente la presencia de agua, con el método aprobado para ello a nivel nacional. Es importante implementar medidas para impedir la entrada de agua y prever los medios para permitir la evacuación de la misma. De igual forma, se recomienda elaborar e implementar un programa de mantenimiento que contemple las medidas preventivas y de control para evitar los inconvenientes antes descritos.

#### 6.9. Opciones de disposición de residuos

- Todo material que entre en contacto con la mezcla diesel-biodiesel (absorbentes, arena, filtros, canecas, estopas, etc.) así como los sólidos, borras y en general, todos los materiales resultantes de la limpieza de los tanques, deberán ser manejados como residuos peligrosos. Para tal efecto, se recomienda aplicar lo descrito en el Decreto 4741 de 2005 el cual reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral (emitido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial). En ese sentido, deberá contemplarse el almacenamiento adecuado de los mismos y la entrega a gestores que cuenten con licencia ambiental para el transporte, tratamiento y disposición final de los residuos. El manejo de los mismos debe estar incluido en el Plan de Gestión Integral de Residuos Peligrosos requerido en el mismo Decreto.

#### 6.10. Tiempos máximos de almacenamiento

- Para un correcto almacenamiento de la mezcla diesel-biodiesel, se deben tener en cuenta tanto las condiciones requeridas para el mismo, como el monitoreo de las propiedades antes y durante el tiempo que se mantenga almacenado el combustible. El tiempo máximo de almacenamiento recomendado es de seis semanas, tiempo después del cual, es recomendable realizar monitoreo al combustible para verificar que sus propiedades no se estén modificando.

#### 6.11. Control de inventarios

- Se debería contar con un sistema de control diario de inventarios (manual o automático) que permita monitorear el producto en cuanto a salidas, entradas, fugas y niveles. Algunos automáticos permiten el monitoreo de los niveles de agua.

## BIBLIOGRAFÍA

- ASTM D-6469-08: Standard Guide for Microbial Contamination in Fuel.
- ASTM D-975-09: Standard Specification for diesel Fuel Oils.
- ASTM D-6751-09: Standard Specification for Biodiesel Fuel Blend Stock (B100) for Middle Distillate
- IP 385/99: Determination of the Viable Microbial Content of Fuels and Fuel Components.
- PD CEN/TR 15367-1:2007: Petroleum Products- Guide for good housekeeping. Part 1: Automobile diesel fuels
- PD CEN/TR 15367-1:2007: Petroleum Products- Guide for good housekeeping. Part 3: Prevention of cross contamination.
- Instructivo VIT-I-076-V-3, Drenaje de Tanques, Vicepresidencia de Transporte ECOPETROL.
- Biodiesel Fuel Management Best Practices for Transit, Federal Transit federation, 2007.
- Biodiesel Blending Guide, BCTransit, 2008.
- Keeping water out of storage Systems, Steel tank Institute
- National biodiesel Board-Biodiesel Handling and Use Guide (Fourth Edition)-2008
- Resolución 182087 de 2007 del Ministerio de Minas y Energía de Colombia "Por la cual se modifican los criterios de calidad de los biocombustibles para su uso en motores diesel como componente de la mezcla con el combustible diesel de origen fósil en procesos de combustión". Resolución 182142 de 2007 del Ministerio de Minas y Energía de Colombia "Por la cual se expiden normas para el registro de productores y/o importadores de biocombustibles para uso en motores diesel y se establecen otras disposiciones en relación con su mezcla con el ACPM del origen fósil
- Guía de Manejo Ambiental para Estaciones de Servicio de combustible. Ministerio de Ambiente de septiembre de 1999.
- Norma Técnica Colombiana NTC 5444. BIODIESEL PARA USO EN MOTORES DIESEL ESPECIFICACIONES
- Norma Técnica Colombiana NTC 5708. BIODIESEL B100 PARA MOTORES DIESEL TRANSPORTE TERRESTRE POR CAMIÓN CISTERNA O CARROTANQUE
- Norma Técnica Colombiana NTC 2801. TRANSPORTE. MERCANCIAS PELIGROSAS CLASE 3. CONDICIONES DE TRANSPORTE TERRESTRE.



## ANEXO 14

### GLOSARIO, TERMINOLOGÍA Y SIMBOLOGÍA

1. **API** (Gravedad API).- Es una función especial de la densidad relativa (gravedad específica) a 15,56 °C/15,56 °C (60 °F/60 °F), definida ésta como la relación de la masa de un volumen igual de agua pura a la misma temperatura. La gravedad API se calcula así.- Gravedad API ( $^{\circ}\text{API}$ ) =  $(141,5 / d_{15,56\text{ }^{\circ}\text{C}} / 15,56\text{ }^{\circ}\text{C}) - 131,5$  Donde.-  $d_{15,56\text{ }^{\circ}\text{C}} / 15,56\text{ }^{\circ}\text{C}$ .- Densidad relativa a 15,56 °C / 15,56 °C.
2. **Biocombustible**.- Son combustibles no fósiles.
3. **Biodiesel**.- Es toda mezcla de mono-alquil ésteres de ácidos grasos, provenientes de aceites o grasas de origen vegetal o animal, designado como B100.
4. **Cenizas Sulfatadas**.- Residuo remanente después de que la muestra ha sido carbonizada y subsecuentemente tratada con ácido sulfúrico, calentar hasta sequedad y llevar hasta peso constante.
5. **Densidad**.- Razón masa/volumen medida a una determinada temperatura cuya unidad de medida es kg/m<sup>3</sup>.
6. **DOE**.- Entidad Operacional Designada, entidad encargada de validar, monitorear y certificar las reducciones de emisiones en cada país anfitrión.
7. **Ésteres**.- Son los productos de la reacción completa entre un ácido graso y un alcohol.
8. **Hexano**.- Es un hidrocarburo alifático alcano con seis átomos de carbono. Se trata de un líquido incoloro, fácilmente inflamable y con un olor característico a disolvente. Es casi inmisible con el agua pero se mezcla bien con los disolventes orgánicos apolares como el alcohol, el éter o el benceno.
9. **GEL**.- Gases de efecto invernadero.
10. **Glicerina**.- Junto con el biodiésel, la glicerina, también llamado glicerol o propanotriol, es el producto obtenido tras el proceso de transesterificación necesario para la elaboración de biodiésel. Es un compuesto alcohólico, usado para la elaboración de productos de perfumería y farmacia.
11. **Glicerina Libre**.- Es la cantidad de glicerina remanente en el combustible.
12. **Glicerina Total**.- Es la suma de la glicerina libre y la porción de glicerina de un aceite o grasa que no ha reaccionado o que ha reaccionado parcialmente.
13. **Índice Cetano**.- Es un índice que mide la inflamabilidad de un combustible y define la capacidad de autoencendido o ignición a la compresión de éste dentro de un motor. Relaciona el retraso al encendido dentro de la cámara de combustión, cuanto menor es el retraso, mejor es la ignición por tanto el combustible es mejor.

14. **Mol.-** Es una de las magnitudes físicas fundamentales que forman parte del Sistema Internacional de Unidades. Esta unidad permite medir la cantidad de cualquier sustancia.
15. **Número de cetano.-** Es la fracción de volumen o % volumen de n-hexadecano (cetano) en mezcla con 1-metil-naftaleno, que produce un combustible con la misma calidad de ignición que una muestra. Físicamente el número de cetano representa el retardo de la ignición, es decir un mayor número de cetano implica un menor retardo de la autoignición del combustible.
16. **Número ácido.-** Valor que expresa la acidez de una sustancia, equivalente al número de miligramos de hidróxido de potasio necesarios para neutralizar los ácidos presentes en un gramo de sustancia.
17. **Mezcla de biodiesel (BXX).-** Es la mezcla del biodiesel (B100) con Aceite Combustible Diesel, denominada como BXX, en donde XX representa el porcentaje (%) de volumen de biodiesel presente en la mezcla.
18. **Oleaginoso.-** Se dice de una sustancia, semilla o fruto, rico en aceite vegetal, que por tanto es "aceitoso". Oleaginoso puede ser considerado como sinónimo de aceitoso.
19. **Permitividad.-** La permitividad (o impropriamente constante dieléctrica) es una constante física que describe cómo un campo eléctrico afecta y es afectado por un medio.
20. **Poder Calorífico.-** La máxima cantidad de energía que es capaz de liberar un combustible dada una masa determinada del mismo. Se mide en energía por unidad de masa (kJ/kg o Btu/Lb).
21. **Protocolo de Kyoto.-** Acuerdo firmado por países del mundo para mitigar el calentamiento global mediante la educación de gases de efecto invernadero (GEI).
22. **Punto de enturbiamiento.-** Es la menor temperatura en que se observa niebla o turbidez en la muestra, indicando el inicio de la cristalización de la misma, cuando es sometida a enfriamiento continuo.
23. **Punto de inflamación ("Flash point").-** Es la menor temperatura a la cual el producto se vaporiza en cantidad suficiente para formar con el aire una mezcla capaz de inflamarse instantáneamente cuando se le acerca una llama.
24. **Transesterificación.-** Reacción que procede entre un aceite vegetal y un alcohol primario denominada reacción de transesterificación básica.

25. **Triglicéridos.-** Tipo de lípidos formados por una molécula de glicerol, con sus tres grupos hidroxilo ésterificado, por tres ácidos grasos saturados o insaturados. Están unidos al glicerol por el grupo éster. Son grasas de origen animal principalmente.
26. **Viscosidad absoluta.-** Es la medida de la resistencia de una sustancia al fluir o la fuerza por unidad de área requerida para mantener el fluido a una velocidad constante en un espacio considerado, expresada en mm<sup>2</sup>/s.
27. **Viscosidad cinemática.-** Es el cociente de la viscosidad absoluta entre la densidad o el tiempo necesario para que un volumen dado de sustancia recorra una longitud dada.

## TERMINOLOGÍA

1. **°API.-** Grados API (Gravedad API).
2. **ASTM.-** "American Society for Testing and Materials" (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales).
3. **°C / °F.-** Grado Celsius / Grado Fahrenheit.
4. **EN.-** European Norm (Norma Europea).
5. **h.-** hora (s).
6. **kg/m<sup>3</sup>.-** kilogramo por metro cúbico.
7. **máx. .-** Máximo
8. **mg KOH/g.-** miligramos de hidróxido de potasio por gramo de muestra.
9. **mín.-** mínimo.
10. **mm<sup>2</sup>/s.-** milímetro cuadrado por segundo.
11. **mg/kg.-** miligramos por kilogramo de muestra.
12. **UOP.-** "Universal Oil Products" (Productos Universales de Petróleo).

**Fuente.-** REGLAMENTO TÉCNICO CENTROAMERICANO (RTCA 75.02.43.-07)