

UACM

Universidad Autónoma
de la Ciudad de México

Nada humano me es ajeno

COLEGIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

MAESTRÍA EN FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

*“Técnicas de Caracterización para el Biodiésel basadas
en la Normatividad Internacional ASTM”*

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN FUENTES RENOVABLES DE
ENERGÍA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

PRESENTA

Francisco Javier Fajardo Hernández

Directora de tesis:

Dra. Ma. Claudia Roldan Ahumada

México, D.F., Mayo 2015.

SISTEMA BIBLIOTECARIO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LA CIUDAD DE MÉXICO COORDINACIÓN ACADÉMICA

RESTRICCIONES DE USO PARA LAS TESIS DIGITALES

DERECHOS RESERVADOS ©

La presente obra y cada uno de sus elementos está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor; por la Ley de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México, así como lo dispuesto por el Estatuto General Orgánico de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México; del mismo modo por lo establecido en el Acuerdo por el cual se aprueba la Norma mediante la que se Modifican, Adicionan y Derogan Diversas Disposiciones del Estatuto Orgánico de la Universidad de la Ciudad de México, aprobado por el Consejo de Gobierno el 29 de enero de 2002, con el objeto de definir las atribuciones de las diferentes unidades que forman la estructura de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México como organismo público autónomo y lo establecido en el Reglamento de Titulación de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México.

Por lo que el uso de su contenido, así como cada una de las partes que lo integran y que están bajo la tutela de la Ley Federal de Derecho de Autor, obliga a quien haga uso de la presente obra a considerar que solo lo realizará si es para fines educativos, académicos, de investigación o informativos y se compromete a citar esta fuente, así como a su autor ó autores. Por lo tanto, queda prohibida su reproducción total o parcial y cualquier uso diferente a los ya mencionados, los cuales serán reclamados por el titular de los derechos y sancionados conforme a la legislación aplicable.

UACWS TOU314

Dedicatoria



A mis padres:

Agapito Fajardo Badillo[†] y Teresa Hernández Téllez[†]

Agradecimientos

Al bendito Creador, por su infinita bondad, compasión y sabiduría, me permite culminar ésta parte de mi vida con bien.

A mis hermanos que me han apoyado y comprendido durante el transcurso de mis estudios.

A todos y cada uno de los catedráticos que me han ayudado con su conocimiento y dirección durante el desarrollo de las asignaturas de la maestría y para la consecución de la presente tesis, desde mi directora, la Dra. Ma. Claudia Roldan Ahumada y el personal académico y administrativo del programa de energías de la UACM y hasta los lectores del presente trabajo de otras instituciones educativas, me es un honor mencionarlas, además de considerarlas amigos por su ayuda y paciencia:

Sra. Claudia Chávez Correa.

Dr. Álvaro Lenz Herrera.

Dr. Carlos Chávez Baeza.

Dr. Eduardo Rincón Mejía.

Dr. Fernando Gabriel Arroyo Cabañas.

M.C. Joanna Juárez Michua.

Dr. José Alberto Valdés Palacios.

M.C. Juan Gilberto Salas.

M.C. Raúl Amilcar Santos Magaña.

Dr. Sergio Alberto Gamboa Sánchez.

A la UACM que permite a muchos estudiantes permanecer dentro de su comunidad estudiantil, gracias a su modelo educativo: flexible, democrático y humano que en otras organizaciones educativas nacionales no existe a éste nivel. Así como por los apoyos recibidos, incluyendo la impresión y empastado de la presente tesis.

Al muy generoso, humanitario y solidario pueblo de México, que me ha permitido estudiar y desarrollarme dentro de sus instituciones educativas públicas.

A toda persona tenga a bien leer el presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL

Índice de ilustraciones	X
Índice de tablas	XIV
Resumen	XVI
Introducción	XVII
Objetivos del estudio	XXI
Justificación	XXII
Capítulo 1 Marco Teórico	1
1.1. El biodiésel.....	1
1.2. Estado del Arte.....	1
1.3. Revisión histórica del biodiésel.....	7
1.4. El Biodiésel un combustible alternativo.....	8
1.5. Fuentes Globales de biodiésel.....	15
1.6. Lípidos y biodiésel.....	20
1.7. Síntesis del biodiésel.....	26
Capítulo 2 Metodología: Identificación de los aparatos, cristalería y utensilios básicos necesarios para las técnicas de caracterización del biodiésel	29
2.1. Introducción.....	29
2.2. Métodos del análisis cuantitativo.....	30
2.3. Clasificación de los métodos.....	30
2.3.1. <i>Métodos gravimétricos</i>	30
2.3.2. <i>Métodos volumétricos</i>	31
2.3.3. <i>Métodos físico químico</i>	31
2.4. Ventajas e inconvenientes de los métodos instrumentales.....	32
2.4.1. <i>Ventajas</i>	32
2.4.2. <i>Inconvenientes</i>	33
2.5. Interés Industrial e Investigación de las Técnicas Instrumentales.....	33
2.5.1. <i>Descarga luminiscente espectroscopia de emisión óptica (Glow discharge optical emission spectroscopy GDOES)</i>	34
2.5.2. <i>Dispersión rotatoria óptica</i>	34
2.5.3. <i>Electroforesis Capilar (CE)</i>	34
2.5.4. <i>Espectrometría de emisión</i>	34
2.5.5. <i>Espectroscopia infrarroja</i>	35
2.5.6. <i>Espectroscopia de resonancia magnética nuclear (R.M.N.)</i>	35
2.5.7. <i>Espectroscopia de rayos X</i>	35
2.5.8. <i>Espectroscopia ultravioleta-visible</i>	35
2.5.9. <i>Potenciometría</i>	35
2.5.10. <i>Voltametrías</i>	35

2.6.	Determinación de la homogeneidad y pureza de los productos.....	36
2.6.1.	<i>Cromatografía de líquidos de alta eficiencia (HPLC)</i>	36
2.6.2.	<i>Cromatografía de exclusión por tamaño (SEC)</i>	36
2.6.3.	<i>Cromatografía en intercambio iónico</i>	36
2.6.4.	<i>Cromatografía plana</i>	36
2.6.5.	<i>Cromatografía de gases (GC)</i>	37
2.6.6.	<i>Electroforesis proteica</i>	37
2.6.7.	<i>Espectrometría de masas</i>	37
2.7.	Valoración cuantitativa.....	37
2.7.1.	<i>Espectroscopia de absorción atómica (Atomic Absorption Spectroscopy AAS)</i>	37
2.7.2.	<i>Espectrometría de emisión atómica (Flame Atomic Emission Spectrometry)</i>	38
2.7.3.	<i>Espectroscopia de plasma inducido por ruptura láser (LIBS)</i>	38
2.7.4.	<i>Espectroscopia de fluorescencia (espectrofotometría o fluometría)</i>	38
2.7.5.	<i>Conductimetría</i>	38
2.8.	Determinación de constantes físicas y químico físicas de productos.....	38
2.9.	Utensilios de Sostén.....	38
2.9.1.	<i>Anillo de hierro</i>	39
2.9.2.	<i>Gradillas</i>	39
2.9.3.	<i>Telas metálicas, con centro de fibra cerámica, sin amianto</i>	39
2.9.4.	<i>Pinzas para crisol</i>	39
2.9.5.	<i>Pinzas para cápsula de porcelana</i>	39
2.9.6.	<i>Pinzas de extensión</i>	39
2.9.7.	<i>Pinzas Holder</i>	39
2.9.8.	<i>Pinzas para tubo de ensayo</i>	40
2.9.9.	<i>Pinzas para tubos y bureta o Pinzas Lincoln</i>	40
2.9.10.	<i>Soporte para Termómetro</i>	40
2.9.11.	<i>Soporte universal Bunsen</i>	40
2.9.12.	<i>Soporte para Termómetro</i>	40
2.9.13.	<i>Triangulo en porcelana y alambre</i>	40
2.10.	Recipientes.....	40
2.10.1.	<i>Frasco gotero</i>	40
2.10.2.	<i>Frasco reactivo</i>	41
2.10.3.	<i>Matraz balón</i>	41
2.10.4.	<i>Matraz balón fondo plano</i>	41
2.11.	Utensilios volumétricos.....	41
2.11.1.	<i>Buretas</i>	41
2.11.2.	<i>Matraz aforado o volumétrico</i>	41
2.11.3.	<i>Pipeta aforada o volumétrica</i>	41
2.11.4.	<i>Pipetas graduadas o serológicas</i>	41
2.12.	Utensilios de uso específico	42
2.12.1.	<i>Areómetros o Densímetros</i>	42
2.12.2.	<i>Capsula de porcelana</i>	42

2.12.3.	<i>Caja de tinción o de Koplín</i>	42
2.12.4.	<i>Caja de Petri</i>	42
2.12.5.	<i>Crisol</i>	43
2.12.6.	<i>Cristalizador</i>	43
2.12.7.	<i>Columna de fraccionamiento</i>	43
2.12.8.	<i>Desecadores</i>	43
2.12.9.	<i>Embudo sencillo</i>	43
2.12.10.	<i>Embudo de filtración rápida</i>	43
2.12.11.	<i>Embudo de separación</i>	43
2.12.12.	<i>Embudo de Büchner</i>	44
2.12.13.	<i>Embudo de seguridad</i>	44
2.12.14.	<i>Filtro de Gooch</i>	44
2.12.15.	<i>Horadador</i>	44
2.12.16.	<i>Lupa</i>	44
2.12.17.	<i>Matraz de destilación</i>	44
2.12.18.	<i>Matraz Erlenmeyer</i>	44
2.12.19.	<i>Matraz Kitasato</i>	44
2.12.20.	<i>Matraz Siwoloboff</i>	44
2.12.21.	<i>Matraz para extractor Soxhlet</i>	45
2.12.22.	<i>Mortero con mazo</i>	45
2.12.23.	<i>Mecheros</i>	45
2.12.24.	<i>Pesafiltro</i>	45
2.12.25.	<i>Picnómetro</i>	45
2.12.26.	<i>Refrigerante</i>	45
2.12.27.	<i>Refrigerante Allihn para extractor Soxhlet</i>	45
2.12.28.	<i>Termómetro de laboratorio</i>	46
2.12.29.	<i>Tubo de ensayo</i>	46
2.12.30.	<i>Tubo de Thiele</i>	46
2.12.31.	<i>Tubo para centrifuga</i>	46
2.12.32.	<i>Tubo para extractor Soxhlet</i>	46
2.12.33.	<i>Trampa de humedad</i>	46
2.12.34.	<i>Vaso de precipitados</i>	46
2.12.35.	<i>Vidrio de reloj</i>	46
2.12.36.	<i>Viscosímetro de Ostwald modificación Cannon-Fenske</i>	46
2.13.	Algunas propiedades físico químicas de los biodiésel.....	47
2.14.	Significado de propiedades específicas para combustible biodiésel.....	48
2.14.1.	<i>Calcio y Magnesio</i>	49
2.14.2.	<i>Sodio y Potasio</i>	49
2.14.3.	<i>Punto de inflamación (Flash point)</i>	51
2.14.4.	<i>Agua y Sedimentos</i>	53
2.14.5.	<i>Viscosidad</i>	55
2.14.6.	<i>Cenizas sulfatadas</i>	58
2.14.7.	<i>Azufre</i>	60
2.14.8.	<i>Corrosión de tira cobre</i>	62
2.14.9.	<i>Número de Cetano (Hexadecano)</i>	64
2.14.10.	<i>Punto de enturbiamiento</i>	67
2.14.11.	<i>Residuo de Carbono</i>	69
2.14.12.	<i>Índice de acidez</i>	71

2.14.13.	<i>Glicerina libre y glicerina total</i>	73
2.14.14.	<i>Contenido de Fósforo</i>	75
2.14.15.	<i>Destilación a presión reducida</i>	77
2.14.16.	<i>Estabilidad de Oxidación</i>	79
Capítulo 3	Laboratorio de Aplicaciones Bioenergéticas	81
3.1.	Introducción.....	81
3.2.	Cristalería y equipamiento básico.....	82
3.2.1.	<i>Material de laboratorio, Utensilios de sostén o soporte</i>	82
3.2.2.	<i>Material de laboratorio, Cristalería</i>	85
3.2.3.	<i>Equipos y aditamentos</i>	93
3.3.	Operaciones básicas.....	97
3.3.1.	<i>Ablación (láser)</i>	97
3.3.2.	<i>Adsorción</i>	98
3.3.3.	<i>Atomización</i>	98
3.3.4.	<i>Atrapamiento</i>	98
3.3.5.	<i>Calcinación</i>	98
3.3.6.	<i>Centrifugado</i>	98
3.3.7.	<i>Condensación</i>	98
3.3.8.	<i>Cristalización</i>	98
3.3.9.	<i>Decantación</i>	98
3.3.10.	<i>Descomposición</i>	98
3.3.11.	<i>Desorción</i>	99
3.3.12.	<i>Destilación</i>	99
3.3.13.	<i>Digestión</i>	99
3.3.14.	<i>Disolución</i>	99
3.3.15.	<i>Electrolisis</i>	99
3.3.16.	<i>Evaporación</i>	99
3.3.17.	<i>Extracción</i>	99
3.3.18.	<i>Filtración</i>	99
3.3.19.	<i>Floculación</i>	100
3.3.20.	<i>Fusión</i>	100
3.3.21.	<i>Ionización</i>	100
3.3.22.	<i>Levigación</i>	100
3.3.23.	<i>Licuefacción</i>	100
3.3.24.	<i>Neutralización</i>	100
3.3.25.	<i>Oxidación</i>	100
3.3.26.	<i>Precipitación</i>	100
3.3.27.	<i>Recristalización</i>	100
3.3.28.	<i>Reducción</i>	101
3.3.29.	<i>Secado</i>	101
3.3.30.	<i>Sedimentación</i>	101
3.3.31.	<i>Sublimación o Volatilización</i>	101
3.3.32.	<i>Valorización</i>	101
3.3.33.	<i>Vaporización</i>	101
3.3.34.	<i>Volatilización</i>	101
3.4.	Instrumentación y equipos.....	101
3.4.1.	<i>Espectrómetro ICP-OES</i>	102

3.4.2.	<i>Medidor de Punto de Inflamación Pensky-Martens Copa Cerrada.....</i>	102
3.4.3.	<i>Centrifugadora prueba de aceite.....</i>	102
3.4.4.	<i>Viscosímetro.....</i>	102
3.4.5.	<i>Horno mufla programable.....</i>	102
3.4.6.	<i>Balanza semimicro 100 gramos de capacidad.....</i>	102
3.4.7.	<i>Analizador elemental para traza de sólidos, líquidos y gases... Equipo para determinación de la corrosión del cobre por productos petrolíferos.....</i>	102
3.4.8.	<i>Probador de la calidad de ignición.....</i>	103
3.4.9.	<i>Equipo de detección automática de puntos de congelación.....</i>	103
3.4.10.	<i>Micro probador de residuos de carbono.....</i>	103
3.4.11.	<i>Estación de trabajo de valoración potenciométrica.....</i>	103
3.4.12.	<i>Agitador Magnético con calentamiento.....</i>	103
3.4.13.	<i>Cromatógrafo de gases.....</i>	103
3.4.14.	<i>Destilador al vacío.....</i>	103
3.4.15.	<i>Dispositivo de medición de estabilidad a la oxidación para el biodiésel.....</i>	103
3.4.16.		
3.5.	<i>Instalaciones disponibles.....</i>	104
3.5.1.	<i>El local.....</i>	104
3.4.2.	<i>Agua potable.....</i>	104
3.4.3.	<i>Electricidad.....</i>	104
3.4.4.	<i>Red de Voz y Datos.....</i>	104
3.6.	<i>Requisitos auxiliares necesarios.....</i>	104
3.6.1.	<i>Electricidad de Emergencia.....</i>	105
3.6.2.	<i>Electricidad Regulada.....</i>	105
3.6.3.	<i>Sección Mecánica.....</i>	106
3.6.4.	<i>Sección Eléctrica.....</i>	106
3.6.5.	<i>Gases Auxiliares.....</i>	106
3.6.6.	<i>Condiciones ambientales.....</i>	106
3.6.7.	<i>Auxiliares en Instalación.....</i>	106
3.6.8.	<i>Almacén de reactivos, cristalería y equipos.....</i>	107
3.6.9.	<i>Seguridad.....</i>	107
3.6.10.	<i>Generales.....</i>	107
3.7.	<i>Técnicas de caracterización de mayor relevancia en la calidad de biodiésel.</i>	110
3.8.	<i>Potencial uso del Laboratorio de Aplicaciones Bioenergéticas propuesto.</i>	111
Conclusiones	113
Anexo	116
Bibliografía	127
Índice	142

Índice de Ilustraciones

Ilust.	Descripción	Pág.
1.1.	Ácido Metanoico	21
1.2.	Ácido Etanoico	21
1.3.	Ácido Propanoico	21
1.4.	Ácido Butanoico	21
1.5.	Ácido Hexadecanoico	23
1.6.	Ácido Oleico	23
1.7.	Ácido Linoleico	23
1.8.	Ácido Octadecanoico	23
1.9.	Ecuación general de la Transesterificación	26
2.1.	Espectrómetro ICP-OES: Analizador de metales para biocombustibles Teledyne Leeman Labs modelo FuelPronb	50
2.2.	Espectrómetro ICP OES Horiba Scientific modelo Activa Sd	50
2.3.	Medidor Manual de Punto de Inflamación Pensky-Martens Copa Cerrada, Koehler Instrument Company, modelo K16200	52
2.4.	Medidor Automático de Punto de Inflamación Pensky-Martens Copa Cerrada, Koehler Instrument Company, modelo K87100	52
2.5.	Centrífuga automatizada para aceite con montaje de rotor de tubo largo de 115V, Koehler, modelo K60002	54
2.6.	Centrifugadora prueba de aceite de Seta Oil, modelo 90000-2	54
2.7.	Viscosímetro Automático, Cannon Instrument Company, modelo: CAV-2100	57
2.8.	Viscosímetro Multirango, Herzog, modelo HVM	57
2.9.	Baño para viscosímetro, Koehler Instrument Company, modelo: K23376 KV1000	57
2.10.	Baño de precisión para viscosímetros, Selecta group modelo: VB-1423	57
2.11.	Horno mufla programable, Koehler Instrument Company, modelo: K24100	59
2.12.	Balanza semimicro 100 gramos de capacidad, RADWAG, modelo: XA 110.3Y	59

Ilust.	Descripción	Pág.
2.13.	Analizador elemental para traza de sólidos, líquidos y gases con horno horizontal, Mitsubishi Chemical Analytech modelo NSX-2100H	61
2.14.	Analizador elemental para trazas sistema vertical, Mitsubishi Chemical Analytech, modelo: NSX-2100V-SD	61
2.15.	Muestra de tiras de cobre según la norma ASTM D130-94	62
2.16.	Equipo para la prueba de corrosión de las tiras de cobre, Lawler, modelos 280-4 y 280-8	63
2.17.	Baño termostático para ensayo de corrosión, OMADISA, 38.525.01	63
2.18.	Unidad de clasificación de cetano, Waukesha, modelo: CFR F-5	66
2.19.	Probador de la calidad de ignición (IQT), EAT, modelo: 92000-3	66
2.20.	Analizador Automático del Punto de Escurrimiento y Nublamiento HERZOG, modelo: HCP 852	68
2.21.	Equipo de detección automática de puntos de congelación, KOEHLER, modelo: KLA-3TS	68
2.22.	Probador de residuos productos derivados del petróleo automático, Shenkai, SKY1011- I	70
2.23.	Micro probador de residuos de carbono, Tanaka, modelo: ACR-M3	70
2.24.	Estación de trabajo de valoración potenciométrica, TitraLab, modelo: 845	72
2.25.	Agitador Magnético con calentamiento, CORNING, modelo PC420D Kit	72
2.26.	Cromatógrafo de gases, Shimadzu, modelo: GC-2010	74
2.27.	Cromatógrafo de gases, Agilent Technologies, modelo: Agilent 6890	74
2.28.	Destilador al vacío, SDI, Modelo: 8441	78
2.29.	Dispositivo de medición de estabilidad a la oxidación para el Biodiésel, Metrohm, modelo: Rancimat 873	80
2.30.	Dispositivos de medición de la oxidación a la estabilidad, LEWLER, modelos: 321-2 y 321-4	80

Ilust.	Descripción	Pág.
3.1.	Soporte universal Bunsen	82
3.2.	Telas metálicas, con centro de fibra cerámica, sin amianto	82
3.3.	Triangulo en porcelana y alambre	82
3.4.	Gradilla para tubos de ensayo (aluminio anodizado)	82
3.5.	Gradilla para tubos de ensayo (acero inoxidable)	82
3.6.	Gradilla para tubos de ensayo multipropósito (propileno)	83
3.7.	Pinzas para tubos y buretas	83
3.8.	Pinzas para tubos y buretas	83
3.9.	Pinzas 3 dedos (de metal cromado con las puntas de los dedos recubiertas de PVC)	83
3.10.	Pinzas 3 dedos, con nuez giratoria para varillas de hasta 18 mm de diámetro)	83
3.11.	Pinzas 3 dedos, con nuez giratoria para varillas de hasta 18 mm de diámetro)	83
3.12.	Pinzas dobles para buretas, con nuez de fijación para varillas de hasta 13 mm diámetro	83
3.13.	Pinzas Hoffman (para comprimir tubos de látex y así regular el flujo de líquido o gas)	83
3.14.	Pinzas Mohr	83
3.15.	Pinzas para crisoles, con gollete y puntas curvas serradas para asegurar el agarre, en acero cromado	83
3.16.	Pinzas para crisoles, con gollete y puntas curvas cerradas para asegurar el agarre, en acero inoxidable	83
3.17.	Pinzas para termómetros	84
3.18.	Pinzas para tubos de ensayo	84
3.19.	Pinzas para vasos	84
3.20.	Soportes para embudos	84
3.21.	Soportes para pipetas, circular para 44 pipetas de diferentes volúmenes	84

Ilust.	Descripción	Pág.
3.22.	Soporte para pipetas y termómetros, con capacidad para 12 unidades de hasta 10 mm	84
3.23.	Soportes tripode aro plano, aros y patas de acero con conteras de goma en las patas	84
3.24.	Soportes tripode aro redondo, aros y patas de acero con conteras de goma en las patas	84
3.25.	Soportes tripode triangular, aros y patas de acero con conteras de goma en las patas	84
3.26.	Aparato para redestilación de agua	85
3.27.	Aparato de extracción Soxhlet con refrigerante Allihn	85
3.28 a, b y c	Aparato para la absorción de materias pulverizantes en aire Impinger	85
3.29 a y b	Aparato para destilación con tubo de conexión	85
3.30.	Alargadera –extractor Soxhlet	85
3.31.	Aparato para la determinación de esencias	85
3.32.	Bureta, llave lateral, franja de Schellbach Clase A	85
3.33.	Bureta, llave recta, franja de Schellbach Clase A	85
3.34.	Bureta, llave lateral vidrio ámbar, Clase A, franja de Schellbach Clase A	86
3.35.	Bureta, llave recta vidrio ámbar, Clase A, franja de Schellbach Clase A	86
3.36.	Bureta, llave recta vidrio ámbar, Clase A, franja de Schellbach Clase A	86
3.37.	Cristalizador sin pico	86
3.38.	Cristalizador con pico	86
3.39.	Cápsulas, fondo redondo, con pico	86
3.40.	Desecador, con tapa a bola	86
3.41.	Desecador, con tapa a bola	86
3.42.	Embudos con vástago corto ángulo 60°	86
3.43.	Embudos para materiales sólidos, vástago corto y ancho	86

Ilust.	Descripción	Pág.
3.44.	Embudos de separación cilíndrico	86
3.45.	Embudos de separación, forma esférica	86
3.46.	Embudos de separación Gilson, tapa esmerilada, llave de teflón	87
3.47.	Embudos de separación, forma de pera	87
3.48.	Embudos de separación según Squibb, tapa esmerilada, llave de teflón	87
3.49.	Embudos de separación cilíndrico con tapa de vidrio, sin graduar	87
3.50.	Embudos de separación, cilíndrica, con graduación	87
3.51.	Embudos de separación, cilíndrica, con graduación	87
3.52.	Extractor Soxhlet con una placa filtrante de S1 con el refrigerante (con S11 de 29/32)	87
3.53.	Extractor, T wisselmann	87
3.54.	Frasco p. lavado de gases, con placa filtrante	87
3.55.	Frasco para lavado de gases, sin placa filtrante	87
3.56.	Frasco cilíndrico, cuello cónico y estrecho (vidrio claro o ámbar)	87
3.57.	Frasco cilíndrico, cuello cónico y ancho (vidrio claro)	87
3.58.	Frascos Woulff de 3 bocas (2 laterales y 1 centra)	87
3.59.	Frascos Woulff de 2 bocas (1 lateral y 1 centra)	88
3.60.	Frascos Woulff de 3 bocas, con tubuladura	88
3.61.	Frascos Woulff, con tubuladura	88
3.62.	Frascos Woulff con tubuladura esmerilada, tapón y llave	88
3.63.	Frascos indicador con una pipeta esmerilada forma alta, blanco	88
3.64.	Frascos indicador con una pipeta esmerilada forma alta, Ámbar	88
3.65.	Frascos lavador de gases, Drechsler	88
3-66.	Matraz aforado forma trapezoidal, Clase A	88

Ilust.	Descripción	Pág.
3.67.	Matraz aforado de vidrio aforado para determinar el contenido de petróleo	88
3.68.	Matraz aforado, Clase A	88
3.69.	Matraz aforado vidrio ámbar, Clase A	88
3.70.	Matraz Erlenmeyer, cuello estrecho	89
3.71.	Matraz Erlenmeyer, cuello ancho	89
3.72.	Matraces, fondo plano, cuello estrecho	89
3.73.	Matraz Kitasato con tubuladura	89
3.74.	Matraz Kitasato, con oliva	89
3.75.	Micromatraces fondo cónico, con esmerilado	89
3.76.	Matraces de mineralización Kjeldahl	89
3.77.	Matraces de destilación fraccionadas, tubo abajo	89
3.78.	Matraces de destilación fraccionadas, tubo abajo	89
3.79.	Matraces de destilación Engler	89
3.80.	Matraces de fondo redondo, de dos cuellos con esmerilados	89
3.81.	Matraces fondo redondo, de dos cuellos con esmerilados	90
3.82.	Matraces para sulfonar de tres cuellos laterales con esmerilados	90
3.83.	Morteros con mano, superficie interior rugosa	90
3.84.	Morteros con mano, superficie interior lisa	90
3.85.	Probeta graduada clase alta, Clase A	90
3.86.	Probeta graduada clase baja, Clase A	90
3.87.	Probeta graduada con tapón, Clase A	90
3.88.	Probeta para densímetros	90
3.89.	Pipeta automática basculante	90
3.90.	Picnómetros Gay – Lussac	90
3.91.	Refrigerante de Liebig sin esmerilado	90
3.92.	Refrigerante de serpiente, cono macho	90

Ilust.	Descripción	Pág.
3.93.	Refrigerante de Liebig con esmerilados	90
3.94.	Refrigerante de serpentín	90
3.95.	Refrigerante de bolas Allihn sin esmerilado	91
3.96.	Refrigerante de bolas Allihn con cono macho	91
3.97.	Refrigerante de bolas Allihn con dos esmerilados	91
3.98.	Refrigerante de bolas para extractores, Allihn	91
3.99.	Refrigerante de bolas para extractores, Allihn	91
3.100.	Refrigerante de serpentín Dimroth con 2 esmerilados	91
3.101.	Refrigerante de serpentín Dimroth con 2 esmerilados	91
3.102.	Refrigerante de serpentín, cono macho	91
3.103.	Refrigerante Dimroth para extractores	91
3.104.	Refrigerante helicoidal con tubuladura esmerilada	91
3.105.	Refrigerante Dimroth para extractores	91
3.106.	Tubos de ensayo, borde sin labio, fondo redondo	91
3.107.	Tubos de ensayo, borde con labio, fondo redondo	92
3.108.	Trompa de agua, Wurtz	92
3.109.	Vaso precipitados, forma baja con graduación y pico	92
3.110.	Vaso precipitados, forma alta con graduación y pico	92
3.111.	Vaso precipitados Philips, graduado, con pico, forma baja	92
3.112.	Tubo para toma de muestras de gases	92
3.113.	Viscosímetros calibrado de Ostwald para líquidos transparentes, "Tipo A" (juego)	92
3.114.	Viscosímetro Calibrado Ubbelohde, tipos de nivel suspendido, para líquidos transparentes. "Tipo B" (juego)	92
3.115.	Tipos de flujo inverso para líquidos transparentes y opacos, "Tipo C" (juego)	92
3.116.	Alcohómetros, escalas Gay Lussac y Cartier	93
3.117.	Agitador magnético con calefacción	93
3.118.	Balanza de precisión	93

Ilust.	Descripción	Pág.
3.119.	Balanza de analítica	93
3.120.	Cápsulas de evaporación fondo redondo	94
3.121.	Crisol forma alta	94
3.122.	Crisol forma media	94
3.123.	Crisol forma media	94
3.124.	Gouche	94
3.125.	Densímetros	94
3.126.	Destilador de vidrio	94
3.127.	Destilador de acero inoxidable	94
3.128.	Disco para desecador con orificios de 10 mm	94
3.129.	Evaporadores rotativos, Juego de vidrio fabricado en vidrio borosilicato con esmerilado 29/32. Matraz de evaporación de 500 mL.	94
3.130.	Evaporadores rotativos, para laboratorios de química y bioquímica y en procesos industriales	95
3.131.	Equipo de destilación simple	95
3.132.	Equipo de destilación fraccionada	95
3.133.	Equipo para acidez volátil	95
3.134.	Extractores Soxhlet	95
3.135.	Imanes para agitadores, cilindricos para uso general	95
3.136.	Imanes para agitadores, ovales para recipientes fondo redondo	95
3.137.	Imanes para agitadores, octogonales para recipientes con bases curvas o irregulares	95
3.138.	Lupa, aro y mango de plástico; lente de vidrio	95
3.139 a y b	Mechero de Bunsen	95
3.140 a, b y c	Taladrapones	95
3.141.	Tapones de goma, sin orificios	96
3.142.	Papel PH Universal	96
3.143.	Papel Indicador	96
3.144.	Sistema purificador de agua	96
3.145.	Planta de Conjunto del plantel San Lorenzo Tezonco, UACM-SLT-Con-01	108
3.146.	Planta Baja, Edificio "C", plantel San Lorenzo Tezonco UACM-SLT-C.ARQ-01	108
3-147	Laboratorio de Aplicaciones Bioenergéticas en el plantel San Lorenzo Tezonco propuesto	109

Índice de Tablas

Tabla	Descripción	Pág.	Tabla	Descripción	Pág.
1.1.	Definiciones del biodiésel de la bibliografía consultada	1	2.8.	Algunas características que la norma ASTM D445-06a, toma para la prueba de para la Viscosidad Cinemática de líquidos transparentes y opacos	56
1.2.	Algunas propiedades físico químicas de los combustibles de aceites vegetales y ésteres de metilo, en comparación con el combustible diésel	9	2.9.	Algunos equipos disponibles en el mercado para la determinación para la prueba de viscosidad, según la norma ASTM D445-06	57
1.3.	Comparación de algunas propiedades físico químicas del diésel y el biodiésel	10	2.9a.	Algunos equipos disponibles en el mercado para la determinación para la prueba de viscosidad, según la norma ASTM D455-06,	57
1.4.	Rendimientos de semillas oleaginosas y contenido de aceite de varias especies de plantas	17	2.10.	Algunas características que la norma ASTM D874-07a, toma para la prueba de Cenizas Sulfatadas de Aceites y Aditivos Lubricantes	59
1.5.	Los 4 primeros ácidos mono carboxílicos saturados no ramificados	21	2.11.	Algunos equipos disponibles en el mercado para la determinación para la prueba de Ceniza Sulfatada de Aceites y Aditivos Lubricantes de la norma ASTM D874-07	59
1.6.	Ácidos grasos predominantes en las plantas superiores y animales	23	2.12.	Algunas características que la norma ASTM D5453-06, toma para la prueba estándar para la determinación del azufre	61
2.1.	Requisitos detallados para Biodiésel (B100), todos los niveles de azufre, según la ASTM D6751-12	48	2.13.	Equipos disponibles en el mercado para la determinación para la prueba de estándar para la determinación del azufre ASTM D5453-06	61
2.2.	Norma EN 14538:2006 Productos derivados de grasas y aceites. Ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME). Determinación del contenido de Ca, K, Mg y Na por análisis espectral de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (ICP OES)	50	2.14.	Algunas características que la norma ASTM D130-94a, toma para la prueba estándar para la corrosividad del Cobre a Partir de Productos Derivados del Petróleo	63
2.3.	Equipos disponibles en el mercado para la determinación de iones metálicos en el biodiésel según la norma EN 14538:2006	50	2.15.	Equipos disponibles en el mercado para la determinación corrosividad del Cobre a partir de productos derivados del petróleo ASTM D130-94	63
2.4.	Algunas características que la norma ASTM D93-07a, Prueba Estándar para la Determinación del Punto de Inflamación con el Instrumento de Copa Cerrada Pensky-Martens	52	2.16.	Equipos disponibles en el mercado para la determinación corrosividad del Cobre a partir de productos derivados del petróleo ASTM D130-94	65
2.5.	Equipos disponibles en el mercado para la determinación del punto de inflamación, según la norma ASTM D93-07	52	2.17.	Equipos disponibles en el mercado para la prueba estándar para el número de cetano de combustible diésel ASTM D613-05	66
2.6.	Algunas características que la norma ASTM D2709-96a, toma para la prueba de agua y sedimentos	54			
2.7.	Equipos disponibles en el mercado para la determinación para la prueba de agua y sedimentos, según la norma ASTM D2709-96	54			

Tabla	Descripción	Pág.	Tabla	Descripción	Pág.
2.18.	Algunas características que la norma ASTM D2500-05a, para la prueba estándar para el punto de enturbiamiento de productos del petróleo	68	2.25.	Equipos disponibles en el mercado para la prueba estándar ASTM D6584-07, glicerina libre y total en la B-100 Biodiésel	74
2.19.	Equipos disponibles en el mercado para la prueba estándar para el punto de enturbiamiento de productos del petróleo ASTM D2500-05	68	2.26.	Algunas características que la norma ASTM D4951-06, prueba estándar para la determinación del Aditivo Elementos en aceites lubricantes	76
2.20.	Algunas características que la norma ASTM D4530-06a, para la prueba estándar para la determinación del residuo carbonoso (Método Micro)	70	2.27.	Algunas características que la norma ASTM D1160-06a, prueba estándar para la destilación de productos derivados del petróleo a presión reducida	78
2.21.	Equipos disponibles en el mercado para la prueba estándar ASTM D4530-11, para la prueba estándar para la determinación del residuo carbonoso (Método Micro)	70	2.28.	Desglose de partes del equipo SGI Model 8441 Vacuum Distillation Apparatusa	78
2.22.	Algunas características que la norma ASTM D664-11a, para la prueba estándar para la determinación del Índice de acidez	72	2.29.	Algunas características que la norma BS EN 14112:2003a, Determinación de la estabilidad frente a la oxidación (Ensayo de oxidación acelerada)	80
2.23.	Equipos disponibles en el mercado para la prueba estándar ASTM D664-11a, para la prueba estándar para la determinación del Índice de acidez	72	2.30.	Equipos disponibles en el mercado para la prueba estándar BS EN 14112:2003. Determinación de la estabilidad frente a la oxidación (Ensayo de oxidación acelerada)	80
2.24.	Algunas características que la norma ASTM D6584-07a, glicerina libre y total en la B-100 Biodiésel	74	3.1.	Cédulas mecánicas para los Cromatógrafo de Gases propuestos para la norma ASTM D6584-07	105
			3.2.	Características físico químicas principales del biodiesel.	110

Resumen

En la actualidad, a pesar de que en México se cuenta con grandes potenciales de generación eléctrica con fuentes de energía renovable, la utilización de éstas ha sido muy baja. Hasta diciembre de 2013, México contó con 14, 891 MW de capacidad instalada de generación eléctrica basada en energías renovables, incluyendo grandes hidroeléctricas, lo que representó cerca de un cuarto de la capacidad total de generación eléctrica en el país. Con respecto a la energía de origen de biomasa, ésta aportó el 4% de las energías renovables, es decir 661 MW eléctricos, menos del 1% del total de 59 564 MW eléctricos de la capacidad instalada (Secretaría de Economía, 2014, p. 1). Por otro lado, en 2012 el consumo de energía primaria en México fue de 187.7 millones de toneladas equivalentes de petróleo (1 Tep = 41 868, 000 000 J ó 11, 630 kWh), 2 MTep fueron de las fuentes renovables, aproximadamente el 1% (British Petroleum, 2013, pp. 40, 41). Aunado a ésta situación, la falta de normatividad que promueva la producción, distribución y uso de las energías de origen renovable limita también la expectativa de su desarrollo en el territorio nacional, así como el desaprovechamiento de las energías renovables en general y de la biomasa principalmente.

En función de lo expuesto, se analiza la normatividad que rige a nivel internacional y su interrelación con la normatividad existente en México. La *Norma Oficial Mexicana NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005, Especificaciones de los combustibles fósiles para la protección ambiental*, (SEMARNAT SENER SCFI, 2006) establece los lineamientos para el uso de combustibles fósiles, sin incluir a los combustibles que llamamos orgánicos, por lo que es necesario construir un marco normativo para el uso de los combustibles de origen vegetal o animal.

El presente trabajo propone la infraestructura y normatividad necesarias para producción de combustibles generados a partir de la biomasa a nivel académico, buscando con éste la formación integral de los estudiantes del Programa de Energía de la UACM.

Debido a que el marco normativo en el sector energético en México hace referencia a la normatividad ASTM, se decidió utilizar ésta última como base para el desarrollo del presente trabajo para tener los mismos patrones de referencia técnica.

El presente trabajo, se desprende de la falta de laboratorios, talleres e instalaciones especiales para la Maestría en Fuentes Renovables de Energía y Eficiencia Energética, en particular de un Laboratorio de Aplicaciones Bioenergéticas para el biodiésel, el cual podría servir de plataforma para el establecimiento del Doctorado en Energía, con énfasis en Bioenergía.

Introducción

La Universidad Autónoma de la Ciudad de México (UACM) por medio de su Colegio de Ciencia y Tecnología, censa dentro de su oferta educativa en el plantel Del Valle, la Maestría en Fuentes Renovables de Energía y Eficiencia Energética (FREyEE), misma que tiene la finalidad, el difundir aplicar y ampliar el Estado del Arte correspondiente, empleando el conocimiento desarrollado de las energías de fuentes renovables para su utilización en la sociedad y acrecentar la investigación necesaria para ello, así como su mejor utilización.

El objetivo fundamental de la UACM como entidad educativa, es el de formar profesionistas adiestrados y capacitados para enfrentar las necesidades científicas, ingenieriles y técnicas, además de contar con los conocimientos administrativos, ecológicos, económicos, legales, sociales, etc. conforme a su perfil profesional, que la sociedad mexicana en particular y la humanidad en general requiere para satisfacer sus necesidades energéticas, a partir de un proceso educativo que conlleve a lograr el objetivo antes señalado, en armonía con los conocimientos actuales y disponibles, en la medida que los recursos académicos, económicos, instalaciones, laboratorios con los que la UACM cuente y ponga a disposición.

Como lo indica el Estatuto General Orgánico de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México (Primer Consejo Universitario, UACM), publicado el 10 de Febrero de 2010 por el Primer Consejo Universitario, con base en el artículo 17, fracción I de la Ley de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México (Legislatura, 2014) con fecha de vigor el 05 de Enero del 2005, los artículo 4, 96 y 103, señalan que: Las principales funciones de una universidad, son promover la docencia y la investigación; los estudiantes tienen derecho a contar con la infraestructura necesaria, para su desarrollo integral, incluido entre ellos los laboratorios; y que los estudiantes, deben atender los reglamentos, promoviendo con ello el cuidado de los laboratorios e instalaciones en general.

En la Maestría en FREyEE, aun cuando dispone del equipo académico y administrativo encargados de transmitir el conocimiento necesario y de apoyar al cuerpo estudiantil inscrito dentro del plantel Del Valle, se considera conveniente contar con talleres, laboratorios o equipos para desarrollar investigación.

La disposición de recursos en la infraestructura y el equipamiento indudablemente mejoraría la calidad de los estudios del posgrado. La necesidad de desarrollar nuevas tecnologías o el perfeccionamiento de las ya existentes, requieren de bibliotecas, instrumentos, equipos, talleres y laboratorios especializados; además del conocimiento teórico de los investigadores, que conlleven a cumplir con las agendas de los investigadores y la formación integral de los estudiantes, que conjuntamente estén acorde a los perfiles terminales de los estudiantes de la Maestría en FREyEE.

El presente trabajo propone la infraestructura y normatividad necesarias para producción de combustibles generados a partir de la biomasa a nivel académico, buscando con éste la formación integral de los estudiantes de la Maestría en FREyEE de la UACM.

La Reforma Energética recién aprobada en México (y en espera de sus leyes secundarias), sin duda alguna modificará nuestro estilo de vida, debido a la apertura del sector energético, donde Petróleos Mexicanos (PEMEX) y la Comisión Federal de Electricidad (CFE) pasan a un régimen económico-administrativo diferente al que tradicionalmente han tenido.

Lo anteriormente expuesto, lleva a la urgente necesidad de aumentar la investigación en fuentes energéticas alternativas a los combustibles de origen fósil que usualmente utilizamos, teniendo como alternativa los biocombustibles y su aplicación inmediata en nuestra sociedad.

Actualmente en México, instituciones educativas públicas como la el Instituto Politécnico Nacional (IPN), el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN (CINVESTAV), la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) e instituciones privadas como el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), entre otras, llevan la pauta en la investigación educativa y científica en general, en sus diversos planteles, escuelas y campus, donde se tienen por separado según sea adecuado la investigación correspondiente con Laboratorios, Talleres, Biblioteca, etc.

En la UACM, la Maestría en FREyEE aún no cuenta con laboratorios propios, lo que nos coloca en una gran desventaja y al mismo tiempo en una oportunidad de crecimiento y mejora como se verá en el desarrollo del presente trabajo.

En este trabajo de investigación, se presenta primeramente el *Marco Teórico (Capítulo 1)*, donde se establece, en sus siete secciones que lo integran, qué es el biodiésel, el Estado del Arte del mismo, una revisión bibliográfica del por qué se le considera como un combustible alternativo, de sus posibles fuentes de materia prima, de los lípidos y la síntesis del biodiésel a partir de éstos últimos.

La Metodología (**Capítulo 2**), *Identificación de los aparatos, cristalería y utensilios básicos necesarios para las técnicas de caracterización del biodiésel*, está compuesta de 14 secciones y en principio se describe la Química Analítica en general, que es la rama especializada de la Ciencia Química que se enfoca (a partir de una muestra), el conocer de qué elementos la conforman, las proporciones de los mismo, fórmulas generales y desarrolladas, así como sus características fisicoquímicas intrínsecas. Aquí se detallan los métodos y técnicas analíticas, además de los utensilios, cristalería y equipos auxiliares, entre otros, que son necesarios para desarrollar el análisis químico. En la sección 13 *Algunas propiedades físico químicas de los biodiésel* y en la sección 14 *Significado de propiedades específicas para combustible biodiésel*, se propone el estudio de las propiedades fisicoquímicas del biodiésel bajo la normatividad ASTM que debe cumplir el biodiésel para ser considerado un combustible alternativo para los automotores a compresión (diésel).

En el **Capítulo 3**, *Resultados: Propuesta del laboratorio de aplicaciones bioenergéticas*, en sus seis secciones iniciales se presenta en extenso: los utensilios de sostén o soporte, la cristalería y los equipos y aditamentos que se consideran necesarios, incluyendo las cantidades en la sección “Cristalería y equipamiento básico”. Se realiza además una recopilación de las operaciones básicas de los instrumentos y equipos que estarían en disposición en su momento. El número de utensilios de sostén o soporte, la cristalería y los equipos y aditamentos, se determinaron tomando en cuenta las necesidades de la Maestría y del apoyo a la Licenciatura en Ingeniería en Sistemas Energéticos y a la Ingeniería en Sistemas de Transporte Urbano, que también se imparten en la UACM. Se enumeran las instalaciones disponibles y requisitos auxiliares necesarios para instalar el laboratorio en forma provisional. En la séptima sección *Técnicas de caracterización de mayor relevancia en la calidad de biodiésel* se seleccionan las 3 principales características a considerar en las pruebas del biodiésel y en la octava sección *Potencial uso del Laboratorio de Aplicaciones Bioenergéticas (LAB)* se señalan algunas de las bondades de contar con el laboratorio y se incluye un croquis de la distribución del laboratorio propuesto.

En las **Conclusiones**, se hace énfasis sobre la importancia de éste Laboratorio de Aplicaciones Bioenergéticas propuesto, como una oportunidad de crecimiento y de excelencia, mejorando la calidad de la oferta académica de la UACM, la capacitación y adiestramiento de los estudiantes de la Maestría en FREyEE y, para los académicos la oportunidad y bases para realizar experimentos con el fin de ampliar el Estado del Arte, publicar sus trabajos en revistas arbitradas y mejorar la presencia de la UACM ante el pueblo de México y el mundo. Se visualiza la posibilidad de fortalecer el programa de Fuentes Renovables de Energía y Eficiencia Energética, dando apoyo a las unidades educativas de la licenciatura en Ingeniería en Sistemas y la posibilidad de extender el programa con el Doctorado de la misma, con énfasis en bioenergía.

En el **Anexo** y por la importancia en el desarrollo de este trabajo, se incluye la Norma ASTM D6751-12 *Standard Specification for Biodiesel Fuel Blend Stock (B100) for Middle Distillate Fuels*, en original y extenso, norma que rige la caracterización del biodiésel en los Estados Unidos de Norteamérica (país de origen de la ASTM) y posiblemente lo hará en México.

Al final, se incluye un **Índice alfabético** con las entradas que se consideran más importantes para facilitar la búsqueda de los temas principales, equipos, normas y cristalería, en otros, mencionados durante éste trabajo.

Objetivos del estudio

Al término del presente estudio, se proyecta como **Objetivo General**:

- Establecer las técnicas de caracterización físico químicas que aseguren la calidad del biodiésel, para su obtención a nivel laboratorio en la Maestría en Fuentes Renovables de Energía y Eficiencia Energética de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México.

Como **Objetivos Particulares** se pretende:

- Identificar la normatividad mexicana, aplicable al Biodiésel.
- Seleccionar la normatividad internacional, relacionada al Biodiésel.
- Identificar y establecer, las características físicoquímicas para la determinación de la calidad del Biodiésel.
- Seleccionar, en función de la normatividad el material, consumibles y equipamiento necesarios, para la determinación de la calidad del Biodiésel.
- Proponer un laboratorio, con las condiciones mínimas, en función de la normatividad internacional.

Justificación

La importancia de un curso de prácticas en laboratorio unido a su curso de teoría es indiscutible en las asignaturas de ciencias en general y de química en particular, debido a que la química es una ciencia práctica en esencia y una adecuada correlación entre la teoría de la enseñanza en clase y las prácticas en un laboratorio conduce a una mejor comprensión, como lo reconocía Leonardo Da Vinci (1452-1519) “... *son vanas y están plagadas de errores las ciencias que no han nacido del experimento, madre de toda certidumbre...*” (CHEMICAL EDUCATION MATERIAL STUDY, 1987).

Si se requiere mejorar significativamente la calidad de los materiales del curso y enfoques pedagógicos, se deben entender primero los fundamentos de cómo aprenden los estudiantes. La idea clave que se presenta es que el aprendizaje de la más alta calidad y el crecimiento intelectual se produce cuando los estudiantes hacen observaciones de los fenómenos naturales y, posteriormente, se enfrentan al reto de construir la comprensión conceptual de la información en bruto. En 1902 Alexander Smith en la Universidad de Chicago proponía el uso de los laboratorios para la enseñanza de la química (DeBoer, 1991). Los conceptos aprendidos en contextos específicos de química luego pueden generalizarse a contextos más amplios que se pueden aplicar en todas las disciplinas. Las bases teóricas de esta conclusión provienen de obra del psicólogo del desarrollo suizo Jean Piaget (1896-1980), que expone como una teoría de las etapas de desarrollo, pero de hecho, trata de la naturaleza del conocimiento mismo y cómo los seres humanos llegan gradualmente a adquirirlo, construirlo y utilizarlo. Junto con Lev Vygotsky (1896-1934) son los precursores de la corriente educativa conocida como Constructivismo. (Schunk, 2012).

“Mientras que en la comunidad educativa se debate la definición precisa de la teoría o filosofía de aprendizaje conocido como el constructivismo, nuestro propósito aquí es simplemente para poner adelante una descripción clara de cómo la gente aprende.”

El proceso por el cual una persona adquiere conocimiento comienza con la entrada del medio ambiente, según lo detectado por los sentidos. Cada individuo construye su propio conocimiento a partir de datos obtenidos por los sentidos y su interacción con los conocimientos existentes; esta es la esencia de la teoría constructivista del aprendizaje... Esto implica que el conocimiento es la última posesión personal. La suma de mi conocimiento es única y necesariamente diferente a la suya. Usted no puede transferir el conocimiento, totalmente intacta, directamente desde su cerebro a la mía". (Pienta, et al., 2005).

Por lo antes expuesto se propone el establecimiento del Laboratorio de Aplicaciones Bioenergéticas, iniciando con la Caracterización del Biodiésel, ya que con esto se refuerza el conocimiento impartido en el aula, por el carácter investigativo de que todo estudio de postgrado debe ser y principalmente por carecer con ésta instalación considerada como básica.

Capítulo 1

Marco Teórico

1.1. El biodiésel

El biodiésel es un combustible alternativo que está tomando impulso en el mundo debido al interés despertado por el cambio climático, la disminución de la contaminación ambiental, el alza generalizada de los precios de los combustibles, la disminución de las reservas del petróleo, entre otros puntos.

1.2. Estado del Arte

Con la finalidad de entender qué es el biodiésel, se presenta en la Tabla 1.1. *Definiciones del biodiésel de la bibliografía consultada*, las dilucidaciones en extenso recolectadas en la bibliografía analizada.

Tabla 1.1. Definiciones del biodiésel de la bibliografía consultada.

Título (Fuente)	Definición
Advanced Biofuels and Bioproducts. (Lee, 2013, p. 9)	"El biodiésel es una mezcla de ésteres alquílicos de los ácidos grasos obtenidos típicamente por transesterificación de los triglicéridos de los aceites vegetales, lípidos de las algas, o grasas animales".
Advances in biofuel production algae and aquatic plants. (Gikonyo, 2014, p. 10);	"Los lípidos de las micro algas en forma de triglicéridos o ácidos grasos pueden ser convertidos en biodiesel mediante transesterificación / (esterificación de ácidos grasos) reacciones después de la extracción".
Advances in Biodiesel Production Processes and Technologies. (Luque [Ed] & Melero [Ed], 2012, p. 1)	El biodiésel se compone de una mezcla de ésteres metílicos de ácidos grasos (FAMES) obtenidos a partir de recursos renovables, tales como aceites vegetales y grasas animales, por transesterificación con metanol en presencia de un catalizador ácido o básico. Se puede sintetizarse a partir de una variedad de materias primas, pero los aceites vegetales refinados (tales como soja, colza, palma y otros) son actualmente la materia prima industrial primaria (biodiesel primera generación).
Advanced Renewable Energy Systems 2 Vols (Bhatia, 2014)	"El biodiésel es el metil o etil éster del ácido graso y tiene propiedades similares a combustibles de petróleo".
Agrocombustíveis, cultivos energéticos e soberania alimentar na américa latina (Bravo, 2007, p. 39)	"El biodiésel es un éster (como el vinagre) que se puede obtener a partir de diferentes tipos de aceites y grasas vegetales o animales, tales como de soja, canola, aceite de palma, etc.".
Algae for Biofuels and Energy. (Borowitzka & Moheimani, 2013, p. 207)	"El biodiésel se define como los mono-alquil ésteres de los aceites vegetales o las grasas animales por la norma estadounidense ASTM D6751 del biodiésel".
Algal Biorefineries, Volume 1: Cultivation of Cells and Products (Bajpai, et al., 2014, p. 191)	"En general, el biodiésel es un alquil éster y es un producto de la reacción de transesterificación entre un triglicérido (lípidos o aceite) y un alcohol en presencia de un catalizador".

Tabla 1.1. Definiciones del biodiésel de la bibliografía consultada (continúa).

Título (Fuente)	Definición
Algae Energy Algae as a New Source of Biodiesel. (Demirbas & Demirbas, 2010, p. 33)	<p>“El biodiésel se conoce como un mono-alquilo; ejemplos incluyen metilo y etilo, que son ésteres de ácidos grasos. El biodiésel se produce a partir de los triglicéridos por transesterificación”.</p>
Alternative Fuel. (Manzanera, 2011, p. 16)	<p>“El biodiésel es una mezcla de ésteres de alquilo y puede ser utilizado en motores de encendido por compresión convencionales, que casi no necesitan modificación alguna. Además, el biodiésel puede ser utilizado como combustible para calefacción y como combustible”.</p>
Alternative Energy Sources. (Michaelides, 2012, p. 297)	<p>“El biodiésel es un nombre genérico que se da a los combustibles líquidos para el transporte, con una mezcla de hidrocarburos y alcoholes más pesados, como $C_{10}H_{22}$, $C_5H_{11}OH$ y $C_8H_{17}OH$. El biodiésel se produce a partir de semillas oleaginosas cultivadas en la naturaleza, como las semillas de algodón, residuos de aceite de oliva y semillas de calabaza”.</p>
Asociación de Instituciones de Promoción y Educación (Al P y E, 2011, p. 10)	<p>“El biodiésel es un combustible sintético líquido que se obtiene a partir de lípidos naturales que se lo puede fabricar a partir de cualquier tipo de aceite vegetal o grasa animal, incluyendo los aceites usados y desechados por los restaurantes. En su fabricación y en presencia de un catalizador, al aceite refinado (10 partes) se le añade metanol”.</p>
ASTM (ASTM D6751-12, 2012, p. 2)	<p>“Biodiesel: Combustible compuesto de ésteres monoalquílicos de ácidos grasos de cadena larga derivados de aceites vegetales o grasas animales, designado como B100.</p>
Biodiesel Analytical Methods NREL/SR-510-36240. (NREL, 2004, p. 5)	<p>“El biodiésel se define como el mono - alquil ésteres de ácidos grasos derivados de aceites vegetales o grasas animales. En términos simples, el biodiésel es el producto obtenido cuando un aceite vegetal o grasa animal se hace reaccionar químicamente con un alcohol para producir ésteres alquílicos de ácidos grasos”.</p>
Biodiesel, Production and Properties. (Sarin, 2012, p. 3)	<p>“El biodiésel se define técnicamente como 'un combustible compuesto de ésteres monoalquílicos de ácidos grasos de cadena larga derivados de aceites vegetales o grasas animales, designado como B100 y el cumplimiento de los requisitos de la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales D-6751' ”.</p>
Biocombustibles avanzados en México. (REMBIO, 2010, p. 5)	<p>BIODIÉSEL: Aceites o grasas que han reaccionado con un alcohol de cadena corta (1-4 carbonos), para formar 'mono-aquil ésteres de ácidos grasos' y que cumplen con las especificaciones para ser utilizados en motores diésel (puros o mezclados con diésel convencional). Para ser considerado un biocombustible avanzado, la materia prima debe provenir de una fuente no alimenticia, tener alta mitigación de GEI y no producir contaminantes en su fabricación”.</p>
Bioengineering For Pollution Prevention (Ahmann & Dorgan, 2009, p. 111)	<p>“El término biodiésel es el nombre colectivo de los combustibles esterificados de los aceites y de las grasas. Estos lípidos biológicos se originan como mezclas de triglicéridos y ácidos grasos libres que son derivados a través de la transesterificación (también conocido como alcoholísis) con catálisis ácida, base, o enzimática para formar, más comúnmente, ésteres metílicos o etílicos”</p>
Biofuels in Brazil, Fundamental Aspects, Recent Developments, and Future Perspectives. (Silvério da Silva & Kumar, 2014, p. 64)	<p>“El biodiésel es un combustible sintético hecho a partir de aceites vegetales, grasas animales, algas u hongos. La manera más común de producir este combustible es a través de la transesterificación y de la esterificación de grasas y aceites vegetales o animales”.</p>

Tabla 1.1. Definiciones del biodiésel de la bibliografía consultada (continúa).

Título (Fuente)	Definición
Bioenergy Chances and Limits. (Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina, 2012, p. 46)	<p>“El biodiésel es el nombre de los de metilo, etilo, butilo ésteres de los ácidos grasos de lípidos y el término ‘biodiésel renovable’ se utiliza para el producto de reducción catalítica de triglicéridos con H₂ a hidrocarburos”.</p>
Bioenergy options for a cleaner environment in developed and developing countries. (Sims (Ed.), 2004, p. 132)	<p>“Interesterificación a Biodiésel: Este proceso combina aceites y grasas derivados orgánicamente (aceites vegetales y sebo), que son moléculas de triglicéridos, con un alcohol (normalmente metanol) y un catalizador para los ésteres de cadena sencilla y el subproducto glicerol. La mezcla de ésteres depende de los ácidos grasos contenidos en el aceite original y son conocidos como biodiésel”.</p>
Biofuels. (Soetaert & Vandamme, 2008, p. 77)	<p>“Los ésteres metílicos de los ácidos grasos, también llamado ‘biodiésel’, se han convertido en el principal biocombustible para los motores diésel, ya que tienen propiedades combustibles muy similares a los combustibles fósiles y se pueden utilizar sin ningún cambio en el motor”.</p>
Biofuels from Algae. (Pandey, et al., 2014, p. 177)	<p>“Actualmente, el biodiésel es producido principalmente a partir de aceites vegetales, grasas animales y aceites de cocina residuales”.</p>
Biofuels Engineering Process Technology. (Drapcho, et al., 2008, p. 202)	<p>“La química básica para la producción de biodiésel es relativamente simple y se produce principalmente a través de una etapa representativa de transesterificación de éste proceso a la comercialización. Las reacciones más comúnmente asociados a la producción de biodiésel incluyen transesterificación y esterificación, pero con potenciales reacciones que compiten entre ellos hidrólisis y saponificación”</p>
Biofuels, Securing the Planet’s Future Energy Needs. (Demirbas, 2009, p. 38)	<p>“Los metil, etil éster de los aceites vegetales, comúnmente conocidos como ‘biodiésel’, son candidatos prominentes como combustibles diésel alternativos. El nombre de biodiésel se ha dado a aceite vegetal transesterificado para describir su uso como un combustible diésel”.</p>
Biofuels, Methods and Protocols (Methods in Molecular Biology). (Mielenz, 2009, p. 281)	<p>“El biodiésel se produce por la reacción de aceites vegetales o grasas animales con alcohol en presencia de un catalizador alcalino. Los ésteres metílicos resultantes, son el combustible biodiésel, se separan del subproducto, la glicerina y después se lava con agua y se deshidrata para producir el combustible que debe cumplir con las especificaciones estandarizadas”.</p>
Biofuels production trade and sustainable development. (IIED, 2010, p. 3)	<p>“Biodiésel: Producido a partir de la reacción de aceite vegetal con alcohol en presencia de un catalizador para producir monoalquil ésteres y glicerina, que se elimina a continuación. El aceite proviene de cultivos oleaginosos o árboles (por ejemplo, de colza, de girasol, de soja, de palma, de coco o de jatropha) y también a partir de grasas animales, sebo y aceite de cocina usado. Algunos tipos de biodiésel se pueden utilizar sin mezclar o en alta proporción si los motores de los vehículos son modificados”.</p>
Biofuels and Food Security. (Koizumi, 2014, p. 2)	<p>“El biodiésel se produce mediante la combinación de aceite vegetal o grasa animal con un alcohol y un catalizador a través de un proceso químico conocido como transesterificación”.</p>
Biofuels, Production, Application and Development. (Scragg, 2009, p. 151)	<p>“El biodiésel es un reemplazo para el diésel y se produce por reacción de aceites vegetales y grasas animales con un alcohol para formar una mezcla de ésteres de ácidos grasos en una reacción conocida como transesterificación”.</p>

Tabla 1.1. Definiciones del biodiésel de la bibliografía consultada (continúa).

Título (Fuente)	Definición
Biofuels Refining and Performance Biofuels Refining and Performance. (Nag (Ed), 2008, p. 62)	"Una fuente importante de energía renovable para fines de transporte es el combustible líquido a base de aceites vegetales. Sin embargo, los aceites vegetales puros generalmente no son adecuados para uso en motores diésel modernos. Esto puede ser superado por el proceso de transesterificación. Los metil ésteres de los ácidos grasos resultantes tienen propiedades similares a las del diésel y son comúnmente llamados biodiésel".
Biofuels, Solar and Wind as Renewable Energy Systems, Benefits and Risks. (Pimentel, 2008, p. 155)	"El biodiésel se define como el producto del monoalquilo éster derivado de un lípido, aceite vegetal puro o grasa animal".
Biomass Gasification and Pyrolysis Practical Design and Theory. (Basu, 2010, p. 318)	"[El biodiésel es] Un combustible compuesto por mono alquilo ésteres - (metil) de ácidos grasos de cadena larga derivados de aceites vegetales o grasas animales y el cumplimiento de los requisitos de la norma ASTM D 6751".
Biomass Conversion, The Interface of Biotechnology, Chemistry and Materials Science. (Baskar, et al., 2012, p. 62)	"La conversión de cultivos de aceite a los biocombustibles – metil ésteres de Ácidos Grasos (Fatty Acid Methyl Esters, FAME), más comúnmente conocido como biodiésel implica procesos tales como la transesterificación, donde el aceite vegetal se hace reaccionar químicamente con un alcohol, en presencia de o un catalizador homogéneo o heterogéneo".
Bioprocessing Technologies in Biorefinery for Sustainable Production of Fuels, Chemicals, and Polymers. (Yan, et al., 2013, p. 5)	La producción de biodiesel a partir de aceites vegetales y metanol (o etanol) mediante transesterificación es altamente eficiente y proporciona importantes beneficios ambientales en comparación con los combustibles fósiles.
Corrosion in Systems for Storage and Transportation of Petroleum Products and Biofuels, Identification, Monitoring and Solutions. (BGroysman, 2014, p. 52)	"El biodiésel es un biocombustible apto para su uso en encendido por compresión (diésel). Se compone de ésteres monoalquílicos de ácidos grasos de cadena larga 'fatty acid monoalkyl esters, FAME' (FAME— RCOOCH_3 o $\text{FAEE—RCOOC}_2\text{H}_5$) derivado de los aceites vegetales, grasas animales, microalgas y grasas y aceites reciclados. El biodiésel se produce a través del proceso químico llamado transesterificación".
Dielectric Spectroscopy in Biodiesel Production and Characterization. (Romano & Sorichetti, 2011, p. 7)	"Biodiésel es un biocombustible líquido obtenido por procesos químicos a partir de aceites vegetales o grasas animales y un alcohol que puede ser utilizado en motores diésel, solo o mezclado con aceite diésel [minería]".
Energy for sustainability technology, planning, policy. (Randolph & Masters, 2008, p. 538);	"El biodiésel es un combustible que consta de alquil ésteres de ácidos mono-grasos de cadena larga derivados de aceites vegetales o grasas animales".
Industrial uses of vegetable oils. (Erhan, 2005, p. 49)	"El biodiésel se define como "un combustible compuesto por el éster mono-alquilo de los ácidos grasos de cadena larga derivados de aceites vegetales o grasas animales".
Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (IICA, 2010, p. 8)	"Desde una definición general, el biodiésel corresponde a un combustible renovable, derivado de lípidos naturales como aceites vegetales o grasas animales, obtenido a través de un proceso industrial relativamente simple de transesterificación del aceite vegetal o animal".

Tabla 1.1. Definiciones del biodiésel de la bibliografía consultada (finaliza).

Título (Fuente)	Definición
Legal Office FAOLEX, FAO. (RTCA, 2007, p. 1)	"Biodiésel: Es toda mezcla de mono-alquil ésteres de ácidos grasos, provenientes de aceites o grasas de origen vegetal o animal, designado como B100".
Handbook on Biofuels and Family Agriculture in Developing Countries. (Società Italiana di Agronomia, 2011, p. 22);	"El biodiésel es producido por la transesterificación de aceites vegetales, grasas animales o aceites de fritura, durante ésta reacción catalítica la alta viscosidad de los aceites vegetales se reduce mediante la conversión de los aceites con un alcohol monovalente (principalmente metanol) para el éster de alquilo correspondiente y glicerol".
Manual de biocombustibles. (ARPEL IICA, 2009, p. 19)	"La materia prima utilizada para el proceso de fabricación del biodiésel es muy variada (distintos tipos de aceites vegetales y grasas animales, aceites reciclados, etc.), haciendo que el resultado de la reacción química correspondiente sea una multiplicidad de ésteres de ácidos grasos distintos, en proporciones muy variables, todos ellos denominados biodiésel".
McGraw-Hill Encyclopedia of Science & Technology (10th Ed). (McGraw-Hill, 2007, p. 1540)	"Dado que los ácidos grasos a partir de grasas vegetales y los hidrocarburos de petróleo tienen estructuras químicas muy similares, las grasas vegetales también se puede convertir en un combustible líquido similar al combustible diésel. Los ácidos grasos obtenidos a partir de soja u otras plantas ricas en petróleo se hacen reaccionar con metanol para formar ésteres metílicos de ácidos grasos; Dado que estos ésteres metílicos tienen contenido de energía casi equivalente y estructura química similar a los combustibles diésel petroquímicos, que han sido llamados combustibles biodiésel".
Microalgae as a feedstock for biofuels. (Gouveia, 2011, p. 6)	"El biodiésel se produce generalmente a partir de cultivos oleaginosos, tales como colza, soja, girasol y palma de la mano a través de un proceso de transesterificación química de sus aceites con alcoholes de cadena corta, principalmente metanol".
Process intensification technologies for biodiesel production. (Kiss, 2014, p. 11)	"El biodiésel es una mezcla de ésteres de ácidos grasos, producido principalmente de fuentes verdes tales como aceites vegetales, grasa animal o incluso cocinar aceites residuales de la industria alimentaria"
Sustainable Development of Algal Biofuels in the United States. (National Reserch Council of the Natonal Academies, 2012, p. 44)	"Los esfuerzos iniciales utilizando estanques exteriores se centraron en la producción de biodiésel mediante la transesterificación de TAGs para producir ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME)".
The Chemistry of Oils and Fats Sources, Composition, Properties, and Uses. (Gustone, 2004, p. 289)	"El término biodiésel generalmente describe los ésteres metílicos de un aceite o grasa natural fácilmente disponible preparados para su utilización como combustible de automoción".
Oleic acid production, uses and potential health effects. (Whelan, 2014, p. X).	"En realidad, el principal componente de biodiésel es, en general, el oleato de metilo o etilo, que es fabricado por la transesterificación alcalina de aceites vegetales comestibles o no comestibles a través de un proceso industrial bien establecido".

De las definiciones anteriores se concluye que: el biodiésel es un combustible líquido a temperatura ambiente, sintético, renovable, con propiedades físicas y estructuras químicas similares al diésel mineral, siendo sus materias primas los lípidos naturales de los aceites vegetales o grasas animales (*Triglicéridos*), ya sean vírgenes o reciclados, reaccionando químicamente de forma comercial catalizada, en base acida, básica o enzimática con un alcohol de cadena corta de hasta 4 carbonos produciendo una mezcla de mono alquil éster y glicerol (mejor conocido como glicerina) como subproducto.

Desglosando los puntos principales de lo resumido se tiene que:

- Los **lípidos** son una familia de biomoléculas que se caracterizan por ser solubles en disolventes orgánicos pero no en agua. La palabra lípido proviene del término griego *lipas*, que significa “grasa” o “tocino”. Dentro de la familia de los lípidos hay diferentes estructuras que permiten clasificar los lípidos en varias categorías. Los lípidos como las ceras, grasas, aceites y fosfoglicéridos son ésteres que se pueden hidrolizar a ácidos grasos y a otros productos que contienen un grupo hidroxilo. Otro tipo de lípidos, los esteroides, se caracterizan por contener un núcleo de esterano, que se compone de carbono e hidrógeno formando 4 anillos fusionados. Estos lípidos no contienen ácidos grasos y no sufren hidrólisis. (Timberlake, 2011, p. 514)
- Los **triglicéridos** son los lípidos (*grasas*) más abundantes y sencillos, compuestos de tres ácidos grasos esterificados al glicerol y un alcohol de 3 carbonos. En las plantas superiores y animales, los ácidos grasos predominantes son los especiales de C_{16} y C_{18} . Los ácidos grasos con menores de 14 o más de 20 átomos de carbono son raros. En caso no existir un doble enlace Carbono-Carbono, el ácido graso se clasifica *saturado*, un doble enlace, *monoinsaturado* y de existir más de doble enlace se denomina *poliinsaturado*. (Melo & Cuamatzi, 2007, p. 125).
- Un **alcohol** es un compuesto químico donde el grupo funcional *hidroxilo* (**-OH**) está unido a un carbono; con 1 átomo de carbono se le denomina metanol, con 2 átomos etanol, de tener 3 átomos, propanol y con 4 átomos se tiene el butanol, isopropanol y terbutanol ya que se presenta la isomería estructural (Petrucci, et al., 2003, p. 93).
- Se forma un **grupo alquil** o *alquilo* cuando un alcano ha perdido un átomo de hidrógeno. Los grupos alquilo se nombran como los alcanos, pero sustituyendo la terminación *ano* por *ilo* (metano en metilo; etano en etilo, etc.). (Brown, et al., 2004, p. 990).
- Los **ésteres** tienen la fórmula general **R'COOR**, donde R' puede ser H o un grupo derivado de un hidrocarburo y R es un grupo derivado de un hidrocarburo. El grupo funcional en los ésteres es el grupo **-COOR** (Chang, 2010, p. 1045).

1.3. Revisión histórica del biodiésel

El proceso de conversión de los aceites vegetales y grasas animales en monoalquil esteres se llama *transterificación*, éste proceso fue desarrollado en 1853 por E. Duffy y J. Patrick (Demirbas, 2009) muchos años antes de que una máquina diésel fuera funcional. En 1893 el Ing. Rudolf Diesel publicó "*La teoría y construcción de una maquina racional de calor*", (Smith, 1938, p. 238), donde describe una máquina revolucionaria en su época donde una alta compresión del aire dentro de un cilindro causaría una alta temperatura, el diseño de Diesel contemplaba el uso de aceite vegetal (THE NATIONAL ACADEMIES, 2008, p. 33). Se le otorgó la patente en por el motor 1893 y presentó una máquina funcional en 1897, actualmente se le conoce como *máquinas a compresión*. El primer modelo desarrollado de Diesel, tenía un sólo pistón y una rueda volante en el piso de 3 metros de diámetro el 10 de Agosto de 1893, por lo que el día 10 de Agosto ha sido declarado el "*Día del Biodiésel*" (Marshall Cavendish Corporation, 2008, p. 439). El Ing. Diesel presentó su máquina en la Feria de París de 1900, donde ganó el *Gran Premio*, utilizando aceite de cacahuete sin transterificar, no se sabe si por iniciativa propia o por petición del gobierno francés ya que sus colonias en África principalmente se producía el cacahuete. En 1912 declaró "*El uso de aceites vegetales para combustibles de motores puede parecer insignificante hoy, pero tales aceites pueden convertirse en el transcurso del tiempo, tan importante como el petróleo y los productos del carbón-alquitrán de la actualidad.*" (Kaufman & Kirakosyan, 2009, p. 195).

En 1940 durante la Segunda Guerra Mundial, Brasil prohibió la exportación de las semillas de algodón por la posibilidad de hacer combustible de ellas, en 1942 la India realizó la conversión de una gran variedad de aceites vegetales en combustibles. Se sabe que en 1943 en China se utilizaba el aceite de Tung y otros aceites vegetales para producir una versión de gasolina y queroseno. En los Estados Unidos también se realizaron investigaciones para evaluar el aceite de las semillas de algodón como combustible diésel, aunque en 1941 la Ford tenía el prototipo del "auto de Soja" con un peso de 2000 lb, 1000 lb menos que los autos disponibles en los años 50. Sin embargo, se requerirá investigación adicional para identificar nuevos cultivos oleaginosos para satisfacer la creciente demanda de biodiésel. Una variedad de herramientas, incluyendo el fitomejoramiento, el mejoramiento molecular y la biotecnología son necesarios para aumentar la producción de petróleo a partir de cultivos convencionales, tales como la soja y el desarrollo de nuevos cultivos oleaginosos para regiones específicas. (Tomes, et al., 2011, p. 5). El embargo petrolero árabe al occidente por la guerra del Yom Kippur, en 1973 (Barker, 1975), (Randolph & Masters, 2008, p. 538) reanimó la investigación de uso del biodiésel, pero con cese al fuego y la caída del precio del petróleo se extinguió de nuevo el interés.

El uso de aceites vegetales como combustibles renovables alternativo, que compiten con el petróleo, se propuso a principios de 1980, pero la producción comercial no comenzó hasta finales de 1990. Desde la década de 1980, las plantas de biodiésel han abierto en muchos países europeos y en algunas ciudades se han quedado en los autobuses biodiésel o mezclas de biodiésel y petroquímica. Recientes preocupaciones económicas y ambientales nacionales han impulsado el resurgimiento en el uso de biodiésel en todo el mundo. En 1991, con el inicio de la Primera Guerra del Golfo se presentó otra crisis petrolera donde se incrementaron los precios de los energéticos (Demirbas & Demirbas, 2010, p. 2), por otra parte la Comunidad Europea propuso una deducción fiscal del 90% para el uso de los biocombustibles, incluyendo el biodiésel. Plantas de biodiésel están siendo construidas por varias empresas en Europa; cada una de estas plantas producirá hasta 1.5 millones de galones de combustible al año. La Unión Europea representó casi el 89% de toda la producción de biodiésel en todo el mundo en 2005 (Gupta & Demirbas, 2010, p. 74).

1.4. El Biodiésel, un combustible alternativo

Los combustibles diésel tienen un papel importante en la economía industrial de cualquier país. El uso generalizado de combustibles fósiles está conduciendo al agotamiento rápido de los recursos de combustibles fósiles, así como la degradación del medio ambiente. Las reservas de petróleo del mundo están distribuidas de manera desigual, muchas regiones tienen que depender de otros para sus necesidades de combustible. La degradación de la calidad del aire debido a las emisiones es el principal efecto adverso de los combustibles derivados del petróleo. Todos estos factores hacen necesario continuar la búsqueda y el desarrollo sostenible de las fuentes renovables de energía que sean amigables con el medio ambiente. (Ahmad, et al., 2013, p. 1).

El biodiésel es un combustible procesado que se puede utilizar fácilmente en los vehículos a motor diésel, ya que en general, las propiedades físicas y químicas así como el rendimiento de los ésteres etílicos son comparables a los de los ésteres metílicos. Los ésteres de metilo y etilo tienen casi el mismo contenido de calor de combustión. Las viscosidades de los ésteres etílicos son ligeramente más altas y los puntos de nube y de fluidez son ligeramente inferiores a los de los ésteres metílicos. Pruebas de motores han demostrado que los ésteres metílicos producen ligeramente mayor potencia y torque que los ésteres etílicos. Se presenta en la Tabla 1.2. *Algunas propiedades de los combustibles de aceites vegetales y ésteres de metilo, en comparación con el combustible diésel*, que muestra la similitud del diésel y los ésteres metílicos de algunos aceites vegetales.

Tabla 1.2. Algunas propiedades físico químicas de los combustibles de aceites vegetales y ésteres metilo, en comparación con el combustible diésel

Propiedad del combustible	Combustible diésel	Aceite de girasol	Éster metílico de girasol	Aceite de colza	Éster metílico de colza	Aceite de linza	Éster metílico de linaza
Gravedad esp.(kg/dm ³)	0.835	0.924	0.88	0.916	0.88	0.932	0.896
Viscosidad:							
20 °C (293 K)	5.1	65.8	n/d	77.8	7.5	50.5	8.4
50 °C (323 K)	2.6	34.9	4.22	25.7	3.8	n/d	n/d
Calor de combustión:							
Bruto (MJ/l)	38.4	36.5	35.3	37.2	n/d	36.9	35.6
Neto (MJ/l)	35.4	34.1	33.0	34.3	33.1	n/d	n/d
Número de Cetano	>45	33	45-51	44-51	52-56	n/d	n/d
Carbón residual (%)	0.15	0.42	0.05	0.25	0.02	n/d	0.22
Azufre (%)	0.29	0.01	0.01	0.002	0.002	0.35	0.24

Fuente: (Bassam, 2010, p. 45)

El biodiésel es un líquido transparente de color amarillo-ámbar con una viscosidad similar a la de diésel de petróleo. El biodiésel no es flamable y en contraste con diésel de petróleo, no es explosivo, con un punto de inflamación de 423 K para el biodiésel, en comparación con 337 K de diésel de petróleo. A diferencia de diésel de petróleo, el biodiésel es biodegradable, no tóxico y reduce significativamente las emisiones tóxicas y otras cuando se quema como combustible. Actualmente, el biodiésel es más caro de producir que el diésel de petróleo, que parece ser el factor principal en la prevención de su uso más generalizado. La producción mundial actual de aceite vegetal y grasa animal no es suficiente para reemplazar el uso de combustibles fósiles líquidos (porcentaje de sustitución máximo: 20 al 25%).

Los ésteres metílicos de aceites vegetales (biodiésel) tienen varias ventajas sobresalientes entre otras alternativas de combustibles renovables y con limpieza del motor. El metanol como monoalcohol se utiliza generalmente en la reacción de transesterificación de triglicéridos en presencia de un álcali como catalizador por ser relativamente barato. Varios aceites vegetales comunes, tales como girasol, de palma, de colza, de soja, de semilla de algodón y los aceites de maíz y sus ácidos grasos se pueden utilizar como el aceite vegetal. El biodiésel es más fácil de producir y más limpio con cantidades equivalentes de procesamiento cuando se comienza con el aceite vegetal limpio. El Sebo, manteca de cerdo y grasa amarilla requieren un procesamiento adicional al final del proceso de transesterificación debido a la elevada presencia de ácidos grasos libres. El diésel

derivado del aceite de colza es el biodiésel más común disponible en Europa, mientras que el biodiésel de soja predomina en los Estados Unidos. (Demirbas, 2008, p. 185).

Se presenta la Tabla 1.3. *Comparación de algunas propiedades del diésel y el biodiésel* donde se visualizan algunas propiedades para su comparación del diésel mineral y el biodiésel. Nótese en particular el apartado *Balace de energía del ciclo de vida*, donde se muestra que el biodiésel es muy superior al diésel mineral (3.2/l vs. 0.83/l), marcada en negritas e itálicas para su fácil identificación.

Un combustible alternativo al diésel de petróleo debe ser técnicamente viable, económicamente competitivo, ambientalmente aceptable y de fácil acceso. En consecuencia, el combustible alternativo factible para motores de encendido por compresión es el biodiésel. Usø del biodiésel puede mejorar los niveles de emisión de algunos contaminantes y empeorar la de los demás. El uso de biodiésel permitirá un equilibrio entre la agricultura, el desarrollo económico y el medio ambiente. (Demirbas, 2008, p. 157). En los últimos años, el biodiésel ha ganado la atención internacional como fuente de combustible alternativo debido a las características como la alta degradabilidad, no toxicidad, baja emisión de monóxido de carbono, de partículas y de los hidrocarburos no quemados. (Manzanera, 2011, p. 1).

Tabla 1.3. Comparación de algunas propiedades físico químicas del diésel y el biodiésel

Propiedad	Diésel	Biodiésel
Nombre químico	Diésel	m(etil) éster de ácido graso (3)
Apariencia	Líquido (1)	Líquido (3)
Color	Ámbar Claro (1)	Amarillo claro (3)
Olor	Hidrocarburo (1)	Ligeramente a humedad / jabonosa (;
Standard ASTM	D975 (5)	D6751 (5)
Composición	HC ^a (C10-C21) (5)	FAME ^b (C12-C22) (5)
Carbón (% en peso)	87 (5)	77 (5)
Hidrógeno (% en peso)	13 (5)	12 (5)
Oxígeno (% en peso)	0 (5)	11 (5)
Azufre (% en peso)	0.05 ^c (5)	0.05 ^d (5)
Punto inicial de ebullición y rango de ebullición	163 – 357 °C (436 – 630 K) (1)	200 °C (473 K) (3)
Punto de fluidez	-40 a -10 °C (233 a 263 K) (1)	-15 a 16 °C (258 – 289 K) (5)
Punto de inflamación	> 55°C (> 328 K). (1)	155 – 180 °C (428 – 453 K). (3)
Flamabilidad (límite inferior superior)	0.6 – 7.5 % (V). (1)	n/d

Tabla 1.3. Comparación de algunas propiedades físico químicas del diésel y el biodiésel (finaliza)

Propiedad	Diésel	Biodiésel
Temperatura de ignición	225 – 230 °C (498 – 503 K). (1)	n/d
Presión de vapor	1 kPa (7.5mm hg) a 20 °C (293 K).(2)	<5 mm Hg, a 22 °C (293 K) (3)
Densidad	0.819 – 0.856 g/cm ³ a 15 °C (288 K). (1)	0.860 – 0.894 g/cm ³ a 15 °C (288 K). (3)
Solubilidad	En agua: Despreciable (1)	En agua: Insoluble (3)
	En solventes hidrocarburos no polares: Soluble. (2)	El biodiésel puede absorber hasta 1500 ppm de agua
Viscosidad cinemática	1.8 – 4.0 mm ² /s a 40 °C (313 K). (1)	3.3 – 5.2 mm ² /s a 40 °C (313 K). (3)
Estabilidad química	Estable químicamente. (2)	Estable químicamente. (3)
Peligro de polimerización	En condiciones normales no ocurre una polimerización peligrosa. (2)	n/d
Materiales que deben evitarse	Reacciona con agentes oxidantes y ácidos. (2)	Reacciona con oxidantes fuertes. (3)
Materiales peligrosos de descomposición	Puede desprender COx, NOx, SOx, H ₂ S, humo y vapores irritantes cuando se calienta hasta la descomposición (2)	Productos peligrosos de la combustión incluyen monóxido de carbono, dióxido de carbono, aldehídos, cetonas y otros hidrocarburos oxidados (4)
Número de cetano	45 - 50 (4)	50 – 60 (4)
Valor calorífico bajo	42.61 MJ/kg (4)	37.37 MJ/kg (4)
Valor calorífico alto	45.75 MJ/kg (4)	40.16 MJ/kg (4)
Balance de energía del ciclo de vida (un. de energía producidas por un. de energía consumida)	0.83/l (6)	3.2/l (6)
No CAS	68334-30-5 (2)	61788-61-2 (2)

Tabla de elaboración propia. Fuentes: 1 (Regulation 1907/2006/EC, 2014); 2 (Petro Canada, 2014), 3 (Gupta & Demirbas, 2010); 4 (Atlas Oil Company, 2014); (Lee, Speight, & Loyalka, 2014); 5 (Loterio, y otros, 2005); 6 (Kiss, 2014).

a = hidrocarburos, b = Fatty acid methyl esters; c = diésel de ultra-bajo azufre; d = biodiésel libre de azufre; n/d = no disponible.

En los Estados Unidos el biodiésel es un combustible alternativo reconocido en virtud de la Ley de Política Energética de 1992 (*Energy Policy Act*, EPAct) enmendada en 1996. EPAct requiere que más del 75% de las nuevas compras de vehículos por parte de determinadas flotas, estatales y proveedores federales sean vehículos alimentados con combustibles alternativos. Como combustible alternativo reconocido, cualquier vehículo certificado para ejecutarse en B100 podría acogerse a las disposiciones de vehículos de combustible alternativos de compra de EPAct, pero no parece que algún vehículo que cumpla este requisito esté disponible hoy en día. La opción B100 es más cara que otras opciones alternativas de combustible y la (*original equipment manufacturer*, OEM) comunidad fabricante de equipo original ha tenido poco interés en la certificación de los vehículos en la B100, por lo que este crédito vehículo no ha creado un mercado para el biodiésel. (NREL, 2006, p. 4).

En los últimos años se han realizado esfuerzos sistemáticos para utilizar aceite vegetal como combustible en motores con algunas características como las siguientes:

- *El biodiésel reduce la necesidad de la quema de Petróleo.* La energía de combustible fósil necesario para producir biodiésel a partir de aceite de soja es sólo una fracción (31%) de la energía contenida en un galón de combustible. Se obtiene 3.2 unidades de energía de combustible de biodiésel por cada unidad de energía fósil usada para producir el de combustible. Esa estimación incluye la energía utilizada en maquinaria agrícola diésel y equipo de transporte (camiones, locomotoras), los combustibles fósiles utilizados para producir fertilizantes y pesticidas, combustibles fósiles utilizados para producir vapor y electricidad y el metanol se utiliza en el proceso de fabricación. Debido a que el biodiésel es un combustible de alta eficiencia energética, que puede extender los suministros de petróleo que lo convierte una política energética federal. En la Unión Europea (UE) ha adoptado una propuesta de Directiva relativa al fomento del uso de biocarburantes con medidas que garanticen que los biocombustibles representen al menos el 2% del mercado de la gasolina y del diésel que se vende como combustible para el transporte a finales de 2005, el aumento en las etapas de un mínimo de 5.75% a finales de 2010. (Bozbas, 2005, p. 11)
- *El biodiésel reduce las emisiones.* Cuando biodiésel desplaza petróleo, reduce las emisiones globales de gases de calentamiento, como el dióxido de carbono (CO_2). Cuando las plantas como la soja crecen toman CO_2 del aire para hacer los tallos, raíces, hojas y semillas. Después de que el aceite se extrae de las semillas de soja, se convierte en biodiésel y cuando se quema produce CO_2 y otras emisiones, que devuelven a la atmósfera. *Este ciclo no aumenta la concentración neta de CO_2 en el aire* debido a que la próxima cosecha de soja va a volver a utilizar el CO_2 para crecer. Cuando se queman combustibles fósiles, sin embargo, el 100% del CO_2 liberado se suma a los niveles de concentración de CO_2 en el aire. Debido a que los combustibles fósiles se utilizan para producir biodiésel, el reciclaje de CO_2 con el biodiésel no es del 100%, pero sustituyendo el diésel por biodiésel se reduce las emisiones de CO_2 del ciclo de vida en un 78% cuando es B100 (mezcla de 100% de biodiésel y 0% de aceite mineral), si es B20, se reduce el CO_2 en 15.66%. El biodiésel B100 reduce las partículas del tubo de escape (PM) en un 47%, hidrocarburos (HC) en 67% y monóxido de carbono en 48% (CO) de las emisiones de la mayoría de los motores de encendido de cuatro tiempos modernos. Estos beneficios se producen porque el combustible (B100) contiene 11% de oxígeno en peso. La presencia de oxígeno combustible permite que el combustible se queme de manera más

completa lo que reduce las emisiones de combustible no quemado. Por éste mismo fenómeno se reducen los tóxicos en el aire, debido a que las sustancias tóxicas del aire están asociados con las emisiones de PM y HC no quemados o parcialmente quemados. Las pruebas han demostrado que las reducciones de PM, HC, CO son independientes de la materia prima utilizada para producir biodiésel. La EPA revisó 80 ensayos sobre las emisiones de biodiésel en los motores de encendido y ha llegado a la conclusión de que los beneficios son reales y previsible en una amplia gama de mezclas de biodiésel. (Pinderhughes, 2004, p. 176).

- *Biodiésel y la Salud Humana.* Algunos de las emisiones de PM y HC de la combustión de combustible diésel son tóxicos o son sospechosos de causar cáncer y otras enfermedades que amenazan la vida. Usando B100 puede eliminar hasta el 90% de estos "tóxicos en el aire". La mezcla B20 reduce los tóxicos del aire en un 20% a 40%. Recientemente, el Departamento de Administración de Salud y Seguridad Minera del Trabajo (*Mining Safety Health Administration*, MSHA) probó y aprobó el uso de biodiésel en equipos de minería subterránea donde los trabajadores están expuestos a altos niveles de emisiones del diésel. El cambio a mezclas de biodiésel se cree que reduce el riesgo de enfermedades y enfermedades mortales en los mineros. El biodiésel puro reduce los hidrocarburos aromáticos policíclico (*polycyclic aromatic hydrocarbons*, HAP) en un 80 por ciento y los hidrocarburos aromáticos policíclicos nitrados (*nitrated polycyclic aromatic hydrocarbons*, nPAH) en un 90 por ciento; Los compuestos HAP y nPAH están en las emisiones de diésel que se sospecha causan el cáncer. (Pinderhughes, 2004, p. 177).
- *El biodiésel mejora la lubricidad.* En el mercado del diésel para carretera, de bajo nivel mezclas de biodiésel como 1% o 2% puede mejorar la lubricidad de los combustibles diésel y esto puede ser particularmente importante para los diésel de ultrabajo contenido de azufre (ULSD) ya que éstos combustibles tienen propiedades lubricantes pobres. Los fabricantes de motores dependen de lubricidad para mantener las piezas, especialmente las bombas de combustible en movimiento. Incluso el 2% de biodiésel puede restaurar la lubricidad adecuada para combustibles secos como el queroseno o diésel obtenido por el método *Fischer-Tropsch*. (Knothe & Steidley, 2005, p. 1192), (Hu, et al., 2005, p. 1603).
- *El biodiésel es fácil de usar.* El mayor beneficio de usar biodiésel es que es su sencillez de uso. En mezclas de B20 o menos, son, literalmente, una "baja" en la tecnología. Sin equipos nuevos y sin modificaciones necesarias en los equipos. Las mezclas B20 puede ser almacenado en los tanques de combustible diésel y se bombea con los mismos equipos para diésel. (NREL, 2006, p. 4).

- *Reducción de la lluvia ácida.* Por naturaleza el biodiésel no contiene azufre, por lo que en comparación con la combustión del diésel mineral no se emiten óxidos de azufre, precursores de la formación de los ácidos sulfuroso y sulfúrico en la atmósfera que caen en la lluvia o forman neblinas ácidas, comúnmente conocidas como lluvia ácida. (Bundschuh & Chen, 2014, p. 326).

Adversamente el uso del biodiésel tiene ciertas desventajas del uso de biodiésel como sustituto del combustible diésel que se debe tomar en consideración (Romano & Sorichetti, 2011, p. 8):

- *Ligeramente mayor consumo de combustible debido al poder calorífico inferior del biodiésel.* Los combustibles biodiésel contienen alrededor de un 12.5% menos de energía por unidad de peso que el diésel de petróleo (37.215 kJ/kg vs 42.565 kJ/kg). Sin embargo ya que el biodiésel tiene una mayor densidad, el contenido de energía por unidad de volumen es sólo el 8% menos. Como resultado, la economía de combustible del motor diésel que es alimentado con biodiésel tiende a ser ligeramente menor que cuando se alimenta con el combustible diésel de petróleo (Elsevier Inc, 2009, p. 490).
- *Emisión ligeramente más alta de óxido nítrico (NOx) que el combustible diésel.* Sin embargo, el menor contenido de azufre del biodiésel permite el uso de las tecnologías de control de NOx que no se pueden utilizar de otra manera con el diésel convencional. Por lo tanto las emisiones de NOx de combustible de biodiésel pueden ser manejados y eliminados por la optimización de motores de manera efectiva. (IMechE, 2011, p. 174).
- *Punto de congelación más alta que el diésel.* Esto puede ser inconveniente en frío climas.
- *Es menos estable que el diésel y por lo tanto el almacenamiento a largo plazo (más de seis meses) de biodiésel no es recomendable.* La estabilidad puede referirse a dos cuestiones para los combustibles: estabilidad de almacenamiento a largo plazo o el envejecimiento y la estabilidad a temperaturas o presiones elevadas como el combustible se recircula a través del sistema de combustible de un motor. Para el diésel de petróleo, la estabilidad de almacenamiento a largo plazo se conoce comúnmente como la estabilidad oxidativa. La estabilidad térmica es el término común para la estabilidad de los combustibles a temperaturas elevadas del sistema de combustible. Para B100, la estabilidad de almacenamiento es la preocupación primordial; por lo tanto, la D6751 incluye un requisito de estabilidad a la oxidación (NREL, 2006, p. 19).

- *Puede degradar juntas y mangueras de plástico y caucho natural, cuando se utiliza en forma pura, en la que se recomienda la sustitución de componentes de caucho por teflón.* El combustible biodiésel reaccionará con algunos plásticos y algunos metales en una manera negativa. Los plásticos que parecen ser compatibles con biodiésel incluyen nylon, teflón y vetón. Al entrar en contacto con los metales no ferrosos, como el cobre y el zinc, el combustible biodiésel puede causar precipitados. Algunos de estos materiales se pueden encontrar en los revestimientos de tanques de combustible, líneas de combustible, diafragmas de la bomba de transferencia, los sellos del inyector y sellos de la bomba de inyección (entre otros) (Elsevier Inc, 2009, p. 490).
- *Disuelve los depósitos de sedimentos y otros contaminantes de combustible diésel en los tanques de almacenamiento y tuberías de combustible,* que luego son arrastrada por el biocombustible en el motor, donde pueden causar problemas en las válvulas y sistemas de inyección. En consecuencia, se recomienda la limpieza de los tanques antes de llenar con el biodiésel.

Debe tenerse en cuenta que estas desventajas se reducen significativamente cuando se utiliza biodiésel en mezclas con combustible diésel.

1.5. Fuentes Globales de biodiésel

La energía desempeña un papel vital en el crecimiento económico de cualquier país. Las existencias actuales de energía en el mundo no son sostenibles desde los puntos de vista ambiental, económico y social. En todo el mundo, los gobiernos han iniciado el uso de fuentes alternativas de energía para garantizar la seguridad energética, la generación de empleo y la mitigación de las emisiones de CO₂. Los biocombustibles se han convertido en una opción ideal para satisfacer estos requisitos. Grandes inversiones en investigación y subsidios para la producción son la regla en la mayoría de los países desarrollados. Asegurar un suministro de energía adecuado y confiable a precios competitivos para apoyar el crecimiento económico y satisfacer las necesidades de la población esenciales es vital para cualquier país. La volatilidad del mercado y de los precios de la energía, la disminución de las tasas de producción y los actos geopolíticos recientes de la guerra y el terrorismo se ha puesto de relieve la vulnerabilidad del sistema energético mundial actual a las interrupciones del suministro. (Tomes, et al., 2011, p. 5).

Se espera que los biocarburantes reduzcan la dependencia del petróleo, así como su vulnerabilidad política y económica asociada, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes y revitalizar la economía mediante el aumento de la demanda y los precios de los productos agrícolas. Aunque la atención se centra en el etanol, el interés por el biodiésel también está aumentando. La colza es el aceite más utilizado para hacer biodiésel europeo. Actualmente, el uso de biodiésel es particularmente fuerte en Alemania. El biodiésel se obtiene principalmente de la soja en los Estados Unidos. La Unión Europea ha elegido el biodiésel como su principal combustible líquido renovable. Uso de combustible de etanol en la Unión Europea es mucho menos importante. La producción de maíz europea de baja y una alta proporción de los motores diésel en comparación con los Estados Unidos hacen del biodiésel una alternativa más atractiva en la Unión Europea. (Demirbas, 2008, p. 185).

Muchos recursos pueden ser utilizados como materia prima para la producción de biodiésel. Estos recursos se originaron principalmente de plantas, en particular y de los animales, en general. Dependiendo de la disponibilidad y la producción, la materia prima para el biodiésel se puede clasificar en tres categorías principales: las plantas oleaginosas, grasas animales y aceite de cocina reciclado. Así la materia prima utilizada para la producción del biodiésel puede ser: aceites vegetales vírgenes, aceite vegetal usado (aceites de fritura por ejemplo), algas, estiércol de vaca, sebo de vacuno, manteca de cerdo, trampa de grasa, microorganismos (geobacterias), árboles silvestres y aguas residuales por bacterias, entre otros. (Harvey & Brita, 2009).

Hay más de 350 plantas oleaginosas identificadas (con miles de sub-especies) que podrían ser utilizadas para cultivar una nueva cosecha de combustible cada año. La productividad de las plantas perennes es mayor, evitan la erosión y también pueden cultivarse en zonas de montaña. Algunas especies se pueden cosechar más de una vez al año. Muchas especies de plantas oleaginosas producen más aceite en climas y condiciones tropicales. Las potencialidades de combustible de muchos aceites vegetales (incluyendo ricino, semilla de uva, maíz, camelina, semilla de calabaza, hayucos, colza, altramuces, guisantes, semillas de amapola, cacahuete, de cáñamo, semillas de lino, el castaño, semillas de girasol, de palma, de oliva, de soja, de semilla de algodón, manteca de karité) fueron consideradas en 1939. (Bart, et al., 2010, p. 317).

En la Tabla 1.4. *Rendimientos de semillas oleaginosas y contenido de aceite de varias especies de plantas*, se presentan algunas especies que pueden servir para la producción de biodiésel.

México cuenta con más de 600 mil hectáreas cultivadas con cultivos oleaginosos, entre los que se incluyen coco (copra), soya, cártamo, algodón, girasol, cacahuete (maní), ajonjolí y palma. Estos cultivos conforman el Comité Nacional Sistema – Producto Oleaginosas. Sin embargo, la industria aceitera en México depende en gran medida de las importaciones de oleaginosas para elaborar sus productos; a partir de esto, produce aceites que son utilizados por las industrias de alimentos y finalmente se distribuyen al consumidor final. El país importa anualmente un poco más de 5 millones de litros de aceite vegetal y la importación creció durante el período comprendido entre 2003-2004 y 2007-2008, a un ritmo anual de 1.8%. (IICA, 2010, p. 316).

Tabla 1.4. Rendimientos de semillas oleaginosas y contenido de aceite de varias especies de plantas

Nombre botánico	Nombre Común	Rendimiento en semilla o aceite (kh/ha)		% de aceite
<i>Ablemoschus moschatus</i> Medik	Ambrette (Ambreta)	836-1693	semilla	n/i*
<i>Aleurites fordii</i> Hemsl.	Tung-oil tree (Aceite de árbol de Tung)	n/i	semilla	n/i
<i>Aleurites montana</i> (Lour.) Wils.	Mu-oil tree (aceite de árbol de Mu)	5500	aceite	n/i
<i>Anacardium occidentale</i> L.	Cashew (Anacardo)	1000	semilla	n/i
<i>Arachis hypogaea</i> L.	Peanut (Cacahuete)	5000	semilla	35-55
<i>Brassica júncea</i> (L.) Czern	Mustard, Green (Mostaza Verde)	1166	semilla	30-38
<i>Brassica napus</i> L.	Rape (Colza)	3000	semilla	40-45
<i>Brassica nigra</i> (L.) Koch	Mustard black (Mostaza Negra)	1100	semilla	30-35
<i>Brassica rapa</i> L.	Turnip (Nabo)	1000	semilla	n/i
<i>Calophyllum inophyllum</i>	Calophyllum (Calophyllum)	n/i	n/i	50-73
<i>Camellia japónica</i>	Tsubaki (Tsubaki)	n/i	semilla	66
<i>Cannabis sativa</i> L.	Hemp (Cáñamo)	1500	semilla	25-30
<i>Carthamus tinctorius</i> L.	Safflower (Cártamo)	4500	semilla	35-45
<i>Ceiba pentandra</i>	Kapok (Ceiba)	n/i	n/i	20-25
<i>Cier arietinum</i> L.	Chickpea (Garbanzo)	2000	semilla	n/i

n/i* = no indica la fuente

Tabla 1.4. Rendimientos de semillas oleaginosas y contenido de aceite de varias especies de plantas (continua)

Nombre botánico	Nombre Común	Rendimiento en semilla o aceite (kh/ha)		% de aceite
<i>Cier arietinum</i> L.	Chickpea (Garbanzo)	2000	semilla	n/i
<i>Citrullus colocynthis</i> (L.) Schrad.	Colocynth (Coloquintida)	6700	semilla	47
<i>Cocos nucifera</i> L.	Coconut (Coco)	1000	copra	62.5 n/i
<i>Coronilla varia</i> L.	Crown vetch (Corona de arveja)	500	semilla	n/i
<i>Crambe abyssinica</i> Hochst ex R.E. Fries	Crambe (Crambe hispánica ó abisinica)	5000	semilla	25-33
<i>Croton tiglium</i> L.	Croton, purging (Piñón de Indias)	900	semilla	50-55
<i>Cucúrbita foetidissima</i> HBK	Buffalo gourd (Calabaza búfalo)	3000	semilla	24-34
<i>Cyamopsis tetragonoloba</i> (L.) Taub	Guar (Guar)	2000	semilla	n/i
<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.	African oil palm (Aceite de palma africana)	2200	aceite	55 (of kernel))
<i>Glycine max</i> (L.) Merr.	Soya bean (Frijol de soya)	3100	semilla	13-25
<i>Gossypium hirsutum</i> L.	Cotton (Algodón)	900	semilla	16
<i>Guizotia abyssinica</i> (L. f.) Cass.	Niger seed (Semilla de Niger)	600	semilla	25-35
<i>Helianthus annuus</i> L.	Sunflower (Girasol)	3700	semilla	40-50
<i>Juglans nigra</i> L.	Black walnut (Nogal Negro)	7500	semilla	60
<i>Juglans regia</i> L.	Persian walnut (Nogal Persa)	7500	semilla	63-67
<i>Lens culinaris</i> Medik.	Lentil (Lenteja)	1700	semilla	n/i
<i>Lesquerella</i> spp.	Lesquerella (Lesquerella)	1121	semilla	11-39
<i>Limnanthes bakeri</i> J. T. Howell	Meadowfoam, Baker's (Hierba de la pradera Baker)	400	semilla	24-30
<i>Limnanthes douglasii</i> R. Br.	Meadowfoam, Douglas' (Hierba de la pradera Douglas)	1900	semilla	24-30
<i>Linum usitatissimum</i>	Flax (Linaza)	650	semilla	34

n/i = no indica la fuente

Tabla 1.4. Rendimientos de semillas oleaginosas y contenido de aceite de varias especies de plantas (continua)

Nombre botánico	Nombre Común	Rendimiento en semilla o aceite (kh/ha)		% de aceite
<i>Lotus corniculatus</i> L.	Trefoil, birdsfoot (Loto corniculado)	600	semilla	n/i
<i>Lupinus albus</i> L.	Lupin, White (Altramuz blanco)	1000	semilla	n/i
<i>Macadamia</i> spp.	Macadamia nut (Nuez de arbusto)	4000	semilla	15—20 (of nut)
<i>Medicago sativa</i>	Alfalfa seed (Semilla de alfalfa)	800	semilla	8-11
<i>Mucuna deeringiana</i> (Bort) Merr.	Velvetbean (Frijol de terciopelo)	2000	semilla	n/i
<i>Oryza sativa</i>	Rice bran (Salvado de arroz)	800	semilla	15-20
<i>Pachyrhizus erosus</i> (L.) Urb.	Jícama (Semilla de Jícama)	600	semilla	n/i
<i>Pachyrhizus tuberosas</i> (Lam.) Spreng	Ajipo (Jacatupé)	600	semilla	n/i
<i>Papaver somniferum</i> L.	Poppy, opium (Opio)	900	semilla	45-50
<i>Perilla frutescens</i> (L.) Britt.	Perilla (Perilla)	1500	semilla	35-45
<i>Phaseolus acutifolius</i> A. Gray	Tepary bean (Frijol Tepary)	1700	semilla	n/i
<i>Phaseolus coccineus</i> L.	Scarlet runner vean (Frijol ayocote)	1700	semilla	n/i
<i>Phaseolus lunatus</i> L.	Lima bean (Haba de Lima)	2500	semilla	n/i
<i>Pisum sativum</i> L.	Garden pea (Chícharos)	1800	semilla	n/i
<i>Prunus dulcis</i> (Mili.) D. A. Webb	Almond (Almendras)	3000	semilla	50-55
<i>Ricinus communis</i> L.	Castor bean (Ricino)	5000	semilla	35-55
<i>Sambucus canadensis</i> L.	Elderberry (Sáuco)	n/i	n/i	22-28
<i>Sapium sebiferum</i> (L.) Roxb.	Chínesse tallow tree (Árbol de sebo chino)	14000	semilla	19
<i>Sesamum indicum</i> L.	Sesame (Sésamo)	1000	semilla	45-50
<i>Simmondsia chinensis</i> (Link) C. Schneid	Jojoba (Jojoba)	2250	semilla	43-56
<i>Sinapis alba</i> L.	Mustard, White (Mostaza blanca)	8000	semilla	25-30
<i>Stokesia laevis</i> (Hill) Green	Stokes áster (Stokes áster)	1121	semilla	27-44
<i>Sinapis alba</i> L.	Mustard, White (Mostaza blanca)	8000	semilla	25-30

n/i = no indica la fuente

Tabla 1.4. Rendimientos de semillas oleaginosas y contenido de aceite de varias especies de plantas (finaliza)

Nombre botánico	Nombre Común	Rendimiento en semilla o aceite (kh/ha)		% de aceite
<i>Stokesia laevis</i> (Hill) Green	Stokes áster (Stokes áster)	1121	semilla	27-44
<i>Stylosanthes humilis</i> HBK	Townsville style (Alfalfa de Townsville)	1200	semilla	n/i
<i>Telfairia pedata</i> (Sm. ex Sims.) Hook	Zanzibar olivine (Nuez Reyna)	2000	semilla	35
<i>Theobroma cacao</i> L.	Cacao (Cacao)	3300	semilla	35-50
<i>Trigonella foenum-graecum</i> L.	Fenugreek (Heno griego)	3000	semilla	n/i
<i>Vigna angularis</i> (Willd.) Ohwi & Ohashi	Adzuki bean (Soja roja)	1100	semilla	n/i
<i>Vigna radiata</i> (L.) Wilczek var. <i>rodiato</i>	Mung bean (Judía mungo)	1100	semilla	n/i
<i>Vigna utnbelata</i> (Thunb.) Ohwi & Ohashi	Rice bean (Frijol arroz)	200	semilla	n/i
<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.	Cow pea (Frijol chino)	2500	semilla	n/i
<i>Vitis vinifera</i>	Grape seed oil (Aceite de semilla de uva)	n/i	n/i	6-21

Fuente: (Bassam, 2010, p. 43), n/i = la fuente no indica

Para finalizar, tanto como sea posible, la fuente de biodiésel debe cumplir dos requisitos: Bajos costos de producción y producción a gran escala. Los aceites refinados tienen altos costos de producción, pero la escala de producción es baja. Por otra parte, las semillas no comestibles, algas y aceites y grasas obtenidos del alcantarillado tienen bajos costos de producción y están más disponibles que los aceites refinados o reciclados ya que una fuente adecuada para producir el biodiésel no debe competir con otras aplicaciones que elevan precios como es la alimentación para la gente o animales. (Ahmad, et al., 2013, p. 12).

1.6. Lípidos y biodiésel

Los componentes básicos del biodiésel son los ácidos grasos. Un ácido graso es una molécula caracterizada por la presencia de un *grupo carboxilo* (-COOH) unido a una cadena hidrocarbonada larga. Por lo tanto estos son moléculas con una fórmula R-COOH en donde R es una cadena hidrocarbonada. Los ácidos grasos puede decirse que son ácidos carboxílicos y vienen en dos variedades principales: los ácidos grasos saturados y los ácidos grasos no saturados, como se ha señalado anteriormente. Los ácidos grasos saturados comunes contienen entre 12 y 20 átomos de carbono. (Walker & McMahon, 2008, p. 75). Se muestra en la Tabla 1.5. *Los 4 primeros ácidos mono carboxílicos saturados no ramificados* con algunas características físicas y observaciones pertinentes.

Tabla 1.5. Los 4 primeros ácidos mono carboxílicos saturados no ramificados



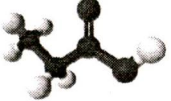
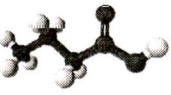
Nombre Sistemático Nombre común	Fórmula Cond. Peso Molecular	Estructura Desarrollada	Propiedades físicas	Observaciones
Ácido Metanoico Acido Fórmico	CH_2O_2 46.03 g/mol	H-COOH  Ilustración 1.1. Ácido Metanoico	e.a. Líquido a. Incoloro p.f. 281.5 K p.e. 373.8 K p.i. 323 K p.a. 874 K d. 1.218,3 kg/m ³ v. 1.789 cP (293 K)	<ul style="list-style-type: none"> • Del latín <i>formica</i>, hormiga. • Aislado en 1671 por John Ray destilándolo de hormigas rojas (<i>Formica rufa</i>). • Se halla en la orina humana y en muchas sustancias vegetales. • Se encuentra en la inyección de las abejas, mordeduras de algunas hormigas y en las ortigas. • Componente en la miel de abeja.
Ácido Etanoico Ácido Acético	$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ 60.05 g/mol	$\text{CH}_3\text{-COOH}$  Ilustración 1.2. Ácido Etanoico	e.a. Líquido a. Incoloro p.f. 290 K p.e. 391.2 K p.i. 313 K p.a. d. 1.049 kg/m ³ v. 1.22 mPa s	<ul style="list-style-type: none"> • Del latín <i>vinum acre</i>. • Hermann Kolbe lo sintetizó en 1845. • Se conocen sus efectos en los alimentos desde la antigüedad. • Presente en la mayoría de las sustancias biológicas. • Lo forman de etanol numerosas especies de bacterias aerobias y de pentosas, algunas especies anaerobias
Ácido Propanoico Ácido propílico	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$ 74.08 g/mol	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-COOH}$  Ilustración 1.3. Ácido propanoico	e.a. Líquido a. Incoloro p.f. 252.7 K p.e. 414.3 K p.i. 327 K p.a. 785 K d. 987, 97 kg/m ³ v. 1.02 cP (298 K)	<ul style="list-style-type: none"> • Del griego <i>Protos</i>, primero y <i>pion</i>, grasa. • Descrito inicialmente por Johann Gottlieb en 1844. • Jean-Baptiste Dumas lo nombra debido a que exhibe propiedades los ácido grasos superiores $\text{H}(\text{CH}_2)_n\text{COOH}$. • Se forma por descomposición bacteriana de carbohidratos. • Numeración de lípido C3:0.
Ácido Butanoico Ácido n-butílico	$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ 88.11 g/mol	$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_2\text{-COOH}$  Ilustración 1.4. Ácido Butanoico	e.a. Líquido a. Incoloro p.f. 288 K p.e. 463 K p.i. 344 K p.a. 713 K d. 952.8 kg/m ³ (298 K)	<ul style="list-style-type: none"> • Del griego <i>βουτύρον</i>, mantequilla. • Michel Eugène Chevreul, lo observó en 1814 • Se encuentra en la leche de cabra, de oveja y de búfala, la mantequilla, el queso parmesano y como producto de la fermentación anaeróbica. • Numeración de lípido C4:0.

Tabla de elaboración propia: Fuentes: (Brown, et al., 2014) (Perry & Green, 2008); (Gunstone, et al., 2007);(Shahidi, 2005); (Cancio, 2003); (Holm, 1997); (Wade, 2004); (GEIGY, 1965); Ilustraciones: sitios varios en Internet.

Nota.- abreviaturas utilizadas en ésta tabla: e.a. Estado de agregación a temperatura ambiente; a. Apariencia; p.f. Punto de Fusión; p.e. Punto de Ebullición; p.i. Punto de Inflamación; p.a. Punto de Autoignición; d. Densidad, v. Viscosidad.

En las plantas superiores y en los animales, los restos de ácidos grasos predominantes son los de las especies de C_{16} y C_{18} los ácidos *palmitico*, *oleico*, *linoleico* y *esteárico*. Los ácidos grasos con menos de 14 o más de 20 átomos de carbono no son comunes. La mayor parte de los ácidos grasos tienen un número par de átomos de carbono debido a que normalmente se biosintetizan por concatenación de unidades C_2 . Muchos de los ácidos grasos importantes que existen en la naturaleza están insaturados ya que contienen uno o varios dobles enlaces.

Los ácidos grasos poco frecuentes también se presentan como componentes de los aceites y grasas (ésteres de ácidos grasos y alcoholes de cadena larga) producidos por ciertas plantas. La mayor parte de los ácidos grasos microbianos son de cadena recta, pero algunos están ramificados, por lo general son monoinsaturados. Rara vez son poliinsaturados, hidroxilados o contienen anillos de ciclopropano. El hecho de que las unidades para construir al ácido graso sean saturadas o no saturadas y su grado de insaturación tienen consecuencias importantes en el funcionamiento de los ácidos grasos. (Melo & Cuamatzi, 2007, p. 125).

Aunque existe un gran número de sistemas de nomenclatura para los ácidos grasos, algunos de ellos no proporcionan información suficiente sobre su estructura. El nombre químico debe describir claramente la estructura química. A la hora de nombrar los ácidos grasos se sigue una nomenclatura sistemática recomendada por la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC-IUB, Comisión sobre la Nomenclatura, 1978). El sistema de la IUPAC nombra a los ácidos solamente sobre la base del número de átomos de carbono y el número y posición de los dobles enlaces relacionada con el grupo carboxilo. También se identifican la configuración de dobles enlaces, la posición de cadenas ramificadas y los heteroátomos, entre otros rasgos estructurales. El átomo de carbono del grupo carboxilo aparece en primer lugar y los carbonos de la cadena del ácido graso se enumeran partiendo del mismo. Convencionalmente, se identifica un enlace específico de una cadena por el número más bajo de los dos carbonos que enlaza. Los dobles enlaces se etiquetan con Z o E según corresponda, si bien suelen sustituirse estas etiquetas por los términos *cis* y *trans*, respectivamente. Por ejemplo, el nombre sistemático del **ácido linoleico** (*Linoleic Acid*, **LA**) es «Z-9, Z-12-ácido octadecadienoico» o «*cis*-9, *cis*-12-ácido octadecadienoico».

En la Tabla 1.6. *Ácidos grasos predominantes en las plantas superiores y animales*, algunos datos de los 4 principales físicos y químicos de los cuatro principales ácidos grasos.

Tabla 1.6. Ácidos grasos predominantes en las plantas superiores y animales





Nombre Sistemático Nombre común	Fórmula Cond. Peso Molecular	Estructura	Propiedades físicas	Observaciones
Ácido Hexadecanoico Ácido Palmítico	C ₁₆ H ₃₂ O ₂ 256.42 g/mol	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{14}-\text{COOH}$  <p>Ilustración 1.5. Ácido Hexadecanoico</p>	e.a. Cristales a. Blanco p.f. 336 K p.e. 624 K p.i. 479 K p.a. d. 852 kg/m ³ v. n/a	<ul style="list-style-type: none"> • Descubierto por Edmond Frémy en 1840. • Es el principalmente componente del aceite de palma, de ahí su nombre. • El ácido palmítico es el principal ácido graso saturado de la dieta, constituyendo aproximadamente un 60 % de los mismos. • Se identifica como unos de los principales responsables de enfermedades cardiovasculares.
Ácido Oleico (9 Z) – Ácido Octadecenoico	C ₁₈ H ₃₄ O ₂ 282.46 g/mol	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7 \text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$  <p>Ilustración 1.6. Ácido Oleico</p>	e.a. Líquido a. Líquido aceitoso de color amarillo pálido p.f. 289 K p.e. 433 K p.i. 453 K p.a. 623 K d. 895 kg/m ³ v. 39.1 mPa*s	<ul style="list-style-type: none"> • Oleico significa derivado de aceite de oliva. • Número de lípidos: 18:1 cis-9
Ácido Linoleico (9Z, 12Z)-9, 12-Ácido Octadecadienoico	C ₁₈ H ₃₂ O ₂ 280.45 g/mol	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$  <p>Ilustración 1.7. Ácido Linoleico</p>	e.a. Líquido. a. Incoloro. p.f. 261 K p.e. 503 K (21 mbar) p.i. 385 K p.a. d.900 kg/m ³ v. n/a	<ul style="list-style-type: none"> • Linoleico viene del griego <i>linon</i>, lino • Es un ácido graso esencial para el ser humano, por lo que no lo puede sintetizar sino ingerir de su dieta. • Número de lípidos: C18:2
Ácido Octadecanoico Ácido Estearico	CH ₃ (CH ₂) ₁₆ COOH 284.48 g/mol	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$  <p>Ilustración 1.8. Ácido Octadecanoico</p>	e.a. Sólido a. Blanco p.f. 342.4 K p.e. 623 K p.i. 386 p.a. d. 904.8 kg/m ³ v. n/a	<ul style="list-style-type: none"> • Del griego <i>στéαρ</i> Sebo • Es más abundante en la grasa animal (hasta 30%) de grasa vegetal (típicamente <5%). • Se utiliza principalmente en la producción de detergentes, jabones y cosméticos tales como champús y crema de afeitarse • Número de lípidos: C18:0

Tabla de elaboración propia. Fuentes: (Brown, et al., 2014) (Perry & Green, 2008); (Gunstone, et al., 2007);(Shahidi, 2005); (Holum, 1997); (Wade, 2004); (GEIGY, 1965); Ilustraciones: sitios varios en Internet.

Nota.- Significado de las iniciales: e.a. Estado de agregación a temperatura ambiente; a. Apariencia; p.f. Punto de Fusión; p.e. Punto de Ebullición; p.i. Punto de Inflamación; p.a. Punto de Autoignición; d. Densidad, v. Viscosidad.

Pese a que la nomenclatura de la IUPAC es muy precisa y técnicamente clara, los nombres de los ácidos grasos son largos. Por esta razón y por simple comodidad, en los artículos científicos se ha optado por usar frecuentemente «nombres comunes» o históricos y notaciones abreviadas. Pero esto no debe sorprender ya que aquellos que trabajan en el campo de las grasas de la dieta están familiarizados con las estructuras químicas. Además, debemos tener en cuenta que el conflicto entre ser preciso y exacto, a la vez que breve y conciso, ha existido siempre.

Existen varias notaciones abreviadas para referirnos a los ácidos grasos de la dieta, pero todas ellas adoptan la forma C:D, en la que la *C* representa el número de átomos de carbono y la *D* el número de dobles enlaces en la cadena de carbono. Los bioquímicos y nutricionistas usan muy a menudo el llamado sistema de notación n-x para los ácidos grasos insaturados cis naturales. El término n-x hace referencia a la posición del doble enlace del ácido graso que se encuentra más cercano al extremo metilo de la molécula. Este sistema define con facilidad las diferentes series metabólicas, tales como n-9, n-6 y n-3, etc. Este sistema sólo se puede aplicar a los ácidos grasos insaturados cis y a los ácidos grasos poliinsaturados cis cuyos dobles enlaces estén separados por un metileno. El LA, que tiene su segundo doble enlace en el sexto carbono si partimos del extremo metilo, suele abreviarse como 18:2n-6. Al sistema n-x se le conoce también como sistema omega, por lo que es frecuente el uso de los términos omega-3 y omega-6 (IUPAC-IUB, Comisión sobre la Nomenclatura, 1978).

Otro sistema muy usado es el llamado sistema delta (Δ), en el que la clasificación se basa en el número de átomos de carbono interpuestos entre el átomo de carbono del grupo carboxilo y el doble enlace más cercano al grupo carboxilo. Este sistema especifica la posición de todos los dobles enlaces así como su configuración cis/trans. Aunque este sistema es aplicable a un gran número de ácidos grasos, no lo es en otros casos: ácidos grasos con cadenas ramificadas, heteroátomos, triples enlaces y otros ácidos grasos con rasgos estructurales poco comunes. Según el sistema delta, la notación abreviada para el LA es «cis- Δ 9, cis- Δ 12-18:2». Por comodidad, se podría expresar igualmente como «cis, cis- Δ 9, Δ 12-18:2». En algunas publicaciones científicas los autores omiten el símbolo « Δ » y simplifican la notación escribiendo «cis-9, cis-12-18:2» o «9c, 12c-18:2». En este informe, cuando corresponde, se emplean los nombres comunes y los de la IUPAC, así como las notaciones abreviadas del sistema delta y omega. (FAO, 2012)

Los aceites vegetales contienen ácidos grasos, ácidos grasos libres (AGL), en general, de 1% a 5%), fosfolípidos, fosfátidos, carotenos, tocoferoles, compuestos de azufre y trazas de agua. Las moléculas de triglicéridos tienen pesos moleculares entre 800 y 900 y son por lo tanto casi cuatro

veces más grande que las moléculas de combustibles diésel típicos. Los diversos aceites y ésteres vegetales se distinguen por sus composiciones de ácidos grasos. (Kapilan, et al., 2009, p. 279).

Diferentes grasas o aceites contienen diferentes tipos de cadenas de ácidos grasos. Estas cadenas difieren en el número de átomos de carbono y el número de dobles enlaces carbono-carbono en la cadena. Estas cadenas de ácidos grasos son designados por tanto el número de átomos de carbono y el número de dobles enlaces (por ejemplo, 18:01 indica 18 átomos de carbono y un doble enlace). En el aceite de soja (*Glycine max*), por ejemplo, hay cuatro tipos de cadenas que contienen 18 átomos de carbono: 8% con 16 átomos de carbono (ácido palmítico); 3% con 18 átomos de carbono (ácido esteárico); 25% con 18 átomos de carbono y un doble enlace (ácido oleico); 55% con 18 átomos de carbono y dos dobles enlaces (ácido linoleico); 8% con 18 átomos de carbono y tres dobles enlaces (ácido linolénico). (Ahmad, et al., 2013).

Un doble enlace normalmente introduce una "torcedura" en la cadena. Estos dobles enlaces juegan una parte importante en la estabilidad del biodiésel. Hay que tener en cuenta que los aceites vegetales y biodiésel no son hidrocarburos, porque los átomos de oxígeno están presentes en su estructura, mientras que la gasolina y el diésel de petróleo son hidrocarburos verdaderos, compuesto sólo de moléculas de hidrógeno y carbono. La mayor parte de una gasolina típica consiste de moléculas con entre 5 y 12 átomos de carbono. La mayoría de los ácidos grasos derivados de plantas son ocho o más átomos de carbono de longitud y tienen un número par de átomos de carbono debido a su proceso de biosíntesis. (Oregon State University, 2008, p. 16)

La longitud de la cadena de carbono y dobles enlaces afectan el comportamiento químico de las grasas y aceites. Las grasas, que tienden a ser sólidos a temperatura ambiente, a menudo tienen ácidos grasos de carbono más cortas y tienden a tener un menor número de dobles enlaces. Esto da lugar a cadenas rectas, lo que permite el "envasado" que requiere un sólido. Los aceites, que tienden a ser un líquido a temperatura ambiente, tienden a tener más enlaces dobles, con pliegues correspondientes en sus cadenas de ácidos grasos que conducen a un estado líquido. Es posible hidrogenar un aceite para eliminar los dobles enlaces y que sea más sólida a temperatura ambiente. Lo contrario también es posible. (Ahmad, et al., 2013, p. 16).

Los ácidos grasos que no tienen dobles enlaces se denominan "saturados". Estas cadenas contienen el máximo número posible de átomos de hidrógeno por cada átomo de carbono. El ácido esteárico está saturado. Los ácidos grasos que tienen dobles enlaces son "insaturado". Estas cadenas no contienen el número máximo de átomos de hidrógeno posibles debido a los dobles enlaces presentes en algunos átomos de carbono. El ácido linoleico es insaturado. Un doble enlace

se denomina "monoinsaturada" y más de un doble enlace se denomina "poliinsaturados." La ubicación y el número de dobles enlaces son importantes porque influyen en las reacciones que pueden ocurrir con desestabilizar la cadena del ácido graso. (Khanal, et al., 2010, p. 314).

Para ser utilizado como combustible de motor, cualquier biodiésel tendrá que cumplir con la normas estándares de la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM). Si un aceite vegetal puede ser manipulado, transformado o en combinación con aditivos para que cumpla con las normas ASTM, a continuación, el combustible tendrá acceso al mercado. Esto significa, por ejemplo, que un biodiésel a partir de aceite de palma requerirá manipulación o aditivos para hacer frente a sus problemas del punto de fusión, pero que puede ser posible cumplir con los estándares de la ASTM. Estos procesos, sin embargo, pueden agregar costos significativos. En el caso del combustible de petróleo, se trata de una mezcla muy compleja de compuestos de hidrocarburos, generalmente con pequeñas cantidades de nitrógeno, compuestos que contienen azufre, así como cantidades traza de compuestos metálicos. (ARPEL IICA, 2009, p. 8)

1.7. Síntesis del biodiésel

Los aceites vegetales contienen generalmente ácidos grasos libres, fosfolípidos, esteroides, agua, olores y otras impurezas. Por lo tanto, el aceite no puede ser utilizado como combustible directamente. Para superar estos problemas, el aceite requiere la modificación química ligera -principalmente pirólisis, microemulsión, dilución y la transesterificación.

La Transesterificación o alcoholisis es el desplazamiento de alcohol a partir de un éster por otro en un proceso similar a la hidrólisis, excepto que se utiliza alcohol en lugar de agua. El metanol es el alcohol más utilizado debido a su bajo costo y bajo contenido de agua. Este proceso ha sido ampliamente utilizado para reducir la alta viscosidad de los triglicéridos. (Medina, et al., 2012, p. 4)

La reacción de transesterificación se representa por la siguiente ecuación general simplificada como lo indica la ilustración 1.9.:

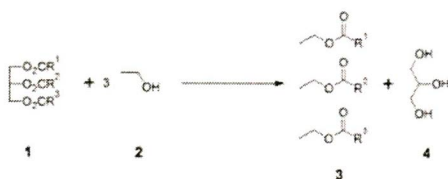


Ilustración 1.9.

Ecuación general de la Transesterificación

Donde los triglicéridos (1) reaccionan con un alcohol como el metanol o etanol (2) con un catalizador para proporcionar ésteres etílicos de ácidos grasos (3) y glicerol (4).

Se conocen varios caminos para la transesterificación, se menciona algunos a continuación:

La transesterificación catalizada por una base. Para una transesterificación catalizada por álcali, los glicéridos y el alcohol deben ser sustancialmente anhidro porque el agua hace que la reacción parcialmente cambie a la saponificación, que produce jabón. El mecanismo de reacción para la transesterificación catalizada con álcalis se formula en tres pasos. El primer paso es un ataque en el átomo de carbono del carbonilo de la molécula de triglicéridos por el anión del alcohol (ion metóxido) para formar un intermedio tetraédrico que reacciona con un alcohol (metanol) para regenerar el anión de alcohol (metóxido de iones). En la última etapa, el reordenamiento de un tetraédricos resultados intermedios en la formación de un éster de ácido graso y un diglicérido. Cuando NaOH, KOH, K_2CO_3 (Spivey [Ed] & Dooley, 2006, p. 51) u otros catalizadores similares como K/NaOMe (Kiss, 2014, p. 13) se mezclan con alcohol, el catalizador real, formó grupo alcóxido¹. (Spivey [Ed] & Dooley, 2006, p. 51). También se desarrolló un proceso para la producción de biodiésel a partir de aceites vegetales utilizando catalizador heterogéneo Na/NaOH/Al₂O₃. (Torossi, 2006, p. 44).

Transesterificación catalizada por ácido. Un proceso alternativo es el uso de catalizadores ácidos, que algunos investigadores han reivindicados son más tolerantes a los ácidos grasos libres. El mecanismo de transesterificación catalizada por ácido de aceite vegetal (para un monoglicérido). También se puede extender a di y triglicéridos. La protonación del grupo carbonilo del éster conduce a la carbocación, que después de un ataque nucleofílico del alcohol, produce un intermedio tetraédrico. Este intermedio elimina glicerol para formar un nuevo éster y regenera el catalizador. Podemos utilizar álcali ácido y biocatalizador en los métodos de transesterificación. Si más ácidos grasos libres y de agua están en triglicéridos, un catalizador ácido se puede utilizar. La Transmetilación se produce aproximadamente 4000 veces más rápido en presencia de un catalizador alcalino que en las catalizadas por la misma cantidad de catalizador ácido. (Ahmad, et al., 2013, p. 22).

Transesterificación catalizada por encimas (Lipasa). Este proceso de transesterificación es como transesterificación alcalino, excepto que la relación de catalizador y tiempo de agitación disolvente es diferente y, en este transesterificación, hemos utilizado catalizador de lipasa. Las lipasas se sabe que tienen una propensión a actuar sobre alcoholes grasos de cadena larga mejor que en los de cadena corta. Por lo tanto, en general, la eficiencia de la transesterificación de

¹ Los alcóxidos o alcoholatos son aquellos compuestos del tipo ROM, siendo R un grupo alquilo, O un átomo de oxígeno y M un ion metálico u otro tipo de catión. Los alcóxidos se obtienen a partir de los respectivos alcoholes mediante su desprotonación. Se emplean bases fuertes, por ejemplo hidruro de sodio, NaH, o metales alcalinos (normalmente sodio y potasio).

triglicéridos con metanol (metanólisis) es probable que sea muy bajo en comparación con el que con etanol en sistemas con o sin un disolvente. (Gupta, et al., 2014).

Se ha demostrado la producción de un variedad de ésteres de biodegradables y poliésteres con lipasa como la biocatalizador. En la transesterificación de aceite de colza con 2-etil-1-hexanol, el 97% conversiones de ésteres se obtuvo utilizando lipasa *Candida rugosa* en polvo. Se ha investigado la conversión de ésteres de alcoholes grasos (C4-C18:1) usando la lipasa inmovilizada de *Rhizomucor miehei* (Lipozyme IM-20) en un sistema libre de disolvente. El porcentaje de conversiones molares de todos los ésteres de alcoholes correspondientes varió de 86.8% a 99.2%, mientras que se encontraron los puntos de fusión de deslizamiento de los ésteres para aumentar de forma constante con el aumento de longitud de la cadena de alcohol (de C₄ a C₁₈). (Jin & Bierma, 2010).

Metodología: Identificación de los aparatos, cristalería y utensilios básicos necesarios para las técnicas de caracterización del biodiésel

Capítulo 2

2.1. Introducción

La utilidad del Laboratorio Aplicaciones Energéticas de la Biomasa se hace evidente en base a las necesidades de la Maestría en FREyEE, de la UACM, las cuales ya se han comentado ya que sus productos se puede presentar en tres estados de agregación, sólidos, líquidos y gaseosos; y aún más se requiere también hacer investigación sobre la microbiología que genera el metano, que está presente en los rellenos sanitarios, en las aguas residuales, o en un bioreactor. Se tendrá como base a la química analítica para proponer, la cristalería, aparatos, instrumentación, etc. con la finalidad de hacer la investigación básica de las Fuentes Renovables de la Biomasa.

La química analítica trata de la detección de la naturaleza (o lo que entendemos como análisis cualitativo) y de la medida de las cantidades (llamado análisis cuantitativo) de las diversas sustancias presentes en un material. Comprende no sólo técnicas manipulativas, sino también las consideraciones teóricas en que se fundamentan las separaciones, detecciones y medidas. En muchos aspectos la química analítica es la base en que se apoyan otras ramas de la química. Las reacciones químicas se estudian a través de los cambios cualitativos y cuantitativos a que dan lugar; por análisis se identifican compuestos nuevos; las leyes de las proporciones definidas y de las proporciones múltiples se descubrieron mediante el estudio de las relaciones cuantitativas en la combinación de los elementos para formar compuestos. (Summerfield, 2010, p. 4).

Aunque la química analítica constituye una rama ya antigua de la química, ha tenido lugar un desarrollo muy acelerado de nuevos métodos de análisis a partir de la tercera o cuarta década del milenio pasado. Este desarrollo ha sido motivado en gran parte por las necesidades inherentes a la rápida expansión de la economía industrial y también al desarrollo intenso de programas de investigación en diversos campos. El análisis cuantitativo es indispensable en una amplia variedad de operaciones técnicas y comerciales: agricultura, alimentos, medicamentos, minería, metalurgia, suministro de aguas, aprovechamiento de desperdicios, productos para la generación de energías, así como productos manufacturados de enorme variedad. No hay ningún material relacionado con la vida moderna en que la química analítica no tome parte. (González, s.f., p. 1).

2.2. Métodos del análisis cuantitativo

El análisis cuantitativo en sus diversos aspectos puede considerarse desde varios puntos de vista; como materiales analizados, métodos empleados, proporción del componente buscado en la muestra, etc.

2.3. Clasificación de los métodos

La clasificación, antes tan utilizada, en métodos no instrumentales (por ejemplo, volumétricos y gravimétricos) e instrumentales (como colorimétricos o potenciométricos) no es suficientemente adecuada. Las buretas, las pipetas y los matraces volumétricos son instrumentos, a pesar de su simplicidad; la balanza analítica, utilizada de una u otra forma en todos los análisis, es un instrumento de precisión capaz de medir masas relativas (pesos) desde una parte en diez mil a una parte en cien mil o más. La clasificación en métodos químicos y físicos no es del todo adecuada; muchos de los métodos llamados físicos implican etapas químicas previas antes de la medida; éste tipo de métodos puede denominarse con más propiedad “físicoquímico”. Lo dicho indica la ineficacia del esfuerzo para clasificar métodos muy diferentes en unas cuantas categorías con denominaciones que pueden dar lugar a ambigüedades. Algunos de los métodos más usuales, enumerados más abajo, son representativos de la variedad de principios que pueden utilizarse para la determinación de la cantidad del constituyente buscado, presente en una muestra. En un curso de iniciación al análisis cuantitativo, solo se tratan unos cuantos de todos estos métodos, con énfasis en la precipitación gravimétrica y en los métodos volumétricos (titrimétricos); la mayor parte de los métodos restantes se reservan para un estudio posterior, después que el alumno tenga conocimientos de química física. (IQBAL & SATAKE, 1999, p. 5).

2.3.1. Métodos gravimétricos. La cantidad de sustancia buscada se determina mediante el peso de la propia sustancia pura, o de algún compuesto químico que la contiene o equivale químicamente a ella, los más comunes:

(a) Precipitación. El constituyente buscado se determina como producto insoluble de una reacción; el método es químico por estar implicadas en él relaciones estequiométricas (en peso) definidas. Un ejemplo es la determinación de cloruro por precipitación como cloruro de plata, cuyo peso se determina. **(b) Electrodeposición.** La electrólisis da lugar a la separación de un Producto sólido en un electrodo, como, por ejemplo, en la determinación electrolítica de cobre. **(c) Volatilización.** El método puede ser físico, como en la pérdida de peso por desecación en una estufa, o químico, como es la expulsión del dióxido de carbono de los carbonatos por calcinación o por la acción de un ácido. La medida puede ser directa, por determinación del aumento de peso de un absorbente del constituyente volátil, o indirecta, por determinación de la pérdida de peso. (Speight, 2005, p. 196); (Pataki & Zapp, 1980, p. 174); (Ayres, 1970, p. 16).

2.3.2. Métodos volumétricos. La determinación se realiza por medida del volumen de una fase relacionada cuantitativamente con el constituyente buscado.

(a) Métodos titrimétricos (Los métodos titrimétricos constituyen el llamado originalmente análisis “isolumétrico”, el término “isolumétrico” sigue utilizándose por algunos autores, pero ya no es común; volumétrico es un término genérico, mientras que “titrimétrico” es específico de todo método que implique un proceso de “titulación”.) Se efectúa la medida del volumen de una disolución de concentración conocida que es necesario para consumir exactamente el constituyente buscado, o con otra sustancia equivalente químicamente a él. Estos métodos implican una reacción estequiométrica definida. Pueden subdividirse por el tipo de reacción puesta en juego (de neutralización, de precipitación, redox, etc.) y por los métodos de indicación del punto final (indicadores coloreados, métodos eléctricos). **(b) Métodos gasométricos.** La determinación se realiza por medida del volumen de gas en condiciones conocidas o constantes de temperatura y presión. Los métodos gasométricos pueden subdividirse en (1) métodos de desprendimiento, como, por ejemplo, el método de Dumas para la determinación del contenido en nitrógeno de sus compuestos por conversión de dicho elemento en nitrógeno gaseoso, cuyo volumen se mide; y (2) métodos de absorción, en que la cantidad medida es la disminución del volumen gaseoso cuando uno de sus componentes se retiene mediante un absorbente adecuado. Puede tener lugar o no una reacción química. A veces, este método se llama sencillamente “análisis de gases”. **(c) Puede medirse el volumen de un líquido o de un sólido contenido o formado en una muestra.** Por ejemplo, el agua puede determinarse en algunos tipos de muestras por destilación con un disolvente no miscible y medida del volumen de agua en el destilado. (Christian, 2006, p. 32); (Czichos, et al., 2006, p. 132); (Ayres, 1970, p. 17).

2.3.3. Métodos físico químico. Se mide alguna propiedad del sistema en observación que esté cuantitativamente relacionada con la cantidad del constituyente que se determina en la muestra de que deriva el sistema. En estos métodos se precisa una calibración, sea directa o indirecta, contra patrones. Gran parte de estos métodos se fundamentan en fenómenos ópticos o eléctricos; estos dos tipos de métodos se citan a continuación. **(a) Métodos ópticos.** Se fundamentan en las propiedades de la energía radiante y en el comportamiento en su interacción con el sistema a medir. Pueden utilizarse con finalidad analítica varias clases de propiedades ópticas. La colorimetría y la espectrofotometría se basan en el hecho de que la energía radiante es absorbida por el sistema, en proporción a su contenido de material absorbente. **(b) Métodos eléctricos.** Aunque algunas propiedades eléctricas de los sistemas están relacionadas de forma cuantitativa con su composición, los métodos eléctricos se utilizan normalmente para poner de manifiesto los cambios bruscos que tienen lugar en el sistema bajo observación, como resultado de una reacción química. Por ejemplo, en

ciertas propiedades eléctricas se presentan normalmente cambios rápidos o bruscos en el punto final de una valoración. Estos métodos también se les llaman instrumentales, debido a que se requiere de equipo especial y debemos olvidar que es sólo una clasificación y que todos son complementarios y que la utilización de unos y otros obedecen a nuestras necesidades, más que a la clasificación en sí. (Radojevik & Bashkin, 1999, p. 19).

2.4. Ventajas e inconvenientes de los métodos instrumentales

Los métodos instrumentales reúnen una serie de características diferenciales que los distinguen claramente de los métodos empleados en química clásica. Las ventajas, entre las más destacadas de los métodos instrumentales se pueden citar:

2.4.1. Ventajas: **a) Dan casi siempre resultados más objetivos.** Los métodos químicos están normalmente sujetos a apreciaciones subjetivas del observador (como, por ejemplo, el momento de viraje de un indicador), lo que no suele ocurrir con los métodos instrumentales cuyos resultados están generalmente reflejados en escalas numéricas o en gráficos. **b) Son normalmente métodos más precisos,** presentando menor oscilación entre medidas sucesivas y mayor reproducibilidad en los resultados que los métodos químicos. **c) Suelen asimismo ser más sensibles.** Algunas técnicas instrumentales llegan a alcanzar sensibilidades asombrosas. Así, por ejemplo, con la técnica de la absorción atómica se pueden investigar trazas de metales a concentraciones del orden del 0.1 partes por millón, lo que difícilmente podría conseguirse con un método químico. **d) Una característica muy interesante de los métodos instrumentales es que permiten efectuar determinaciones de mucha menor duración que otros métodos empleados** clásicamente. Un operador entrenado puede efectuar análisis instrumentales en serie con gran rapidez. Ello explica la gran difusión que han adquirido estos métodos en el control de calidad de la industria en general. **e) En muchos casos no se altera la muestra,** lo cual tiene un gran interés en casos de productos biológicos en que se dispone de muestras muy pequeñas o en productos industriales de alto valor ya que con una pequeña cantidad de sustancia se puede realizar una serie de ensayos y proceder posteriormente a la recuperación de la misma, si se considera conveniente. **f) En general son métodos más selectivos y no requieren separación previa.** Conviene recordar que los métodos químicos responden normalmente a radicales químicos que pueden estar presentes en muchas sustancias similares (grupos ácidos, amínicos, sulfónicos, etc.) o bien a grupos de átomos de valencia y otras características similares, mientras que los métodos instrumentales responden a la totalidad de la molécula o bien dan resultados propios y diferenciados para cada átomo o ion. Se puede citar por ejemplo la espectrofotometría infrarroja que es tan característica de cada molécula que se le ha dado en llamar la "huella dactilar de la molécula", o bien las voltametrías que dan simultáneamente un análisis cualitativo y cuantitativo de la casi

totalidad de los iones presentes en una solución. **g) Los métodos instrumentales permiten una fácil adaptación a aparatos de registro gráfico y a instrumentos de cálculo** que pueden evitar operaciones engorrosas posteriores a cualquier determinación, lo cual resulta particularmente interesante en los centros donde se realizan normalmente gran número de mediciones, cuando se desea evaluar la bondad de las medidas sucesivas por procedimientos estadísticos o cuando interesa guardar y comparar los resultados obtenidos con diferentes métodos. (Kenkel, 2003), (Kalra, 1998)

Entre las desventajas de los métodos instrumentales se pueden nombrar:

2.4.2. Inconvenientes: **a) Son casi siempre más costosos.** La mayor parte de estos métodos requieren instrumentos de elevado valor que no suelen estar al alcance de los pequeños laboratorios. Sin embargo en la actualidad y gracias a la amplia difusión que están adquiriendo estas técnicas, los fabricantes de instrumentos están ofreciendo aparatos a precios cada vez más asequibles, que si bien no suelen ser adecuados para investigación, tienen un gran interés para su utilización en control de calidad. **b) Otro inconveniente muy importante a tener en cuenta es que los instrumentos requieren una calibración previa con un patrón de calidad** que debe haberse controlado anteriormente por un procedimiento químico o con otro aparato controlado correctamente. Hay que tener en cuenta que en general los métodos instrumentales dan casi siempre resultados relativos a la medida del valor físicoquímico obtenido con otra sustancia que actúa como patrón. **c) Se suele indicar asimismo que un inconveniente de las técnicas instrumentales es el de requerir técnicos expertos para el manejo de los instrumentos.** Sin embargo se ha podido comprobar que, salvo en instrumentos complejos, el periodo de aprendizaje no es superior y en algunos casos notablemente inferior, al requerido para adquirir práctica con cualquier método químico de análisis. **d) Requiere de instalaciones más costosas** ya que los instrumentos son sensibles a la temperatura y humedad ambiental, en otros a las partículas ambientales suspendidas y otros elementos más. (Kenkel, 2003), (Kalra, 1998).

2.5. Interés Industrial e Investigación de las Técnicas Instrumentales

Como ya se ha indicado en los párrafos anteriores, las técnicas instrumentales desempeñan un papel determinante en el campo Industrial e Investigación utilizándose en cada etapa de la existencia del producto industrial, es decir, en la investigación y desarrollo de un nuevo compuesto, en la formulación y caracterización del mismo, en las etapas de producción y control y en su estado de conservación a lo largo del tiempo. De esta forma estos métodos proporcionan una información precisa y completa de las propiedades físicoquímicas de las sustancias o productos medicinales, alimenticios o energéticos entre otros, en cualquier estadio de su vida. Esta información se consigue

principalmente en cuatro formas distintas: **a)** Identificación y determinación de la estructura química del producto. **b)** Determinación de su homogeneidad y pureza. **c)** Valoración cuantitativa del mismo y **d)** Determinación de constantes físicas y químico físicas. (Dass, 2007, p. 3).

Identificación y determinación de la estructura química: Antiguamente la información estructural estaba condicionada a la degradación de la sustancia y estudios de los productos resultantes de la degradación. Actualmente, la información se obtiene principalmente a partir de la molécula intacta con métodos instrumentales químicos físicos, con lo que se consigue un gran ahorro de tiempo y una mayor objetivación de los resultados obtenidos.

Se resumen las técnicas instrumentales principales utilizadas en la identificación y determinación de estructura química de un producto se resumen los principales métodos instrumentales utilizados para esta finalidad con indicación de la información que proporcionan con mayor frecuencia sobre la estructura de los compuestos industriales.

2.5.1. Descarga luminiscente espectroscopia de emisión óptica (Glow discharge optical emission spectroscopy GDOES). Es una técnica esencial para el análisis directo de sólidos a granel, análisis de superficie elemental y la elaboración de perfiles de profundidad de películas delgadas y recubrimientos industriales. (Nelis & Payling, 2003, p. V).

2.5.2. Dispersión rotatoria óptica. Determinación de la estereoquímica de compuestos con centros asimétricos. Ésta técnica fue impulsada por la creciente atención entre los químicos para el control y la caracterización de quiralidad molecular en síntesis, la dinámica, el análisis y el aislamiento de productos naturales. (Nafie, 2011, p. 72).

2.5.3. Electroforesis Capilar (CE). Es una nueva e innovadora técnica que separa las moléculas cargadas o no cargadas en un capilar lleno de tampón fina mediante la aplicación de un voltaje muy alto. Las separaciones por CE son extremadamente rápidos: Algunos se consiguen en menos de 5 minutos, Identifica compuestos ionizables por comparación de patrones. (Palfrey, 1999, p. 1).

2.5.4. Espectrometría de emisión. Técnica espectroscópica que analiza las longitudes de onda de los fotones emitidos por los átomos o moléculas durante su transición desde un estado excitado a un estado de inferior energía. Cada elemento emite un conjunto característico de longitudes de onda discretas en función de su estructura electrónica. Identificación de trazas de metales y cationes metálicos. (Willard, et al., 1977, p. 355).

2.5.5. Espectroscopia infrarroja. Técnicas fisicoquímicas, no destructivos y pueden ser los que puede extraer información sobre la estructura molecular y caracterización de muchos materiales en una variedad de niveles. Identifica grupos funcionales por comparación con patrones. (Theophanides, 2012, p. 2).

2.5.6. Espectroscopia de resonancia magnética nuclear (R.M.N.). Se ha convertido en herramienta estructural más general de la farmacia. Es una de las pocas técnicas que se pueden aplicar a los tres estados de la materia. Algunos espectros se pueden obtener de menos de un microgramo de material. Identificación de H y C y su entorno estructural. (Lambert & Mazzola, s.f., p. IX).

2.5.7. Espectroscopia de rayos X. Técnica ambivalente, considerando que no ha visto avance alguno radicalmente nuevo e impresionante, se ha avanzado constante notablemente, tanto instrumental como metodológica, en los reinos más convencionales de fluorescencia de rayos x. Caracterización de los átomos de algunos elementos en diversos entornos estructurales. (Van Grieken & Markowicz, 2002).

2.5.8. Espectroscopia ultravioleta-visible. El término UV-Vis se aplica normalmente a la radiación con una longitud de onda en el intervalo de 200-800 nm. Hay muchos grupos químicos que absorben por debajo de 200 nm, pero esta parte del espectro es difícil examinar (como el oxígeno absorbe la radiación UV por debajo de 200 nm) a menos que los espectros se registran en un vacío (vacío UV-Vis). Identifica grupos cromóforos. (Anderson, et al., 2004, p. 7), (Hirayama, 1967).

2.5.9. Potenciometría. En potenciometría, la información sobre la composición de una muestra se obtiene a través de la potencial que aparece entre dos electrodos. La potenciometría es una técnica analítica clásica con raíces anteriores al siglo XX. Identifica los grupos ionizables. (Wang, 2006, p. 165).

2.5.10. Voltametrías. El término se aplica al grupo de técnicas electroanalíticas en el que la corriente (amperios) que fluye a través de una celda electroquímica se mide como el potencial (voltios) aplicada a los electrodos en la celda es muy variada. Identifica cationes, bases orgánicas y otras funciones oxidables o reducibles electrolíticamente. (Thomas & Henze, 2001, p. 1), (Compton, et al., 2014).

2.6. Determinación de la homogeneidad y pureza de los productos

La técnica ideal para esta finalidad es la cromatografía que es un método físico de separación para la caracterización de mezclas complejas, siendo en sí un conjunto de técnicas basadas en el principio de retención selectiva, cuyo objetivo es separar los distintos componentes de una mezcla, permitiendo identificar y determinar las cantidades de dichos componentes. Diferencias sutiles en el coeficiente de partición de los compuestos da como resultado una retención diferencial sobre la fase estacionaria y por tanto una separación efectiva en función de los tiempos de retención de cada componente de la mezcla en sus diversas formas. También la electroforesis y espectrometría de masas, proporcionan abundante información a este respecto. Suele ser muy útil el empleo de técnicas combinadas. Las principales técnicas instrumentales empleadas en estudios de la homogeneidad y pureza de productos se indican las técnicas más usuales para esta finalidad. (Valls & Del Castillo, 2010), (Torres, 1994).

2.6.1. Cromatografía de líquidos de alta eficiencia (HPLC). Técnica que ha surgido a partir de la aplicación de la cromatografía líquida de las teorías e instrumentos que fueron desarrollados originalmente para cromatografía de gases (GC). Utilizada para separar los componentes de una mezcla basándose en diferentes tipos de interacciones químicas entre las sustancias analizadas y la columna cromatográfica. (Lindsay & Kealey, 1987, p. 1).

2.6.2. Cromatografía de exclusión por tamaño (SEC). Es el nombre genérico dado a la separación cromatográfica líquida de macromoléculas por tamaño molecular. Conocida con los sinónimos como cromatografía de permeación en gel (GPC), cromatografía de filtración en gel (GFC), cromatografía de gel. Técnica muy utilizada por los bioquímicos para la separación de proteínas. (Carta & Jungbauer, 2010, p. 85), (Wu, 2005, p. 1).

2.6.3. Cromatografía en intercambio iónico. Proceso que permite la separación de iones y moléculas polares basadas en las propiedades de carga de las moléculas. Puede ser usada en casi cualquier tipo de molécula cargada, incluyendo grandes proteínas, pequeños nucleótidos y aminoácidos. (Petrozzi, 2013), (Valls & Del Castillo, 2010).

2.6.4. Cromatografía plana. La fase estacionaria se sitúa sobre una placa plana o sobre un papel. Las principales técnicas son: Cromatografía en papel y Cromatografía en capa fina. Técnica utilizada para análisis orgánico, inorgánico y bioquímico, trabajando con cantidades mínimas de sustancias. Identificación de metales y productos químicos orgánicos. (Issaq & J., 2002, p. 49).

2.6.5. Cromatografía de gases (GC). Técnica cromatográfica en la que la muestra se volatiliza y se inyecta en la cabeza de una columna cromatográfica. La elución se produce por el flujo de una fase móvil de gas inerte. Existen dos tipos de cromatografía de gases Cromatografía gas-sólido (*Gas solid chromatography*, GSC) Cromatografía gas-líquido (*Gas liquid chromatography*, GLC). (Torres, 1994).

2.6.6. Electroforesis proteica. La electroforesis proteica es un método de separación de proteínas mediante la aplicación de un campo eléctrico. Existen diferentes tipos en función del tipo de separación empleado: Electroforesis de zona (separación en función de la carga), Isoelectroenfoque y Separación por tamaño en tamiz molecular (también aplicable a ácidos nucleicos). (Valls & Del Castillo, 2010).

2.6.7. Espectrometría de masas. Técnica que permite analizar con gran precisión la composición de diferentes elementos químicos e isótopos atómicos, separando los núcleos atómicos en función de su relación carga-masa (z/m). La espectrometría de masa sólo detecta iones. (Watson & Sparkman, 2007), (Herbert & Johnstone, 2003).

2.7. Valoración cuantitativa

Es sin duda la aplicación más importante de las técnicas instrumentales en el campo Industrial e Investigación. Numerosos métodos se utilizan frecuentemente para esta finalidad, siendo conveniente conocer las posibilidades y limitaciones de cada uno de ellos para seleccionar el más adecuado en cada caso. Las Principales técnicas instrumentales empleadas en estudios de la homogeneidad y pureza de productos se exponen aquéllos que se emplean con mayor frecuencia. Algunos de ellos, como la cromatografía en capa fina y la electroforesis de zona, deben combinarse con otras técnicas como la espectrofotometría UV-visible para lograr una evaluación cuantitativa de suficiente precisión. Algunas de las técnicas como la fluorometría y la cromatografía de HPLC gozan de una sensibilidad tan elevada que las hace particularmente adecuadas para la determinación de trazas de fármacos en líquidos biológicos y en órganos de animales, por lo que resultan eficaces auxiliares en los estudios farmacocinéticas y de biodisponibilidad, por ejemplo.

2.7.1. Espectroscopia de absorción atómica (Atomic Absorption Spectroscopy AAS). Técnica para determinar la concentración de un elemento metálico determinado en una muestra por atomizado (térmica, eléctrica, flama, etc.), obteniéndose un espectro de absorción. Puede utilizarse para analizar la concentración de más de 62 metales diferentes en una solución. (Ebdon, et al., 1998).

2.7.2. Espectrometría de emisión atómica (Flame Atomic Emission Spectrometry). Particularmente útil para la determinación de metales alcalinos y de metales alcalino-térreos. Proporciona la base para las pruebas de llama utilizados en esquemas de análisis cualitativo. (Robinson, et al., 2005, p. 11).

2.7.3. Espectroscopia de plasma inducido por ruptura láser (LIBS). Emplea como fuente de excitación láseres de alta energía normalmente de decenas a cientos de mJ por pulso y una lente de enfoque para generar un plasma que vaporiza una pequeña cantidad de una muestra. Una de las grandes ventajas de la técnica LIBS es la posibilidad de analizar cualquier sustancia independientemente del estado de agregación ya sean sólidos, líquidos o gases, incluso en coloides como aerosoles, geles y otros. (Cremers & Radziemski, 2013, p. 2).

2.7.4. Espectroscopia de fluorescencia (espectrofotometría o fluometría). Es un tipo de espectroscopia electromagnética, la cual analiza la fluorescencia de una muestra. Esto involucra el uso de un haz de luz comúnmente de luz ultravioleta, que excita a los electrones en las moléculas de ciertos componentes y causa entonces la emisión de luz; típicamente, pero no necesariamente, luz visible. Su técnica complementaria es el espectro de absorción. El equipamiento que mide la fluorescencia es llamado fluorómetro o fluorímetro. (Marcu, et al., 2014), (Lakowicz, 1999).

2.7.5. Conductimetría. Basado en la conducción eléctrica de los iones en solución, que se utiliza para medir la molaridad de una disolución, determinada por su carga iónica, o salina, de gran movilidad entre dos puntos de diferente potencial. (Izutsu, 2009), (McMahon, 2007, p. 159).

2.8. Determinación de constantes físicas y químico físicas de productos

Estas constantes características y propias de los productos manufacturados o de investigación tales como el punto de fusión, intervalo de destilación, peso específico, viscosidad, índice de refracción, poder rotatorio específico, conductividad, pH, índice de humedad, etc..., son en general técnicas sencillas pero de uso frecuente en el proceso de fabricación y control de muchos productos, como los biocombustibles en particular.

2.9. Utensilios de Sostén

En éste grupo comprenden los utensilios empleados en los laboratorios que se utilizan como soporte o sostén de ahí su nombre. (Beran, 2014), (Harris, 2012), (Ledgard, 2010), (Skoog, et al., 2010), (Bansal, 2009), (Koul, et al., 2008), (Thompson, 2008), (Ibargüengoitia, et al., 2005), (Academia del CECyT "Miguel de Otón de Mendizal", 1998), (Keese, et al., 1990), (Conalep, s.f.), de entre estos se incluyen:

2.9.1. Anillo de hierro. Es un utensilio de forma de aro, de diferentes diámetros, con un vástago en cuyo extremo presenta una llave en forma de nuez, con la que se sujeta al soporte universal, existiendo modelos que carecen de dicha llave. Se fabrican de hierro colado y se utilizan para sostener recipientes que van a ser calentados a fuego directo.

2.9.2. Gradillas. Son soportes para tubo de ensayo, embudos, pipetas, etc.; se fabrican de diversos materiales: madera, acero cromado, acrílico alambre acerado, etc. Su forma y tamaño varían de acuerdo al tipo de material que sostienen. Algunas gradillas son de gran tamaño y se fijan en la pared para sostener embudos y matraces que después de ser lavados, se colocan en la gradilla para dejarse secar por escurrimiento. Otras son de menor tamaño y son fácilmente transportables a las mesas de trabajo, como las que sostienen tubos de ensayo o pipetas.

2.9.3. Telas metálicas, con centro de fibra cerámica, sin amianto. Es una tela de alambre de forma cuadrangular con la parte central recubierta de un material resistente a calor, con el objeto de lograr una mejor distribución de calor y evitar que la malla se deforme. Se utiliza para sostener utensilios que se van a someter a un calentamiento, haciendo éste uniforme evitando así su ruptura. Algunas rejillas no tienen centro de “asbesto” y sólo se emplean para dar estabilidad al recipiente.

2.9.4. Pinzas para crisol. Presentan dos tenazas de latón niquelado o de acero inoxidable que se entrecruzan y en los extremos, por donde se sujeta el crisol, presentan una superficie estriada para evitar que resbale éste. Se utilizan para sujetar los crisoles que no deben tocarse con las manos antes de ser pesados o cuando están calientes.

2.9.5. Pinzas para cápsula de porcelana. Está formada por dos ramas de latón niquelado o acero inoxidable que se entrecruzan, formando un semicírculo; en cada semicírculo hay una saliente y otra más en la parte media, donde se entrecruzan las dos ramas. Estas salientes permiten sujetar con mayor seguridad a la cápsula. El tamaño de las pinzas es de acuerdo al diámetro de la cápsula de porcelana.

2.9.6. Pinzas de extensión. Consta de tres o cuatro dedos que, pueden estar cubiertos de vinil y una varilla larga que se ajusta con unas pinzas Holder al soporte universal, a la longitud deseada. Se utilizan para sostener refrigerantes o condensadores.

2.9.7. Pinzas Holder. Se conocen también con el nombre de sujetador doble, básicamente son dos llaves de nuez, una llave se sujeta al soporte universal y la otra a las Pinzas de extensión.

2.9.8. Pinzas para tubo de ensayo. Están hechas de un solo alambre de acero, doblado de tal forma que se tienen dos tenazas de forma rectan guiar, que se entrecruzan para sujetar al tubo de ensayo.

2.9.9. Pinzas para tubos y bureta ó Pinzas Lincoln. Tienen forma de mariposa, una llave de nuez en el centro y un mecanismo de resortes que facilita sujetar las buretas, una en cada extremo. Se fabrican en acero electroplatinado.

2.9.10. Pinzas para Termómetro. Constan de dos tenazas de metal, de forma laminar, dobladas en un extremo y formando un espacio, en donde se coloca el termómetro. Las tenazas se ajustan al diámetro del termómetro con una llave de mariposa.

2.9.11. Soporte universal Bunsen. El más común consta de una base rectangular y una varilla que se enrosca o se desarma de la base, algunos modelos presenta la varilla fija, se fabrican de hierro colado, de aluminio o con la base de porcelana. Como su nombre lo indica se utiliza como base o soporte de otros utensilios.

2.9.12. Soporte para Termómetro. Constan de una varilla larga de metal terminada en gancho, en donde se sujeta el termómetro. En el extremo opuesto presenta una llave de nuez.

2.9.13. Triangulo en porcelana y alambre. Es una estructura construida de alambre de fierro o acero, dispuesta en forma triangular, cubiertos sus tres lados por pequeños tubos de porcelana, arcilla o sílice fundida, algunos triángulos carecen de los tubos. Se utilizan para sostener crisoles, colocando el triángulo sobre el anillo y evitando así, el contacto del crisol con el hierro, para evitar rupturas.

2.10. Recipientes

En este grupo se clasifican aquellos utensilios que sirven para contener sustancias. (Beran, 2014), (Harris, 2012), (Ledgard, 2010), (Skoog, et al., 2010), (Bansal, 2009), (Koul, et al., 2008), (Thompson, 2008), (Ibargüengoitia, et al., 2005), (Academia del CECyT "Miguel de Otón de Mendizal", 1998), (Keese, et al., 1990), (Conalep, s.f.)

2.10.1. Frasco gotero. Son recipientes de vidrio color ámbar que presenta un tapón esmerilado, en otros tipos de frascos, el tapón es de baquelita, con bulbo gotero. Estos frascos pueden ser también de plástico.

2.10.2. Frasco reactivo. Son recipientes de vidrio, de diferentes formas y tamaños, con tapón esmerilado o de baquelita. Pueden ser transparentes o de color ámbar, éstos últimos se utilizan para contener sustancias que se descomponen por la acción de la luz. También pueden ser de polietileno, para almacenar sustancias que atacan al vidrio, como el ácido fluorhídrico.

2.10.3. Matraz balón. La única diferencia que presenta este matraz, con respecto al anterior es que, el cuerpo del recipiente es completamente esférico.

2.10.4. Matraz balón fondo. Es un recipiente de cuello largo y cuerpo esférico, con el fondo plano, que le da mayor estabilidad.

2.11. Utensilios Volumétricos

En este grupo se incluyen todos los utensilios que sirven para medir volúmenes, en caso de vidrio, éste deberá ser fabricado en base a borosilicato (Pyrex), para soportar las altas temperaturas y los cambios bruscos de temperatura. (Beran, 2014), (SIMAX, 2014), (Harris, 2012), (Mayo, et al., 2011), (Ledgard, 2010), (Skoog, et al., 2010), (Bansal, 2009), (Koul, et al., 2008), (Thompson, 2008), (Ibargüengoitia, et al., 2005), (Academia del CECyT "Miguel de Otón de Mendizal", 1998), (Keese, et al., 1990), (Conalep, s.f.).

2.11.1. Buretas. Son tubos de vidrio o acrílico transparente, de diámetro constante a lo largo de su graduación. Generalmente, presentan una llave de paso para regular la salida de líquido, terminando en su parte inferior en punta. Se utilizan para titular.

2.11.2. Matraz aforado o volumétrico. Consta de un cuerpo en forma de pera que se continúa por un tubo cilíndrico largo llamado cuello, en donde presenta una marca llamada aforo. La parte superior del cuello puede o no ser esmerilada; algunos modelos son con tapón esmerilado, otros con tapón de vinil, o bien, sin tapón. Existen otros modelos de matraz aforado, que presentan doble aforo den utilizados en la preparación de soluciones valoradas.

2.11.3. Pipeta aforada o volumétrica. Son tubos cilíndricos de diámetro pequeño que se ensancha formando un bulbo o ampolla. Su extremo inferior termina en punta y en el extremo superior presenta una marca o aforo. Son de diferentes capacidades. Se utilizan para medir un determinado volumen.

2.11.4. Pipetas graduadas o serológicas. Son cilindros de vidrio o plástico graduados y terminados en punta, que se utilizan para medir diferentes volúmenes exactos. Por su graduación pueden ser: terminales o totales y subterminales o subtotales. En las serológicas terminales o totales, la última graduación se encuentra en la punta, por lo que al medir se debe vaciar totalmente el volumen contenido. En las serológicas subterminales o subtotales, la última graduación se encuentra alejada de la punta, por lo que se debe tener cuidado de no vaciar el líquido que se encuentra en el espacio comprendido entre la última graduación y la punta.

2.12. Utensilios de uso específico

Este grupo está integrado por aquellos utensilios que fueron diseñados para un uso específico, existe u agra cantidad de ellos, se mencionan a continuación una facción de ellos, los más utilizados: (Beran, 2014), (Harris, 2012), (Ledgard, 2010), (Skoog, et al., 2010), (Bansal, 2009), (Koul, et al., 2008), (Thompson, 2008), (Ibargüengoitia, et al., 2005), (Academia del CECyT "Miguel de Otón de Mendizal", 1998), (Keese, et al., 1990), (Conalep, s.f.).

2.12.1. Areómetros o Densímetros. Constan de una ampolla de vidrio cargada de lastre para que el areómetro mantenga su posición vertical. La ampolla se prolonga por su parte superior en un vástago delgado de vidrio, en cuyo interior se encuentra la escala. Algunos areómetros presentan una ampolla grande y, debajo de ésta, otra ampolla de menor tamaño, en la cual se coloca el lastre. Se usan para determinar la densidad y concentración de líquidos; generalmente reciben el nombre del líquido al cual se le determina su densidad: Alcohólimetro.-Para alcoholes. Sacarímetro.- Para líquidos azucarados. Urinómetro.- Para orina. Lactómetro. Para leche. Urómetro.- Para urea.

2.12.2. Capsula de porcelana. Son de diferentes formas y tamaños, de fondo plano o esférico. Generalmente son de porcelana, aunque también pueden ser de níquel o platino. Se utilizan para evaporaciones.

2.12.3. Caja de tinción o de Koplín. Son cajas de vidrio grueso de forma cilíndrica o rectangular, en dos de sus caras internas tienen una serie de salientes para colocar las laminillas que se van a teñir.

2.12.4. Caja de Petri. Son de forma circular, algunas son de vidrio moldeadas y con borde en la tapa, de pared uniforme, resisten mecánica y químicamente todos los procesos de limpieza y esterilización sin alteración de sus propiedades. Otras son de plástico desechable. Son muy utilizados en las investigaciones microbiológicas y estudios clínicos.

2.12.5. Crisol. Los crisoles son utensilios de diversos materiales, la selección se basa en la temperatura que se va a emplear, en la duración del calentamiento y la naturaleza del material que se va a tratar. Entre los materiales más comúnmente utilizados en la fabricación de crisoles, tenemos: vidrio, porcelana, sílice fundido, circonio y platino.

2.12.6. Cristalizador. Son utensilios de vidrio, de paredes delgadas, su tamaño es variable, pudiendo presentar un Pico vertedor. Se utiliza para cristalizar sustancias.

2.12.7. Columna de fraccionamiento. Son tubos de vidrio con el extremo Inferior terminado en punta biselada. En la parte superior presenta un vástago de diferentes longitudes, de acuerdo al modelo, por donde sale el vapor. A las columnas de paredes lisas es necesario empacarlas con trozos irregulares de algunos materiales, como vidrio, cerámica o metales, pero éstos Últimos no se emplean en mezclas corrosivas. Se utilizan para alargar la distancia que recorren los vapores en una destilación fraccionada.

2.12.8. Desecadores. Los más comúnmente usados son de vidrio, aunque existen algunos especiales, construidos en plástico. Los de vidrio son de paredes gruesas, de forma cilíndrica. Presenta una tapa esmerilada que se ajusta herméticamente para evitar que penetre la humedad del medio ambiente. En su parte interna tienen una placa o plato con orificios que varían en número y tamaño. Estos platos pueden ser de diferentes materiales, como: Porcelana o "Nucelite" (combinación de cerámica y metal), en ellos se colocan los crisoles o pesafiltros con las sustancias. El plato delimita un compartimiento inferior donde se coloca una sustancia que tenga la propiedad de absorber la humedad, como sílice gel, ácido sulfúrico, etc. Se utiliza para mantener, temporalmente, sustancias exentas de humedad.

2.12.9. Embudo sencillo. Embudo que utilidad general, pudiendo ser de vidrio o algún plástico, es de tipo genérico sin una utilidad en particular.

2.12.10. Embudo de filtración rápida. De forma cónica, de tallo largo o coito. En su superficie interna presenta estrías dispuestas longitudinalmente o en forma helicoidal. Al filtrar, las estrías servirán de cámara de aire, haciendo que la filtración sea más rápida.

2.12.11. Embudo de separación. Presenta un cuerpo que puede ser globoso, cilíndrico, en forma de pera, etc., que se continúa con una llave de paso que controla la salida de líquido a través de un tallo largo que termina en un pico biselado. En la parte superior del cuerpo tiene una boca que puede o no ser esmerilada. Algunos modelos llevan tapón, de vidrio o de plástico. Se utiliza para separar líquidos no miscibles.

2.12.12. Embudo de Büchner. Son embudos de porcelana o vidrio de diferentes diámetros, en su parte interna lleva un disco con orificios, en donde se colocan los medios filtrantes. Se utilizan para filtraciones al vacío.

2.12.13. Embudo de seguridad. Consta de una ampolla de vidrio, de paredes delgadas, con un tallo largo. Se utiliza para evitar las explosiones debido a exceso de presión, dentro de los matraces.

2.12.14. Filtro de Gooch. Son filtros de vidrio de pequeño diámetro que se usan para filtraciones al vacío. En su parte media tiene una placa para colocar papel filtro desmenuzado o bien una capa de tierra de infusorios que le confiere una porosidad muy fina. La placa también puede ser de vidrio poroso o de asbesto.

2.12.15. Horador. Son tubos de latón o acero, de borde cortante y de diferentes diámetros, que sirven para hacer orificios a los tapones.

2.12.16. Lupa. Son lentes convergentes de poca distancia focal, se utilizan para observar detalladamente los objetos. Con ellas se logra aumentar hasta 3 veces la imagen observada.

2.12.17 Matraz de destilación. Es un matraz de cuello largo y fondo esférico, similar al matraz balón, que presenta un vástago en el cuello que puede ser de diferentes longitudes. Se utiliza como generador de vapores, en destilación.

2.12.18. Matraz Erlenmeyer. Presenta un cuerpo en forma cónica, de tase circular y boca ancha, generalmente son de vidrio, de paredes delgadas. Se utiliza para hacer titulaciones.

2.12.19. Matraz Kitasato. Tiene la forma de un matraz Erlenmeyer, pero se diferencia de éste por presentar en el cuello un pequeño vástago y además son de cristal grueso para resistir los cambios de presión. Se utiliza para filtración al vacío.

2.12.20. Matraz Siwoloboff. Es un pequeño matraz de cuello largo y cuerpo esférico, que se utiliza en la determinación de punto de ebullición.

2.12.21. Matraz para extractor Soxhlet. Es un matraz balón de fondo plano, de paredes gruesas y cuello esmerilado. Se utiliza como generador de vapores del solvente y como receptor de la muestra extraída.

2.12.22. Mortero con mazo. Son de diferentes formas y tamaños, pueden ser de porcelana, vidrio, ágata o de otros materiales, con o sin pico vertedor. La selección del mortero es según la dureza del material que se va a pulverizar. El vidrio y porcelana se utilizan para material de poca dureza y los de ágata para el material de mayor dureza.

2.12.23. Mecheros. Son instrumentos metálicos de sencillo montaje, que permiten variar la longitud de la flama, constan de una base y un tubo que en la parte superior puede llevar chimenea, en la parte inferior del tubo se encuentra el collarín, que regula la entrada de aire. Entre la base y el tubo

presentan un vástago para la entrada de gas. El vástago se comunica en la parte interna con una esprea por donde sale el gas.

2.12.24. Pesafiltro. Generalmente son cilindros de vidrio de diferentes diámetros y capacidades, de fondo plano, con boca y tapón esmerilado. En los esquemas se pueden observar otras formas de Pesafiltro. Se utiliza para la determinación de peso seco.

2.12.25. Picnómetro. Existen varios tipos de picnómetro. En su forma más simple, consta de un cuerpo en forma de pera y una pequeña boca cm tapón esmerilado. En la parte media del tapón, presenta un tubo capilar que lo atraviesa longitudinalmente, el cual permite desalojar el exceso de líquido. En otros modelos, el Picnómetro presenta una rama lateral con una marca o aforo. La parte terminal cte. la rana, está esmerilada y cubierta por un pequeño capuchón. En el tapón esmerilado tiene un termómetro. Se utiliza en la determinación de peso específico o densidad de líquidos.

2.12.26. Refrigerantes. Son tubos de vidrio, que presentan en cada extremo dos vástagos dispuestos en forma alterna o que pueden estar de un mismo lado, para la entrada y salida de agua. En la parte interna, presentan otro tubo, que se continúa al exterior, terminando en un pico gotero. Por la forma que presenta el tubo interno reciben los siguientes nombres: Refrigerante de Liebig.- Su tubo interno es recto. Refrigerante de Allhin.- El tubo interno es en forma de rosario. Refrigerante de Graham.- El tubo interno es en forma de serpiente. Se utilizan como condensadores en destilaciones y reflujos.

2.12.27. Refrigerante Allhin para extractor Soxhlet. Presenta un tapón esmerilado para adaptarse al tubo extractor, se utiliza como un condensador de vapores.

2.12.28. Termómetro de laboratorio. Es un tubo de vidrio graduado, con un bulbo de mercurio, que se comunica con un tubo capilar, por donde asciende el mercurio, marcando la temperatura. Se utiliza para medir temperatura.

2.12.29. Tubo de ensayo. Son tubos de vidrio, cerrados por uno de sus extremos, de paredes reforzadas, con boca moldeada o con reborde. Se utiliza para hacer pequeños ensayos.

2.12.30. Tubo de Thiele. Tiene forma de tubo de ensayo, con una rama lateral que se comunica con la base y la parte media del tubo. Se utiliza en la determinación de punto de fusión.

2.12.31. Tubo para centrifuga. Son cilindros de vidrio, polipropileno u otros materiales. Su tamaño y forma varían de acuerdo al modelo de la centrifuga. Se utilizan para centrifugar sustancias.

2.12.32. Tubo para extractor Soxhlet. Consta de un cuerpo cilíndrico con boca esmerilada y un tubo sifón protegido por el tubo para pasaje de vapor. La parte inferior del extractor termina en una unión esmerilada para adaptarse al matraz. Se utiliza para colocar la muestra y para llevar a cabo la extracción.

2.12.33. Trampa de humedad. Es un tubo de vidrio de base cónica, graduado, con una rama lateral orientada hacia la base del tubo. Se utiliza en la determinación de humedad.

2.12.34. Vaso de precipitados. Son cilindros de vidrio de diferentes capacidades y de forma baja (tipo Griffin) o de forma alta (tipo Berzelius) con pico vertedor. Se utiliza para llevar a cabo precipitaciones.

2.12.35. Vidrio de reloj. Son utensilios de vidrio de diferentes diámetros y grosor que se utilizan en cristalizaciones en pequeña escala.

2.12.36. Viscosímetro de Ostwald modificación Cannon-Fenske. Es un tubo de vidrio en forma de U. Una de las ramas es de mayor diámetro con respecto a la otra. La rama de mayor diámetro presenta un bulbo o ampolla grande, ésta se comunica por medio de un tubo capilar, a una ampolla de menor tamaño. Sobre esta ampolla, se encuentra otra de tamaño similar que se continúa con la rama de menor diámetro. La ampolla inferior presenta dos aforos, en los extremos de ésta.

2.13. Algunas propiedades físico químicas de los biodiésel

El biodiésel es un biocombustible líquido producido a partir de los lípidos vegetales y animales, siendo las propiedades del biodiésel prácticamente las mismas que las del diésel mineral en cuanto a densidad y número de cetano además, presenta un punto de inflamación superior. Por todo ello, el biodiésel puede mezclarse con el gasóleo para su uso en motores e incluso sustituirlo totalmente si se adaptan éstos convenientemente. En la Tabla 1.3. *Comparación de algunas propiedades del diésel y el biodiésel*, pueden verse algunos valores para su constatación.

“... En este sentido, hay que destacar que el desarrollo de la industria de los biocombustibles no depende principalmente de la disponibilidad local de materia prima, sino de la existencia de una demanda suficiente. Al asegurar la existencia de una demanda de biocombustibles, el desarrollo de su mercado puede aprovecharse para potenciar otras políticas como la agrícola, favoreciendo la creación de empleo en el sector primario, la fijación de población en el ámbito rural, el desarrollo industrial y de actividades agrícolas y reduciendo a la vez los efectos de la desertización gracias a la plantación de cultivos energéticos...” (García & Laborda, 2014).

La Asociación Internacional Americana de Pruebas de Materiales (*American Society for Testing and Materials International, ASTM*) ha especificado distintas pruebas que se deben realizar a los combustibles para asegurar su correcto funcionamiento. En la Tabla 2.1. *Requisitos detallados para Biodiésel (B100) (todos los niveles de azufre) según la ASTM D6751-12, Standard Specification for Biodiésel Fuel Blend Stock (B100) for Middle Distillate Fuels* (Especificación estándar para mezclas combustibles biodiésel (B100) para los combustibles destilados medios), se han resumido las propiedades y sus límites a considerarse, la ASTM D6751 contiene las especificaciones para el biodiésel puro, B100, como un componente de mezcla con los combustibles destilados medios. La especificación contiene dos grados de biodiésel, S15 y S500 (se refiere al azufre contenido). La ASTM D6751 ha sido aprobada oficialmente sólo para uso en mezclas de hasta B20, como se señala en la sección de requisitos de los estados estándar. (ASTM D6751-12, 2012, pp. 1, 2)

El biodiésel necesita disponer de especificaciones que enumere sus propiedades y garantice la calidad de producto. En México debe cumplir los requisitos para los combustibles minerales de automoción reglamentadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005, Especificaciones de los combustibles fósiles para la protección ambiental (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2006), aclarando que no existe una norma mexicana enfocada al biodiésel. Las normas ASTM son apreciadas internacionalmente y en México en particular por la influencia económica y tecnológica de los Estados Unidos de Norteamérica.

Tabla 2.1. Requisitos detallados para Biodiésel (B100), todos los niveles de azufre, según la ASTM D6751-12

Propiedad	Método de prueba	Límites al grado S15	Límites al grado S500	Unidades
Calcio y magnesio, combinados	EN 14538	5 max	5 max	ppm (i.i/g/g)
Punto de inflamación (vaso cerrado)	D93	93 min	93 min	°C
Control de alcohol	Uno de los siguientes se deben cumplir:			
1. contenido de metanol	EN 14110	0.2 max	0.2 max	porcentaje de masa
2. punto de inflamación	D93	130 min	130 min	°C
El agua y los sedimentos	D2709	0.050 max	0.050 max	porcentaje de volumen
Viscosidad cinemática, 40 ° C	D445	1.9-6.0	1.9-6.0	mm ² /s
cenizas sulfatadas	D874	0.020 max	0.020 max	porcentaje de masa
Azufre	D5453	0.0015 max (15)	0.05 max (500)	porcentaje de masa (ppm)
La lámina de corrosión de cobre	D130	No. 3 max	No. 3 max	Número
Índice de cetano	D613	47 min	47 min	Número
Punto de turbidez	D2500	Reportar	Reportar	°C
Residuos de carbón	D4530	0.050 max	0.050 max	Porcentaje de masa
El índice de acidez	D664	0.50 max	0.50 max	mg KOH/g
Filtrabilidad remojado en frío	Annex A1	360 max	360 max	segundos
Glicerina libre	D6584	0.020 max	0.020 max	porcentaje de masa
Glicerina total	D6584	0.240 max	0.240 max	porcentaje de masa
Contenido de fósforo	D4951	0.001 max	0.001 max	porcentaje de masa
Temperatura de destilación, temperatura atmosférica equivalente, recuperación al 90%.	D1160	360 max	360 max	°C
Sodio y potasio, combinados	EN 14538	5 max	5 max	ppm (pg/g)
Estabilidad a la oxidación	EN 14112	3 min	3 min	Horas

Fuente: (ASTM D6751-12, 2012, p. 4)

2.14. Significado de propiedades específicas para combustible biodiésel

Las propiedades del combustible biodiésel comercial dependen de las prácticas de refinado empleadas y la naturaleza de los lípidos renovables a partir de las que se produce. El Biodiésel, por ejemplo, puede ser producido a partir de una variedad de aceites vegetales o grasas animales que producen características de volatilidad similares y las emisiones de combustión con diferentes propiedades de flujo en frío. La importancia de las propiedades se basa principalmente en el uso comercial de biodiésel en aplicaciones de motores diésel en carretera, dentro y fuera de la carretera. Algunas de las propiedades pueden asumir otro significado si el biodiésel se utiliza como combustible o como componente de mezcla en otras aplicaciones. Habría que ver las respectivas especificaciones de los productos terminados para obtener información adicional sobre la significación de las propiedades de esas aplicaciones.

2.14.1. Calcio y Magnesio. El Calcio (**Ca**) y el Magnesio (**Mg**) pueden estar presentes en el biodiésel como sólidos abrasivos o jabones metálicos solubles. Los sólidos abrasivos pueden contribuir al desgaste del inyector, la bomba de combustible, pistones y anillos, así como dejar depósitos de motor. Jabones metálicos solubles tienen poco efecto en el desgaste, pero pueden contribuir a taponar los filtros del motor. Los altos niveles de compuestos de calcio y magnesio también pueden recogerse en los dispositivos de escape de eliminación de partículas, no se quitan usualmente durante la regeneración pasiva o activa y puede crear aumentaron en la contrapresión en el motor y el tiempo de servicio de mantenimiento se reduce. (ASTM D6751-12, 2012, p. 6). Los iones metálicos se introducen en el biodiésel durante el proceso de producción o almacenamiento. Los metales alcalinos térreos (Calcio y Magnesio) se introducen durante el lavado del biodiésel con agua dura, se cuantifican según la norma **EN 14538** en el que se limitan a 5 mg/kg. (Sarin, 2012, p. 35).

2.14.2. Sodio y Potasio. Los metales alcalinos, Sodio (**Na**) y Potasio (**P**), al igual que el Ca y el Mg pueden estar presentes en biodiésel como sólidos abrasivos o jabones metálicos solubles, ocasionado los mismos problemas que los metales alcalino térreos Ca y Mg (ASTM D6751-12, 2012, p. 6). El Na y el P, son parte de los principales catalizadores utilizados en sus respectivos hidróxidos en el proceso, removidos al final debido a la posibilidad de formar jabones como ya se mencionó (Kole, et al., 2012, p. 176), Las cantidades de metales del Grupo I (Na y K) se miden según la norma **EN 14108/14109** y siguiendo el método EN 14538 donde se limitan a 5 mg/kg. (Sarin, 2012, p. 35).

Para éstos característica se presenta la Tabla 2.2. *Norma EN 14538 2006 Productos derivados de grasas y aceites. Ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME). Determinación del contenido de Ca, K, Mg y Na por análisis espectral de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (ICP OES).* En la Tabla 2.3. *Equipos disponibles en el mercado para la determinación de iones metálicos en el biodiésel, se presentan algunos equipos que cumplen la norma EN 14538,* se presentan posibles equipos existentes en el mercado, que nos ayudaran en caracterizar un combustible, de igual forma para las demás propiedades del biodiésel, se agrega en esta tabla algunas características que nos ayudaran a la selección del equipamiento con fines del establecimiento de un laboratorio para el estudio de las características de los combustibles en general y en el biodiésel en particular.

Para las subsiguientes propiedades del biodiésel se presentan en tablas la información más representativa; el resumen de la norma con sus puntos más sobresalientes en la primera de ellas y los equipos candidatos con los datos publicados en la red en la segunda, por lo que sólo se señalarán su numeración que las identifican, en general.

Tabla 2.2. Norma EN 14538:2006 Productos derivados de grasas y aceites. Ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME). Determinación del contenido de Ca, K, Mg y Na por análisis espectral de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (ICP OES)

Norma:	Descripción	Descripción		
EN 14538:2006	Fat and oil derivatives - Fatty acid methyl ester (FAME). Determination of Ca, K, Mg and Na content by optical emission spectral analysis with inductively coupled plasma (ICP OES)	Productos derivados de grasas y aceites. Ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME). Determinación del contenido de Ca, K, Mg y Na por análisis espectral de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (ICP OES)		
Introducción	Reactivos	Equipamiento Auxiliar	Equipo principal	Conclusiones
Este documento especifica un procedimiento para la determinación directa de elementos formadores de jabón: Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Sodio (Na) y Potasio (K), en ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME) por ICP OES en niveles de aproximadamente 1mg/kg a 10mg/kg.	<ul style="list-style-type: none"> • Aceite de parafina, viscosidad baja, Farmacopea (EUPHARM EP5), por ej.: Merck 107174 • Queroseno, rango de ebullición incluido entre 150 °C a 325 °C, por ej.: Aldrich 32.946-0 • Solución Estándares de Elementos, disueltos en aceite, 500 mg/kg por cada elemento. Estos se encuentran disponibles como estándares de un elemento individual. Como por ej.: Merck 115053 (Ca), 115057 (Mg), 115054 (K) y 115058 (Na), o también al menos parcialmente, como estándares multielemento, (por ej.: Spex) • Argón, con una peso (Ar) de pureza mínima = 99.996 % (V/V). 	<ul style="list-style-type: none"> • Botellas de 100 mL con tapón, hechas preferiblemente de Polietileno (PE), café. • Botellas de 250 mL con tapón, hechas preferiblemente de Polietileno (PE), café. 	<ul style="list-style-type: none"> • Espectrómetro ICP OES (El acoplamiento inductivo de plasma (ICP) es una fuente de ionización que junto a un espectrofotómetro de emisión óptica (OES) constituye el equipo de ICP-OES) 	<p>El contenido de elementos traza en los combustibles juega un papel importante en la liberación de gases de escape después de los sistemas de tratamiento. Todos los metales que se emiten con la combustión del motor pueden aumentar la contrapresión del gas de escape en el sistema de tratamiento después a valores inadmisibles debido a la formación de cenizas.</p> <p>Además, los gases de escape después de recubrir con metales los sistemas de tratamiento, los catalizadores están contaminados y/o desactivada por el fósforo y los elementos alcalinos.</p> <p>Nota la Norma EN 14538, estable en europea y en este punto se utilizó por su referencia de la norma americana ASTM D6751</p>

Tabla de elaboración propia, Fuente: (EN 14538, 2006)

Tabla 2.3. Equipos disponibles en el mercado para la determinación de iones metálicos en el biodiésel según la norma EN 14538:2006

Información de equipo candidato	Información de equipo candidato
---------------------------------	---------------------------------

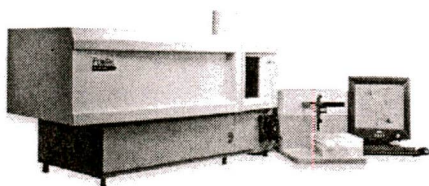


Ilustración 2.1.^a

Espectrómetro ICP-OES: analizador de metales para biocombustibles Teledyne Leeman Labs modelo FuelPro^b

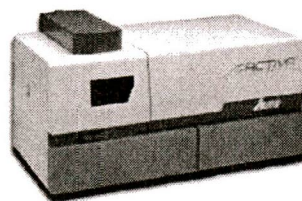


Ilustración 2.2.^c

Espectrómetro ICP OES Horiba Scientific modelo Activa S^d

El FuelPro biocombustibles Metales Analyzer está diseñado específicamente para el análisis de los Biocombustibles. FuelPro es totalmente compatible tanto con ASTM D6751 y EN14214 para el análisis de metales. El sistema está pre-programado con todos los métodos y procedimientos para asegurar una correcta puesta en marcha. Todos los reactivos y la formación necesaria para conseguir que la puesta en marcha con FuelPro están incluidos. FuelPro cuenta con todas las instrucciones del operador, tanto en un video de i-Pod y cartas laminado fácil de entender.

Las características de HORIBA Científicas como bajo ruido CCD, rejillas holográficas, resolución constante a través de todo el espectro, de soplete de base vertical de plasma total View, dispositivo único gas envolvente y bajo consumo de argón amplían la gama de aplicaciones de ICP-OES en correlación con la gran beneficios analíticos:

- Pocas interferencias espectrales, algunos efectos de matriz, unos efectos de memoria que permiten matriz compleja, altos sólidos disueltos o análisis de muestras orgánicas.
- Excelentes límites de cuantificación, gracias a la medición simultánea de fondo.
- Reproducibilidad perfecta, facilitando el funcionamiento multiusuario.
- Alto rango dinámico práctica de 107 con un rango de respuesta lineal de 5 décadas mínimo, para cada línea.

Tabla de elaboración propia. Fuentes: a) (Direct Industry, 2004, p. FuelPron); b) (Direct Industry, 2014, p. Mod: FuelPron); c) (Direct Industry, 2014, p. Activa S), d) (Direct Industry, 2014, p. Mod. Activa S)

2.14.3. Punto de Inflamación (Flash point). Se define como la temperatura más baja a la que un combustible emite vapores suficientes, que al mezclarse con el aire se enciende instantáneamente. La medición de un punto de inflamación requiere una fuente de ignición. En el punto de inflamación, el vapor puede dejar de quemarse cuando se retira la fuente de ignición. (Davletshina & Cheremisinoff, 1999, p. 5). El punto de inflamación no debe ser confundido con la temperatura de autoignición, que no requiere una fuente de ignición, o el punto de combustión, la temperatura a la que el vapor continúa ardiendo después de haber sido encendido. Ni el punto de inflamación ni el punto de combustión depende de la temperatura de la fuente de ignición, que es mucho mayor. (Lackner, et al., 2013, p. 33).

El punto de inflamación, según se especifica, no está directamente relacionado con el rendimiento del motor. Es, sin embargo, de importancia en relación con los requisitos legales y las precauciones de seguridad que intervienen en el manejo y almacenamiento que se especifican normalmente para cumplir con las regulaciones de seguros de incendio y combustible (Brady, 1997, p. 77). El punto de inflamación del biodiésel se ha fijado en 93 °C (200 °F) como mínimo, así el biodiésel corresponde a la categoría de productos no peligrosos, bajo los códigos de la Asociación Nacional de Protección contra Incendios (*National Fire Protection Association*) de los E.U.A. que también tiene mucha influencia en su ramo en nuestro país, de ahí el porqué del tomarlo en cuenta. (NREL, 2009, p. 13).

El punto de inflamación para el biodiésel se utiliza como el mecanismo para limitar el nivel de alcohol sin reaccionar restante en el combustible terminado. El punto de inflamación es también de importancia en relación con los requisitos legales y de las precauciones de seguridad que intervienen en el manejo y almacenamiento de combustible y se especifica normalmente para cumplir con las regulaciones de seguros y de incendio. El punto de inflamación del biodiésel puro es considerablemente más alto que los límites prescritos, pero puede disminuir rápidamente al incrementarse el alcohol residual. (ARPEL IICA, 2009). El contenido de alcohol y el punto de inflamación están interrelacionados, éste último se puede utilizar como un indicador de la presencia de metanol o etanol. El punto de inflamación se utiliza como reglamento para categorizar el transporte y almacenamiento de combustibles, para su buen uso seguro. El punto de inflamación se mide de acuerdo con la norma ASTM D93 (ASTM D 93 – 07, 2007), en el que se limita a 93 °C, o 130 °C si el alcohol no se mide directamente. (ASTM D6751-12, 2012).

En la Tabla 2.4. *Algunas características que la norma ASTM D93-07, Prueba Estándar para la Determinación del Punto de Inflamación con el Instrumento de Copa Cerrada Pensky-Martens*, se muestran más detalles de la norma y en la Tabla 2.5. *Equipos disponibles en el mercado para la determinación del punto de inflamación, según la norma ASTM D93-07*, los posibles equipos candidatos existentes en el mercado.

El resumen de los datos de norma, como se indica en la ASTM D93-07, se presenta en la Tabla 2.4. y los equipos candidatos para ésta norma se muestran en la Tabla 2.5.

Tabla 2.4. Algunas características que la norma ASTM D93-07^a, Prueba Estándar para la Determinación del Punto de Inflamación con el Instrumento de Copa Cerrada Pensky-Martens

Norma:	Description	Descripción
ASTM D93-07 (Métodos equivalentes de prueba: IP 34, ISO 2719, DIN, 51758, JIS K 2265 y AFNOR M07-019) ^b	Standard Test Methods for Flash Point by Pensky-Martens Closed Cup Tester	Métodos de Prueba Estándar para la Determinación del Punto de inflamación con el Instrumento de Copa Cerrada Pensky-Martens
Introducción y Objetivo	Reactivos	Equipamiento o Auxiliar
<p>Este método de prueba del punto de chispa es un método de prueba dinámico y depende de tasas definidas de aumentos de temperatura para controlar la precisión del método de prueba. La tasa de calentamiento no puede en todos los casos dar la precisión citada en el método de prueba debido a la baja conductividad térmica de ciertos materiales. Para mejorar la predicción de la inflamabilidad, el Método de Prueba D 3491, un método equilibrado, fue desarrollado en el cual la tasa de calentamiento es baja. Esto permite que el vapor encima de la muestra de la prueba y la muestra de la prueba estén cerca de la misma temperatura. Si su especificación requiere el Método de Prueba D93, no sustituir el Método de Prueba D 3491 o algún otro método de prueba sin obtener datos comparativos y estar de acuerdo con el específico.</p> <p>1. Objetivo</p> <p>Este método de prueba cubre la determinación del punto de la chispa de productos de petróleo en el rango de temperatura de 40 a 360 °C con un aparato manual Pensky-Martens de copa cerrada o por un aparato automático Pensky-Martens de copa cerrada.</p> <p>Nota 1 - La determinación del punto de chispa por arriba de 250 °C puede ser realizada, sin embargo, la precisión no ha sido determinada sobre esta temperatura. Para combustibles residuales, la precisión no ha sido determinada para puntos de chispa por arriba de 100 °C.</p> <ul style="list-style-type: none"> El procedimiento A es aplicable para combustibles destilados (diésel, kerosene, crudos calientes, combustibles para turbinas), aceites lubricantes nuevos y otros líquidos homogéneos de petróleo no incluidos en el alcance del Procedimiento B. El Procedimiento B es aplicable a aceites combustibles residuales, residuos de reducción, aceites lubricantes usados, mezclas de petróleos líquidos con sólidos, petróleos líquidos que tienden a formar una capa superficial bajo condiciones de prueba, o son petróleos líquidos de tal viscosidad cinemática que ellos no son calentados uniformemente bajo las condiciones de agitación y calentamiento del procedimiento A. 	<ul style="list-style-type: none"> Mezcla de éster metílico de ácidos grasos (FAME) con un contenido de metanol de <0.001% Solución A: metanol 0.5% (m / m) en FAME Solución B: 0.1% (m / m) de metanol en FAME Solución C: 0.01% (m / m) de metanol en FAME 	<p>Número de Termómetro (Rango de Temp. ASTM, IP)</p> <ul style="list-style-type: none"> -5 a +110 °C 9C (9F) 15C +10 a 200 °C 88C (88F) 101C +90 a 370 °C 10C16C
Resumen de la prueba	Importancia y Uso	
	<ul style="list-style-type: none"> Una copa de latón de prueba de dimensiones específicas, lleno hasta la marca del interior con una muestra de prueba y dispuesto con una cubierta de especificaciones definidas, es calentado y la muestra. Una copa de latón de prueba de dimensiones específicas, lleno hasta la marca del interior con una muestra de prueba y dispuesto con una cubierta de especificaciones definidas, es calentado y la muestra agitada a una tasa específica, por cualquiera de los dos procedimientos definidos (A y B). Una fuente de ignición es dirigida dentro de la copa de prueba en intervalos regulares con simultánea interrupción de la agitación, hasta que un achispa es detectada. La temperatura del punto de chispa es una medida de la tendencia de la muestra de prueba a formar una mezcla inflamable con aire sobre condiciones controladas de laboratorio. Esta es solamente una de un número de propiedades las cuales deben ser consideradas en la valoración del riesgo completo de la inflamabilidad de un material. El punto de chispa es usado en regulaciones de transporte y seguridad para definir materiales inflamables y combustibles. Uno podría consultar las regulaciones particulares implicadas para precisar las definiciones de estas clasificaciones. Este método de prueba puede ser usado para medir y describir las propiedades de los materiales, productos o mezclas en respuesta del calor y una fuente de ignición bajo condiciones controladas de laboratorio y no puede ser usado para describir o valorar el riesgo peligro del fuego o el riesgo del fuego de los materiales, productos o mezclas bajo condiciones reales de fuego. Sin embargo, los resultados de este método de prueba pueden ser usados como elementos de una evaluación de riesgos del fuego el cual tome en cuenta todos los factores que son pertinentes para una evaluación del peligro de fuego de un uso en particular. Este método de prueba provee solamente los procedimientos de prueba para el punto de chispa en copa cerrada para temperaturas por encima de 370 °C (696 °F). 	

Tabla de elaboración propia. Fuentes: a) (ASTM D 93 – 07, 2007), b) (Nadkarni, 2007, p. 106).

Nota. Las iniciales indican: IP—Institute of Petroleum (U.K.); ISO—International Organization for Standardization; DIN—Deutsche Institut Fur Normung; JIS—Japan Industrial Standards y AFNOR—Association Francaise de Normalisation.

Tabla 2.5. Equipos disponibles en el mercado para la determinación del punto de inflamación, según la norma ASTM D93-07


Información de equipo candidato	Información de equipo candidato
 <p>Ilustración 2.3^a</p> <p>Medidor Manual de Punto de Inflamación Pensky-Martens Copa Cerrada, Koehler Instrument Company, modelo K16200^b</p> <p>Normas: ASTM-D93, FTM-791-1102, DIN-51758, IP-34, ISO-2719, NF M07-019.</p> <p>Determina el punto de inflamación en un amplio rango de productos por método de copa cerrada con dos opciones de agitación en la muestra. Es extensamente usado para verificación de cumplimiento de regulaciones en transporte de hidrocarburos, detección de contaminantes en aceites combustibles y lubricantes y también para caracterización de inflamabilidad en desechos peligrosos.</p> <p>El mecanismo de aplicación de la llama en la copa permite que se aplique la llama de prueba con solo girar una perilla. Este mecanismo se acopla perfectamente a la copa de muestra e incluye también la llama piloto, la muestra del tamaño correcto de la llama, las hélices del agitador y el soporte del termómetro.</p> <p>El módulo calentado eléctricamente está equipado con una resistencia de 1000W y un control de potencia continuo de 0 a 100% que permite una velocidad de incremento de la temperatura repetible muestra tras muestra acorde a las especificaciones de la norma. El módulo de calentamiento está incorporado en una carcasa de acero inoxidable. El motor se puede accionar o detener fácilmente con el interruptor ubicado en este módulo.</p> <ul style="list-style-type: none"> Acorde a las especificaciones del método ASTM D93 Disponible con calentamiento eléctrico o a gas 	 <p>Ilustración 2.4^c</p> <p>Medidor Automático de Punto de Inflamación Pensky-Martens Copa Cerrada, Koehler Instrument Company, modelo K87100^d</p> <p>El Medidor Automático de Punto de Inflamación por Método Pensky-Martens Copa Cerrada determina de forma exacta el punto de inflamación de combustibles, aceites lubricantes y líquidos homogéneos (ASTM D93A) y de líquidos que contienen sólidos suspendidos así como de líquidos que tienden a formar una capa en la superficie al ser sometidos a las condiciones del método (ASTM D93 B). Las pruebas de punto de inflamación se ejecutan simplemente contando la copa de muestra llena hasta la marca en la posición de prueba y seleccionando uno de los programas grabados en el equipo.</p> <p>Si se desconoce el punto de inflamación esperado, es posible correr en modo de búsqueda rápida haciendo que el equipo encuentre un valor aproximado para efectuar corridas posteriores tomando como punto esperado este valor hallado. Las rutinas de automatización permiten la obtención de valores exactos incluso a usuarios sin mucha experiencia en análisis de punto de inflamación.</p> <p>Los resultados de punto de inflamación son automáticamente corregidos por presión barométrica mediante el sensor barométrico interno. La unidad está equipada con una sonda de temperatura Pt-100 diferencial diseñada para duplicar la respuesta de un termómetro de vidrio según las especificaciones de ASTM D93 Y ASTM E1. La unidad incorpora múltiples sensores que monitorean de forma continua el funcionamiento del instrumento y despiertan cualquier error detectado. El desempeño del ignitor es continuamente verificado y se notifica al usuario en caso que se encuentre que este debe ser reemplazado por daño o final de su vida útil.</p>

Tabla de elaboración propia. Fuentes: a) (Petroleum Total Equipment, 2014, p. K16200), b) (Petroleum Total Equipment, 2014, p. Mod. K16200), c) (Direct Industry, 2014, p. K87100), d) (Direct Industry, 2014, p. Mod. K87100)

2.14.4. Agua y Sedimentos. Es seguro decir que la mayoría de los usuarios considerarían cualquier combustible que sea visualmente libre de agua, sedimentos y materia en suspensión es un combustible limpio. De hecho, esta es la exigencia de limpieza (de manufactura) se indica en ASTM D975. Se sabe que las partículas microscópicas en el combustible pueden llevar a problemas tan graves como los contaminantes visibles. Los tres métodos más comunes de medición de la ASTM para la limpieza de combustible diésel son las siguientes: ASTM D2709, *Standard Test Method for Water and Sediment in Middle Distillate Fuels by Centrifuge*. ASTM D4860, *Standard Test Method for Free Water and Particulate Contamination in Middle Distillate Fuels (Clear and Bright Numerical Rating)*. ASTM D6217, *Standard Test Method for Particulate Contamination in Middle Distillate Fuels by Laboratory Filtration*. (Totten [Ed], 2003, p. 124).

El agua puede ser introducida en el biodiésel durante la etapa de lavado final del proceso de producción y tiene que ser reducida por secado. Como el biodiésel es higroscópico, puede absorber el agua en concentraciones de hasta 1 000 ppm durante el almacenamiento. Una vez que se supera el límite de solubilidad (a aproximadamente 1 500 ppm de agua en los combustibles que contienen 0.2% de alcohol), el agua se separa en el interior del tanque de almacenamiento y se acumula en la parte inferior. (Sarin, 2012, p. 39).

Cantidades apreciables de agua y sedimentos en un aceite combustible tienden a causar el ensuciamiento de las instalaciones de manejo de combustible y causar problemas para el sistema de distribución del combustible de un quemador o en el motor. Una acumulación de sedimentos en los tanques de almacenamiento y en los filtros puede obstruir el flujo de aceite desde el depósito a la cámara de combustión. El agua en los combustibles puede causar la corrosión de los tanques y equipos y si se encuentra presente un detergente, entonces el agua puede causar emulsiones o dar un aspecto brumoso. (Nadkarni, 2007, p. 225). El agua es necesaria para apoyar el crecimiento microbiológico en la interface agua - combustible en los sistemas de alimentación. Por otra parte, contenidos altos de agua también se asocian con reacciones de hidrólisis, en parte, la conversión del biodiésel a ácidos grasos libres, que están vinculados al bloqueo del filtro de combustible. (Passman [Ed], 2003, p. 84).

Concentraciones más bajas de agua, no plantean ninguna dificultad para combustibles biodiésel puro, pero pueden llegar a ser problemática en mezclas con diésel fósil, como en este caso la separación de fases es probable que ocurra. Por estas razones, el contenido máximo de agua está contenido en las especificaciones de la norma. (Adholeya & Dadhich, 2009, p. 123). El contenido de agua y sedimentos se mide de acuerdo con ASTM D2709-96 y está limitado a 0.050% en volumen. Este método no da ninguna medición efectiva de la presencia o cantidad de partículas microscópicas. (Rand [Ed], 2003, p. 28).

El resumen de los datos de norma ASTM D2709-96 se presenta en la Tabla 2.6. y los equipos candidatos para ésta norma se muestran en la Tabla 2.7.

Tabla 2.6. Algunas características que la norma ASTM D2709-96^a, toma para la prueba de agua y sedimentos

Norma:	Description	Description																																																												
D2709-96	Standard Test Method for Water and Sediment in Middle Distillate Fuels by Centrifuge	Método de prueba estándar para el agua y los sedimentos en combustibles destilados medios por Centrifuga																																																												
Introducción y Objetivo	Reactivos	Equipamiento Auxiliar																																																												
<p>Este método de ensayo cubre la determinación del volumen de agua libre y los sedimentos en los combustibles de destilados medios que tienen viscosidades a 40 ° C (104 ° F) en la gama de 1.0 a 4.1 mm² / s (1.0 a 4.1 cSt) y densidades en el intervalo de 770 a 900 kg/m³.</p> <p>Resumen del método de ensayo Una muestra de 100 ml del combustible no diluido se centrifuga a una fuerza centrífuga relativa de 800 durante 10 min a 21 a 32 ° C (70 a 90 ° F) en un tubo de centrifuga ligable a 0.005 ml y medible a 0.01 ml. Después de la centrifugación, el volumen de agua y sedimento que se ha asentado en la punta del tubo de centrifuga se lee a los 0.005 ml mas próximos y se expresa como el porcentaje de agua volumétrico y sedimento por centrifugación.</p> <p>Nota: Se refiere a plazos de rotación aplicables para las centrifugas de varios diámetros de giro, como se ve en la tabla de abajo.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Diámetro de Suelo^a</th> <th>Rpm at 50°</th> <th>Rpm at 90°</th> </tr> <tr> <th>in.</th> <th>mm.</th> <th>rev</th> <th>rev</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>12</td><td>30.3</td><td>1710</td><td>2140</td></tr> <tr><td>13</td><td>33.0</td><td>1650</td><td>2090</td></tr> <tr><td>14</td><td>35.4</td><td>1590</td><td>2040</td></tr> <tr><td>15</td><td>38.1</td><td>1530</td><td>1990</td></tr> <tr><td>16</td><td>40.6</td><td>1480</td><td>1940</td></tr> <tr><td>17</td><td>43.2</td><td>1440</td><td>1890</td></tr> <tr><td>18</td><td>45.7</td><td>1400</td><td>1840</td></tr> <tr><td>19</td><td>48.3</td><td>1360</td><td>1790</td></tr> <tr><td>20</td><td>50.8</td><td>1320</td><td>1800</td></tr> <tr><td>21</td><td>53.3</td><td>1290</td><td>1840</td></tr> <tr><td>22</td><td>55.9</td><td>1270</td><td>1890</td></tr> <tr><td>23</td><td>58.4</td><td>1240</td><td>1860</td></tr> <tr><td>24</td><td>61.0</td><td>1210</td><td>1800</td></tr> </tbody> </table>	Diámetro de Suelo ^a		Rpm at 50°	Rpm at 90°	in.	mm.	rev	rev	12	30.3	1710	2140	13	33.0	1650	2090	14	35.4	1590	2040	15	38.1	1530	1990	16	40.6	1480	1940	17	43.2	1440	1890	18	45.7	1400	1840	19	48.3	1360	1790	20	50.8	1320	1800	21	53.3	1290	1840	22	55.9	1270	1890	23	58.4	1240	1860	24	61.0	1210	1800	<p>• Muestra a ser analizadas</p>	<p>• No se requiere</p>
Diámetro de Suelo ^a		Rpm at 50°	Rpm at 90°																																																											
in.	mm.	rev	rev																																																											
12	30.3	1710	2140																																																											
13	33.0	1650	2090																																																											
14	35.4	1590	2040																																																											
15	38.1	1530	1990																																																											
16	40.6	1480	1940																																																											
17	43.2	1440	1890																																																											
18	45.7	1400	1840																																																											
19	48.3	1360	1790																																																											
20	50.8	1320	1800																																																											
21	53.3	1290	1840																																																											
22	55.9	1270	1890																																																											
23	58.4	1240	1860																																																											
24	61.0	1210	1800																																																											
Resumen de la prueba	Importancia y Uso	<p>Importancia y uso. Este método de ensayo se utiliza como una indicación de agua y sedimento en combustibles destilados medios tales como Grado Nos. 1 y 2 de aceite de combustible (Especificación ASTM D 396). Nos. 1-D y combustible diesel 2-D (norma ASTM D 975) y Nos. 0-GT, GT-1 y los combustibles de turbina de gas de 2 GT (Especificación ASTM D 2880).</p> <p>Cantidades apreciables de agua y sedimentos en la alimentación final del aceite combustible para provocar el ensuciamiento de las instalaciones de combustible de manejo y dar problemas en el sistema de combustible de un quemador o en el motor. Una acumulación de sedimentos en los tanques de almacenamiento y en las rejillas del filtro puede obstruir el flujo de aceite desde el depósito a la cámara de combustión. El agua en los combustibles de destilado medio puede causar la corrosión de los tanques y equipos y si esta presente el detergente, el agua puede causar emulsiones o un aspecto brumoso. El agua es necesaria para apoyar el crecimiento microbiológico en combustibles; interfaces de agua en los sistemas de combustible.</p>																																																												

Tabla de elaboración propia. Fuente: (ASTM D2709-96, 2006)

Tabla 2.7. Equipos disponibles en el mercado para la determinación para la prueba de agua y sedimentos, según la norma ASTM D2709-96

Información de equipo candidato	Información de equipo candidato
 <p>Ilustración 2.5.^a Centrifuga automatizada para aceite con montaje de rotor de tubo largo de 115V, Koehler, modelo K60002^b</p> <p>Proporciona un medio conveniente de determinar el sedimento y el contenido de agua en el petróleo crudo, los aceites combustibles, combustibles de destilados medios y el Biodiésel. También se utiliza en la determinación del número de precipitación, características de demulsibilidad, sedimentos traza y los insolubles en aceites lubricantes usados.</p> <p>Especificaciones Cumple con las especificaciones de: ASTM D91, D96, D893, D1796, D1966, D2273, D2709, D2711, D4007, D5546, IP 75, 145, 359, API 2542, 2548, ISO 3734, DIN 51793, NF M 07 - 020 Capacidad: Cuatro (4) tubos de ensayo del aceite de centrifugación: largo (100 ml), corto (100 ml), pera (100 ml), o tubos de los dedos (12.5 ml) Velocidad máxima: 2200 RPM máxima PCF: 1327 (largo); 1170 (cortos); 865 (forma de pera) Temporizador: 0 a 999 min Velocidad Juego: 500 - 2200 RPM Velocidad de Lectura: 0 a 2200 RPM Control de la temperatura: la temperatura ambiente hasta 93 ° C (199 ° F) Temperatura de Funcionamiento: digital Freno: Dinámico automático</p>	 <p>Ilustración 2.6.^c Centrifugadora prueba de aceite de Seta Oil, modelo 90000-2^d</p> <p>Cumple para las normas API 2542; API 2548; API MPMS Capítulo 10.3. ASTM D91; D96; D893; D1290, D1796, D1966, D2273, D2709, D2711, D4007, BS 2882 (Obs); DIN 51 793, FTMS 791B Métodos de 3000, 3003, 3004; 3101; 3121; 5661. IP 75 (Obs); 359. ISO 3734, NF M07-020.</p> <p>Características 2254g fuerza centrífuga relativa Hasta 3000 rpm 0 a 60 minutos temporizador o funcionamiento continuo Cámara de recipiente calentado 30 a 70 ° C Cabeza de rotor 4-cubo Tiene capacidad para 6 y 8 pulgadas de material de vidrio Control por microprocesador con 9 memorias Cerca de un funcionamiento silencioso Amplia gama de accesorios Opcional Sistema de Reducción de Riesgos</p>

Tabla de elaboración propia. Fuentes: a) (Clarkson Laboratory and Supply Inc, 2014, p. K60002), b) (Clarkson Laboratory and Supply Inc, 2014, pp. Mod, K60002) c) (SATANHOPE-SETA, 2014, pp. 90000-2), d) (<http://www.mastrad.com/oiltest.htm>, 2014, pp. Mod. 90000-2)

2.14.5. Viscosidad. La viscosidad es la principal razón por la cual los aceites y grasas se transesterifican a biodiésel. La viscosidad de los aceites vegetales es aproximadamente un orden de magnitud mayor que la del diésel de petróleo mientras que la de biodiésel es sólo ligeramente mayor que la de diésel mineral. La viscosidad cinemática es la forma de la viscosidad prescritas en las normas de biodiésel (es decir La viscosidad del éster es dos veces superior a la del gasóleo frente a diez veces o más de la del aceite crudo) (Speight, 2011, p. 192). La viscosidad cinemática de metilo de soya está típicamente en el rango de 4.1 a 4.2 mm²/s a 40° C mientras que la del aceite de soja original es de 32 mm²/s a 37.8 °C. La viscosidad cinemática de los ésteres metílicos de los otros aceites vegetales se encuentra en un rango similar de alrededor de 4.0 a 4.8 mm²/s. El biodiésel a partir de grasas de aceites de cocina usados tienden a tener mayor viscosidad, a menudo por encima de 5.0 mm²/s, debido a su mayor contenido de ácidos saturados o grasas *trans* (Hou & Shaw, 2009, p. 38). En comparación, la viscosidad cinemática de los combustibles diésel de petróleo está típicamente en el rango de 2.0 - 3.0 mm²/s a 40 ° C. (Mollenhauer & Tschoeke, 2010, p. 90).

La viscosidad de un éster del ácido graso depende de la longitud de la cadena, así como el número y la naturaleza de los enlaces dobles (Simpson & Simpson, 2014, p. 265). Entre más grupos CH₂ en la cadena de mayor es la viscosidad, a mayor número de dobles enlaces *cis*, menor es la viscosidad (Knothe & Steidley, 2005, p. 1063). Los compuestos con un doble enlace *trans* tienen casi la misma viscosidad que los compuestos saturados correspondientes, por lo tanto dobles enlaces *trans* imparten viscosidad más elevada que el *cis*. (Hou & Shaw, 2009, p. 38).

La viscosidad es una medida de la resistencia al flujo de un líquido debido a la fricción interna causada por una parte de un fluido de las moléculas en movimiento sobre otras (Marcián, et al., 2005, p. 110). Esta es una propiedad fundamental ya que afecta el comportamiento de la inyección de combustible. A mayor viscosidad conduce a una menor atomización del combustible, lo causa mayores tamaños de gota, la vaporización es más pobre, un ángulo de pulverización de inyección más estrecho y una mayor penetración en el cilindro del spray del combustible (Kegl, et al., 2013, p. 77). La viscosidad es fuertemente dependiente de la temperatura, aumentando significativamente con la disminución de la temperatura (Totten [Ed], 2003, p. 289).

En el caso de tener una valor excesivamente alto de las viscosidad recomendada nos podemos encontrar con: generación de calor, formación de lodos y barnices, cavitación, flujo inadecuado, pérdidas por consumo de energía, pobres características antiespuma y demulsificantes, además de pobres características de bombeabilidad a baja temperatura (Marcián, et al., 2005, p. 113) traducándose en una resistencia excesiva de la bomba, bloqueo de los filtros, alta presión, la atomización gruesa y bajas tasas de suministro de combustible (Sarin, 2012, p. 34). En el caso contrario si el valor de la

viscosidad es excesivamente bajo puede presentarse que se pierda la “película” lubricante con un aumento de la fricción mecánica con el incremento en pérdidas de energía, con la generación de calor y oxidación en las partes internas resultar en un desgaste excesivo en las bombas de inyección y la pérdida de potencia debido a las fugas de la bomba mientras (Marcían, et al., 2005, p. 114). Se ha demostrado que en un trabajo ligero, el sistema de inyección de rail común, el FAME de mayor viscosidad produjo un aumento en el retardo para el comienzo de la inyección, volumen de inyección reducida y aumento de la variabilidad de la inyección (Totten [Ed], 2003, p. 121). Para algunos motores puede ser ventajoso especificar una viscosidad mínima debido a la pérdida de potencia de la bomba de inyección y las fugas del inyector. La máxima viscosidad permisible, por otro lado, está limitada por consideraciones implicadas en el diseño y el tamaño del motor y las características del sistema de inyección. (Rand [Ed], 2003, p. 71).

En la norma ASTM D445-06 el límite superior para la viscosidad del biodiésel (6.0 mm²/s a 40 °C) es mayor que la viscosidad máxima permitida en la especificación ASTM D975-14 (Grado 2-D y 2-D bajo contenido de azufre (4.1 mm/s a 40 °C)). Combinando biodiésel con diésel cerca de su límite superior podría dar lugar a una mezcla de biodiésel con una viscosidad por encima de los límites superiores contenidas en la especificación ASTM D975-14.

El resumen de los datos de norma ASTM D455-06 se presenta en la Tabla 2.8. y los equipos candidatos para ésta norma se muestran en las Tablas 2.9. y 2.9a.

Tabla 2.8. Algunas características que la norma **ASTM D445-06^a**, toma para la prueba de para la Viscosidad Cinemática de líquidos transparentes y opacos


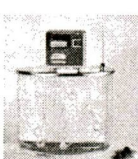
Norma:	Description	Descripción
ASTM D445-06 (Método de prueba equivalente: IP 71-1, SO 3104, DIN 51562, JIS 2283 and AFNOR T60-100) ^b	Standard Test Method For Kinematic Viscosity Of Transparent and Opaque Liquids (and Calculation Of Dynamic Viscosity)	Método De Prueba Estándar Para La Viscosidad Cinemática de Líquidos Transparentes Y Opacos (y Cálculo de La Viscosidad Dinámica)
Introducción y Objetivo	Reactivos	Equipamiento Auxiliar
<p>Este método de ensayo especifica un procedimiento para la determinación de la viscosidad cinemática, ν, de productos líquidos del petróleo, tanto transparentes como opacos, midiendo el tiempo para un volumen de líquido a fluir bajo gravedad a través de un viscosímetro capilar de vidrio calibrado. La viscosidad dinámica, η, puede obtenerse multiplicando la viscosidad cinemática, ν, por la densidad, ρ, del líquido.</p> <p>El resultado obtenido a partir de este método de ensayo depende del comportamiento de la muestra y se finaliza, su aplicación a los líquidos para el que fundamentalmente el esfuerzo cortante y velocidades de cizallamiento son proporcional (comportamiento de flujo newtoniano). Sin embargo, la viscosidad varía significativamente con la tasa de cizallamiento, diferentes resultados se pueden obtener de viscosímetros capilares de diferentes diámetros. Los valores de procedimiento y de precisión para fueloil residual, que bajo ciertas condiciones muestran un comportamiento no newtoniano, se han incluido.</p> <p>La gama de viscosidades cinemáticas cubiertos por este método de ensayo es 0.2 a 300 000 mm²/s a todas las temperaturas.</p>	<p>• Tapones para los viscosímetros.</p> <p>Termómetros ASTM 132C, IP 102C ASTM 110C, FIP 93C ASTM 121C/IP 32C ASTM 129C, FIP 36C ASTM 48C, FIP 90C IP 100C ASTM 47C, FIP 35C ASTM 29C, FIP 34C ASTM 46C FIP 66C ASTM 120C/IP 92C ASTM 28C, FIP 31C ASTM 118C, F ASTM 45C, FIP 30C ASTM 44C, FIP 29C ASTM 128C, FIP 33C ASTM 72C, FIP 67C ASTM 127C/IP 95C ASTM 126C, FIP 71C ASTM 73C, FIP 68C ASTM 74C, FIP 69C</p>	<p>Viscosímetros automáticos Soportes de viscosímetros. Baño a temperatura controlada. Dispositivo de medición de temperatura en el rango de 0 a 100 °C.</p> <p>Equipo principal</p> <p>La norma identifica 3 tipos de viscosímetros, a saber: A. Tipos Ostwald para líquidos transparentes. Rango (0.4, 20 000) B. Tipos de nivel suspendido. Para líquidos transparentes. Rango (0.4, 100 000). C. Tipos de flujo inverso para líquidos transparentes y opacos. Rango (0.4, 100 000)</p>
Resumen de la prueba	Importancia y Uso	<p>Resumen del método El tiempo se mide para un volumen fijo del líquido a fluir por gravedad a través del capilar de un viscosímetro calibrado bajo un accionamiento reproducible y a una temperatura estrechamente controlada y conocida. La viscosidad cinemática (que es el valor determinado) es el producto del tiempo de flujo medido y la constante de calibración del viscosímetro. Se necesitan dos determinaciones de la que se calcula el resultado viscosidad cinemática que es el promedio de dos valores determinados aceptables.</p> <p>Importancia y uso. Muchos de los productos derivados del petróleo y algunos materiales no derivados del petróleo, se utilizan como lubricantes y el correcto funcionamiento de los equipos depende de la viscosidad adecuada del líquido que se utiliza. Además, la viscosidad de muchos combustibles derivados del petróleo es importante para la estimación de almacenamiento óptima, la manipulación y las condiciones operativas. Por lo tanto, la determinación precisa de la viscosidad es esencial para muchas especificaciones de productos.</p>

Tabla de elaboración propia. Fuentes: a) (ASTM D445-06, 2006), b) (Nadkarni, 2007, p. 273)

Tabla 2.9. Algunos equipos disponibles en el mercado para la determinación para la prueba de viscosidad, según la norma **ASTM D445-06**

Información de equipo candidato	Información de equipo candidato
<div style="text-align: center;">  <p>Ilustración 2.7.ª Viscosímetro Automático, Cannon Instrument Company, modelo: CAV-2100^b</p> </div> <p>Conforme a las normas ASTM D445, ISO 3104, IP 71, ASTM D446, ISO 3105, ASTM D2170, EN 12595</p> <p>Características</p> <ul style="list-style-type: none"> - Capacidad para 2 tubos por baño. - 26 muestras en racks sólido: 13 por rack/tubo, opcional con rack de 50 muestras por tubo) - Avance electro neumático para más seguridad. - Limpieza de tubos: Solvente simple, o doble en ciclos programados de inyección de sprays de solvente terminando con ciclo de secado con aire a presión. Todos los ciclos son programables de modo individual por baño e incluso por muestra. - Mecánica: Sin sistema externo de vacío o presión, tanto el movimiento de drenajes como la apertura y cierre de las válvulas electro neumáticas. - Temperatura: La selección de temperatura implica selección de calibración a cada temperatura (no interpolación) además de: <ul style="list-style-type: none"> · Constantes de viscosidad de cada bulbo a cada temperatura. · Ajuste de cada detector a cada temperatura. · Ajuste de vacío / presión a cada temperatura. - Sistema autónomo de presión y vacío para movimiento de válvulas y limpieza - Tubos capilares originales CANNON Atlantic con 3 bulbos cubriendo un rango x 100. - Detección por termistor (NTC) Permite medida en muestras oscuras y claras o sin agua. - Calibración automática de los detectores 	<div style="text-align: center;">  <p>Ilustración 2.8.ª Viscosímetro Mullirango, Herzog, modelo HVM 472 No. de Parte 04721-000-00^d</p> </div> <p>Conforme a las normas: ASTM D445, ASTM D446, IP 71, ISO 3104, ISO 3105</p> <p>El sistema automático de viscosidad HVM 472 de Herzog analiza la viscosidad cinemática desde 0.5 hasta 5000 mm²/seg excediendo los requerimientos del Método ASTM D 445. Puede analizar muestras de productos del petróleo, bituminosas, ceras; las muestras pueden ser claras y oscuras, con carbón y en emulsiones estables del tipo que se pueden detectar con sensores de menisco tipo NTC. El HVM 472 incorpora dos capilares mullirango: dos baños independientes con control de temperatura por microprocesador, sistema térmico de tiempo que excede los requerimientos de precisión de los métodos estándar y un sistema automático de limpieza de tubos. Cada HVM 472 tiene dos baños ultra estables, los cuales contienen un capilar mullirango, usa 5 litros de aceite especial de silicón como líquido del baño; el diseño de tubo de vidrio de los baños permite un ángulo de visión de los capilares de 180°. Rango de temperatura de los baños desde 20°C hasta 150°C, tiene tres elementos calefactores de 130 Watts cada uno para minimizar el tiempo de calentamiento y de volumen de expansión térmica del aceite silicón de 20 a 150°C y cuenta con protecciones por sobre temperatura y bajo nivel de líquido en el baño, no necesita unidad de enfriamiento externo; opera con el apoyo de agua fría o fresca para temperaturas de hasta 20°C; sistema de control de enfriamiento para reducir el flujo de agua (Opcional) La detección del menisco se hace usando tecnología de coeficiente negativo de temperatura (NTC). Realiza dos pruebas simultáneamente con tiempos de análisis tan rápidos como 10 minutos. Incluye dos automuestreadores con capacidad para 26 muestras cada uno. No requiere el uso de una bomba de vacío externa. El analizador muestra en tiempo real en pantalla el estado del ciclo de medición de la viscosidad (Equilibrio, Medición, Drenado, Limpieza y Secado). Los resultados se muestran en pantalla y se almacenan en la memoria del equipo o en una PC usando el programa HLIS</p>
<p>Tabla de elaboración propia. Fuentes: a) (Cannon Instrument Company, 2014, pp. CAV-2100), b) (Instrumentación Analítica, 2014, pp. Mod. CAV-2100) c) (SICA MEDICIÓN, 2014, p. HVM 472), d) (SICA MEDICIÓN, 2014, p. Mod. HVM 472)</p>	

Tabla 2.9a. Algunos equipos disponibles en el mercado para la determinación para la prueba de viscosidad, según la norma **ASTM D455-06**, finaliza.

Información de equipo candidato	Información de equipo candidato
<div style="text-align: center;">  <p>Ilustración 2.9.ª Baño para viscosímetro, Koehler Instrument Company, modelo: K23376 KV1000^b</p> </div> <p>La viscosidad cinemática es de importancia primaria en el diseño y la selección de una amplia gama de los productos de petróleo. Los viscosímetros capilares calibrados se utilizan para medir flujo bajo gravedad o vacío en las temperaturas exactas controladas</p> <p>Características y ventajas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acomoda seis viscosímetros capilares • Control variable del límite de la temperatura • Se conforma con ASTM D445 y especificaciones relacionadas <p>Baño de temperatura constante para la prueba de viscosidad cinemática de productos petrolíferos. Tiene capacidad para seis asaltos de 2 "(51mm) de diámetro. Titulares viscosímetro. Temperatura del baño se establece dentro de $\pm 0.5^\circ\text{C}$ ($\pm 1^\circ\text{F}$) de ajuste y ajuste final de $\pm 0.01^\circ\text{C}$ ($\pm 0.02^\circ\text{F}$) se pueden hacer. Prueba temperaturas de control de límite de hasta 150°C (302°F) puede ser seleccionado. Temperatura permite que el operador seleccione un punto de corte de exceso de temperatura para proteger contra el sobrecalentamiento accidental. Unidad de control incluye calentador de inmersión, agitador y la sonda de temperatura de circulación. Placa superior Composición descansa en un frasco Pyrex™ 12x12 "(30.5x30.5cm) o 12x18" (30.5x46cm) Solicitar viscosímetros capilares, los titulares de viscosímetro y el termómetro por separado</p>	<div style="text-align: center;">  <p>Ilustración 2.10.ª Baño de precisión para viscosímetros, Selecta group, modelo: VB-1423^d</p> </div> <p>Indicado para mediciones precisas con viscosímetros de vidrio. Construido para la calibración de viscosímetros según las normas UNE 400313, ISO 3105, ASTM D 445 y 2515</p> <p>Sensor de la temperatura por termoresistencia de Pt100. Tapa en acero inoxidable AISI 304 con tres orificios para alojar viscosímetros, con tres tapas independientes y orificio para termómetro de control. Cuerpo del baño en vidrio borosilicato de 20 litros de capacidad. Placa blanca para optimizar la observación de los viscosímetros.</p> <p>CON SELECTOR Y LECTURA DIGITAL DE LA TEMPERATURA PARA TEMPERATURAS REGULABLES DESDE AMBIENTE+5°C HASTA 100°C. ESTABILIDAD $\pm 0.05^\circ\text{C}$. HOMOGENEIDAD $\pm 0.05^\circ\text{C}$. ERROR DE CONSIGNA $\pm 0.09^\circ\text{C}$. RESOLUCIÓN 0.1°C.</p>
<p>Tabla de elaboración propia. Fuentes: a) (Direct Industry, 2014, p. K23376 KV1000), b) (Direct Industry, 2014, p. Mod. K23376 KV1000) c) (Laborat, 2014, pp. VB-1423), d) (Laborat, 2014, pp. Mod. VB-1423).</p>	

2.14.6. Cenizas sulfatadas. Las cenizas sulfatadas son el residuo que queda después de que la muestra ha sido carbonizada y el residuo posteriormente se trató con ácido sulfúrico y se calentó hasta alcanzar un peso constante. La ceniza sulfatada puede utilizarse para indicar la concentración de aditivos que contienen metales conocidos en nuevos aceites (Luque [Ed] & Melero [Ed], 2012, p. 105).

Cuando el Fósforo (**P**) está ausente, el Bario (**Ba**), el Calcio (**Ca**), el Magnesio (**Mg**), el Sodio (**Na**) y el Potasio (**K**) se convierten en sus sulfatos, el Estaño (**Sn**) y Zinc (**Zn**) en sus óxidos. El Azufre (**S**) y el Cloro (**Cl**) no interfieren, pero cuando el fósforo está presente con metales, que permanece parcial o totalmente en la ceniza sulfatada como fosfatos de metales. Dado que el sulfato de zinc se descompone lentamente a su óxido a la temperatura de ignición especificado en el método, las muestras que contienen zinc pueden dar resultados variables a menos que el sulfato de zinc se convierta completamente en óxido. El Mg no reacciona de la misma como otros metales alcalinos en esta prueba. Si están presentes aditivos del Mg, los datos deben ser interpretados con precaución. Las muestras que contienen molibdeno pueden dar resultados bajos debido a compuestos de molibdeno no pueden recuperarse totalmente a la temperatura de calcinación. (Nadkarni, 2007, p. 34).

El contenido de cenizas sulfatadas describe la cantidad de contaminantes inorgánicos, tales como sólidos abrasivos y residuos de catalizador y la concentración de jabones metálicos solubles contenidas en el combustible. Estos compuestos se oxidan durante el proceso de combustión para formar ceniza, lo que puede contribuir al desgaste del inyector, de la bomba de combustible, el pistón y del anillo y también a la formación de depósitos en el motor. (Sarin, 2012, p. 34).

La ceniza puede causar el recalentamiento de superficies de metal, como los asientos de las válvulas de escape, ocasionando con el tiempo la falla de la válvula. La ceniza en el combustible y los depósitos de ceniza pueden producir también el desgaste abrasivo de las camisas de los cilindros, anillos de pistón, asientos de las válvulas y bombas inyectoras, inyectores y turboalimentador.

Los materiales que forman cenizas pueden estar presentes en el biodiésel en tres formas: (1) los sólidos abrasivos, (2) jabones metálicos solubles y (3) catalizadores no removidos. Los sólidos abrasivos y catalizadores no removidos pueden contribuir a que se formen depósitos en los inyectores, bomba de combustible, en el motor y fomentar el desgaste en el pistones y anillos como lo habíamos comentado antes. Los jabones metálicos solubles tienen poco efecto en el desgaste, pero pueden contribuir a un taponamiento en el sistema de filtrado del motor (Pandey [Ed], 2009).

La cantidad de ceniza sulfatada se mide según la norma ASTM D874-07 y se limita a 0.02% m/m.

El resumen de los datos de norma ASTM D874-07, se presenta en la Tabla 2.10. y los equipos candidatos para ésta norma se muestran en la Tabla 2.11.

Tabla 2.10. Algunas características que la norma ASTM D874-07^a, toma para la prueba de Cenizas Sulfatadas de Aceites y Aditivos Lubricantes

Norma:	Description	Descripción
ASTM D874-07 (Método de prueba equivalente: IP 163, ISO 3987, DIN 51575, JIS K 2272, and AFNOR T60-143)	Standard Test Method for Sulfated Ash from Lubricating Oils and Additives	Método de Prueba Estándar para Cenizas Sulfatadas de Aceites y Aditivos Lubricantes
Introducción y Objetivo	Reactivos	Equipamiento Auxiliar
<p>Este método de ensayo cubre la determinación de la ceniza sulfatada a partir de aceites lubricantes no utilizados que contienen aditivos y a partir de concentrados de aditivos utilizados en la composición. Estos aditivos por lo general contienen uno o más de los siguientes metales: bario, de calcio, de magnesio, de zinc, de potasio, de sodio y el estaño. El azufre, elementos, de fósforo y cloro pueden estar presentes también en forma combinada.</p> <p>La aplicación de este método de ensayo para los niveles de cenizas sulfatadas por debajo de 0.02% en masa se limita a los aceites que contienen aditivos sin cenizas. El límite inferior del método es de 0.005% en masa de ceniza sulfatada. Este método de ensayo no está diseñado para el análisis de aceites o aceites que contengan plomo de motores usados. Tampoco se recomienda para el análisis de aceites lubricantes no aditivos, para la cual la norma ASTM D 482 puede ser utilizado.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aceite mineral de baja ceniza. • Ácido sulfúrico (densidad relativa 1.84), que es ácido sulfúrico concentrado (H₂SO₄). • Ácido sulfúrico (1 + 1). Prepare mediante adición lenta de 1 volumen de ácido sulfúrico concentrado (densidad relativa 1.84) a 1 volumen de agua con agitación vigorosa. • Propanol • Tolueno 	<ul style="list-style-type: none"> • Crisol o plato de evaporación (de porcelana, sílice fundido o platino) de 50 a 100 mL.
Resumen de la prueba	Importancia y Uso	Equipo principal
<p>Resumen del método de prueba. La muestra se enciende y se quema hasta que sólo cenizas y carbono permanecen. Después de enfriar, el residuo se trata con ácido sulfúrico y se calienta a 775 ° C hasta que la oxidación del carbono es completa. La ceniza se enfría a continuación, se re-trata con ácido sulfúrico y se calienta a 775 ° C hasta peso constante.</p>	<p>Importancia y uso. La ceniza sulfatada puede ser utilizada para indicar la concentración de los aditivos que contienen metales conocidos en aceites nuevos. Cuando el fósforo está ausente, el bario, el calcio, el magnesio, el sodio y el potasio se convierten en sus sulfatos y estaño (estaño) y zinc en sus óxidos. El azufre y el cloro no interfieren, pero cuando el fósforo está presente con metales, que permanece parcial o totalmente en la ceniza sulfatada como fosfatos de metales. Dado que el sulfato de zinc se descompone lentamente a su óxido a la temperatura de ignición especificado en el método, las muestras que contienen zinc pueden dar resultados variables a menos que el sulfato de zinc se convirtió completamente a la de óxido. El Magnesio no reacciona de la misma forma como otros metales alcalinos en esta prueba. Si aditivos magnesio están presentes, los datos deben ser interpretados con precaución. Las muestras que contienen molibdeno pueden dar resultados bajos debido a compuestos de molibdeno no pueden recuperarse totalmente a la temperatura de calcinación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Horno eléctrico de mufla, capaz de mantener una temperatura de 775 +/- 25 °C. • Balanza, capaz de pesar hasta 0.1 mg.

Tabla de elaboración propia. Fuentes: a) (ASTM D874 – 07, 2007), b) (Nadkarni, 2007, p. 34)

Tabla 2.11. Algunos equipos disponibles en el mercado para la determinación para la prueba de Ceniza Sulfatada de Aceites y Aditivos Lubricantes de la norma ASTM D874-07

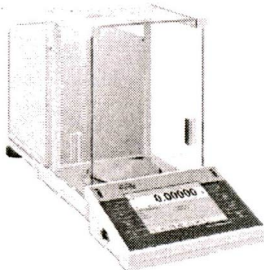
Información de equipo candidato	Información de equipo candidato
 <p>Ilustración 2.11.^a</p> <p>Horno mufla programable, Koehler Instrument Company, modelo: K24100^b</p>	 <p>Ilustración 2.12.^c</p> <p>Balanza semimicro 100 gramos de capacidad, RADWAG, modelo: XA 110.3Y^d</p>
<p>Especificaciones Cumple con las especificaciones de: ASTM D482, D874, D1026, D3174, D4422, IP 4, IP 163, ISO 3987, ISO 6245, NF M 07-045; DIN 51352, DIN 51575</p> <p>Capacidad: 0.14, 0.58 y 1.26 cu. pies (0.004, 0.016, 0.036m³) Rango de temperatura: la temperatura ambiente hasta 1125 ° C (2057 ° F) Punto de ajuste de repetición: ± 1 ° C (± 2 ° F) Punto de ajuste Precisión: ± 4 ° C (± 7 ° F) Temperatura Uniformidad: 0.14 cu. Modelo cuadrado: ± 5 ° C (± 9 ° F) 0.58 cu. modelo cuadrado: ± 8 ° C (± 14 ° F) 1.26 cu. modelo cuadrado: ± 10 ° C (± 18 ° F) Número de cambios de aire por minuto: 0.14 cu. Modelo cuadrado: 4 0.58 cu. modelo cuadrado: 3 1.26 cu.</p>	<p>Especificaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Máxima capacidad: 110 g • Mínima capacidad: 1 mg • Exactitud: 0.01 mg • Rango de tara: -100g • Temperatura de funcionamiento: +10° a +40°C • Repetibilidad: 0.02 mg (a 50g) y 0.03 mg (de 50g a 100g) • 2×USB, RS 232, Ethernet, 4 entradas / 4 salidas (digitales)

Tabla de elaboración propia. Fuentes: a) (Koehler Instrument Company, 2014, p. K24100), b) (Koehler Instrument Company, 2014, p. Mod. K24100), c) (Radwag Balances and Scales, 2014), d) (Radwag Balances and Scales, 2014, p. XA 110.3Y)

2.14.7. Azufre. El Azufre (S) es un elemento natural del petróleo crudo. La mayor fuente antropogénica del S en la atmósfera es la derivada de la combustión de combustibles fósiles, ya que el S es un elemento común en los combustibles fósiles (carbón, petróleo), pues ambos proceden de seres vivos y en su material protéinico entra el S, el cual sobrevive a la fosilización y aparece en el combustible ya como S elemental, ya formando otros compuestos. (Figueroa & Marino, 2004, p. 40).

Se les denomina combustibles pesados porque normalmente tienen un alto contenido de S y cadenas de hidrocarburos largas. Los combustibles destilados normalmente tienen un menor contenido de S porque éste puede reducirse o eliminarse durante el proceso de refinación (Peters, et al., 2005, p. 132), por lo que se debe saber el contenido de S del combustible. Un contenido de S de más del 0.5% puede acortar grandemente la vida útil del motor. (Grupo Avanti, 2014, p. 13). Las materias primas para la elaboración del biodiésel suelen tener muy poco S, pero esta prueba es un indicador de la contaminación del material, de presencia de proteínas, de material de catalizador remanente o material de neutralización del proceso de producción. (Khanal, et al., 2010, p. 316).

Cuando el combustible diésel con S se consume en la cámara de combustión de un motor, se forman óxidos de S que reaccionan con el vapor de agua para formar el ácido sulfúrico. Al igual que el sulfuro de hidrógeno, si estos vapores de ácidos se condensan, atacan químicamente las superficies de metal de las guías de válvula, de las camisas de los cilindros y pueden afectar los cojinetes. (Red Náutica (<http://187.141.81.212/>), 2014, p. 2). Por ejemplo, cuando la temperatura de las camisas de los cilindros es inferior a la temperatura de rociado del ácido sulfúrico y el aceite de lubricación no tenga suficiente reserva de alcalinidad (Número de Base Total) para neutralizar el ácido (Gulf Oil Argentina, 2014, p. 10), las camisas se pueden desgastar diez veces más rápido. (Grupo Avanti, 2014, p. 13). Cuando se producen daños debido a la presencia de S en el combustible, habrá pocos cambios en la potencia del motor. Pero, con frecuencia, el desgaste corrosivo traerá consigo un consumo excesivo de aceite y escape de gases, causando la reconstrucción prematura del motor. (Brady, 1997, p. 76).

El efecto del contenido del S en el desgaste del motor y los depósitos parece variar considerablemente en importancia y depende en gran medida de las condiciones de funcionamiento. El S en el combustible también puede afectar a las emisiones de desempeño de los sistemas de control y varios límites de S se han impuesto por razones medioambientales, el B100 es esencialmente libre de S. (ASTM D6751-12, 2012, p. 5). La ASTM D6751-12 indica que el método de prueba ASTM D5453-06 se debe utilizar para determinar el nivel del S en el biodiésel (ASTM D6751-12, 2012, p. 4). El uso de otros métodos de ensayo puede proporcionar falsamente elevados resultados en el análisis de B100 con los niveles de S extremadamente bajas (menos de 5 ppm) (ASTM D6751-12, 2012, p. 3).

El resumen de los datos de norma ASTM D5453-06 se presenta en la Tabla 2.12. y los equipos candidatos para ésta norma se muestran en la Tabla 2.13.

Tabla 2.12. Algunas características que la norma **ASTM D5453-06**, toma para la prueba estándar para la determinación del azufre

Norma:	Description	Descripción
ASTM D5453-06	Standard Test Method for Determination of Total Sulfur in Light Hydrocarbons, Spark Ignition Engine Fuel, Diesel Engine Fuel, and Engine Oil by Ultraviolet Fluorescence	Método de prueba estándar para la determinación de azufre total en hidrocarburos ligeros, Combustibles y aceites para motor de ignición a chispa de combustible, combustible y aceite motores diésel, por fluorescencia ultravioleta
Introducción y Objetivo	Reactivos	Equipamiento Auxiliar
Este método de ensayo cubre la determinación de azufre total en los hidrocarburos líquidos, con punto de ebullición en el intervalo de aproximadamente 25 a 400 ° C, con viscosidades entre aproximadamente 0.2 y 20 cSt (mm ² /S) a temperatura ambiente. Tres estudios separados entre laboratorios (I.L.S) en la precisión, y otras dos investigaciones que resultaron en un informe de investigación de ASTM, han determinado que éste método de ensayo es aplicable a las naftas, destilados, aceites, etanol, ácido graso de éster metílico (FAME) y carburantes, tales como la gasolina, la gasolina enriquecida con oxígeno (M-85, RF-G), diésel, Biodiésel y combustible para aviones. Las muestras que contienen 1.0 - 8 000 azufre total mg / kg pueden ser analizadas (Nota 1).	<ul style="list-style-type: none"> Gas Inerte - Argón o helio únicamente de alto grado de pureza (es decir, cromatografía o de grado cero), 99.998% de pureza mínima; humedad 5 ppm w/w máximo. Oxígeno - De alta pureza (es decir, cromatografía o de grado cero), 99.75% de pureza mínima, humedad 5 ppm w / w máximo, secado sobre tamices moleculares. Tolueno, xileno, isooctano, grado reactivo (otros disolventes similares a los que ocurren en las muestras para ser analizadas) también son aceptables). Dibenzotiofeno, FW184.26, 17.39% (m / m) S. Sulfuro Butilo, FW146.29, 21.92% (m / m) S Tionafteno (Benzotiofeno), FW134.20, 23.90% (m / m) S Lana de cuarzo Solución establecida de azufre 1000 mg S / mL² 	<ul style="list-style-type: none"> Tubo de combustión Control de flujo. Tubo secador. Jeringa microlitros Sistema de entrada de la muestra Balanza, con una precisión de +/- 0.01 mg
Resumen de la prueba	Equipamiento principal	Importancia y Uso
Resumen del método de prueba. Una muestra de hidrocarburos se inyecta directamente o se coloca en un bote de muestras. La muestra o bote, o ambos, se inserta en un tubo de combustión de alta temperatura en el que el azufre se oxida a dióxido de azufre (SO ₂) en una atmósfera rica en oxígeno. Se elimina el agua producida durante la combustión de la muestra y los gases de combustión de la muestra se exponen a la luz ultravioleta (UV). El SO ₂ absorbe la energía de la luz UV y se convierte en dióxido de azufre excitado (SO ₂ *). La fluorescencia emitida por el SO ₂ * excitado ya que vuelve a un estado estable, SO ₂ , es detectada por un tubo fotomultiplicador y la señal resultante es una medida del azufre contenido en la muestra. (Advertencia: La exposición a cantidades excesivas de radiación ultravioleta (UV) es perjudicial para la salud. El operador debe evitar la exposición de cualquier parte de su persona, especialmente sus ojos, no sólo a la luz UV directa, sino también a la radiación secundaria o dispersa que está presente.)	<ul style="list-style-type: none"> Mufla - un horno eléctrico mantenido a una temperatura (1.075 +/- 25 ° C) Detector de fluorescencia UV - Un detector de cualitativo y cuantitativo capaz de medir la luz emitida por la fluorescencia de dióxido de azufre por la luz UV. Máquina refrigerante -Un aparato ajustable capaz de suministrar un material líquido refrigerante a una temperatura constante tan bajo como 4 ° C podría ser necesario cuando se utiliza el método de inyección de entrada bote Registrador de Gráficos de banda. 	Importancia y uso. Algunos catalizadores de proceso utilizados en la refinación química del petróleo pueden envenenarse cuando pequeñas cantidades de materiales que contienen azufre están contenidas en las materias primas. Este método de ensayo se puede utilizar para determinar el azufre en proceso se alimenta de azufre en los productos acabados y también se puede utilizar para fines de control reglamentario.

Tabla de elaboración propia. Fuente: (ASTM D5453 - 06, 2006).

Tabla 2.13. Equipos disponibles en el mercado para la determinación para la prueba de estándar para la determinación del azufre **ASTM D5453-06**

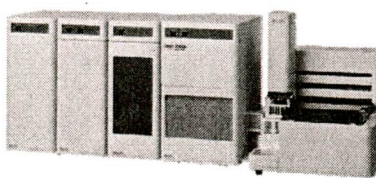
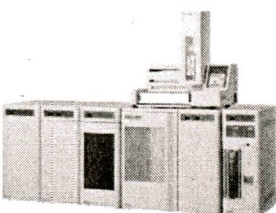
Información de equipo candidato	Información de equipo candidato
 <p>Ilustración 2.13.^a Analizador elemental para traza de sólidos, líquidos y gases con horno horizontal, <i>Mitsubishi Chemical Analytech</i> modelo NSX-2100H.^b</p> <p>El analizador Elemental NSX-2100H, un sistema de horno horizontal con detector coulombimétrica. El nuevo analizador de cloro es una solución rentable y tiene estabilidad celular superior para análisis de titulación nivel ppb, y el mismo detector puede también ser utilizado para el azufre. NSX-2100H tiene una configuración de sistema modular, diferentes opciones de inyector de ejemplo y otros detectores pueden ser combinados. UVFL de azufre y de quimoluminiscencia de nitrógeno también están disponibles. Este sistema ofrece un rendimiento rápido y mejor para el funcionamiento óptimo de las plantas y para el control de catalizador.</p> <p>NSX-2100H: 4 diferentes detectores se pueden conectar a 1 horno en función de sus necesidades.</p> <ul style="list-style-type: none"> Nitrógeno: Quimoluminiscencia Azufre: UVFL, Coulometría Cloro: Coulometría S, M, Gl, Br, I: cromatografía iónica <p>Cumple con la norma ASTM D5987, D7359, ISO 2828, JIS K7392, R1616, R1603, Z7302, KS M0180, JEITA ET-7304A. UOP 991-11</p>	 <p>Ilustración 2.14.^c Analizador elemental para trazas sistema vertical, <i>Mitsubishi Chemical Analytech</i>, modelo: NSX-2100V-SD^d</p> <p>Especificaciones: El equipo sirve para determinar varios elementos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Azufre, Fluorescencia ultravioleta, ASTM D5453, D6667, D7183.D7551 UOP 987-11 Nitrógeno, Quimoluminiscencia, ASTM D4629, D5176, D6069, D7184, UOP 981-10 Cloro, Titulación coulombimétrica, ASTM D4929, D5194, D5808, D7457, UOP 910-07 Azufre, Titulación coulombimétrica ASTM D3120, D3246

Tabla de elaboración propia. Fuentes: a) (Mandel Scientific Company Inc, 2014, pp. NSX-2100H), b) (Mandel Scientific Company Inc, 2014, pp. mod. NSX-2100H), c) (Direct Industry, 2014, pp. NSX-2100V-SD), d) (Direct Industry, 2014, pp. Mod NSX-2100V-SD, 2)

² Preparar una solución de stock de pesaje con precisión aproximadamente 0.5748 g de dibenzotiofeno o 0.4652 g de sulfuro de butilo o 0.4184 g de tionafteno en un matraz de 100 ml tarado volumétrica. Diluir hasta el volumen con disolvente seleccionado. Esta acción puede diluirse más con la concentración de azufre deseada

2.14.8. Corrosión de tira cobre. Esta prueba sirve como una medida de las posibles dificultades con el cobre, latón o el bronce de las piezas del sistema de combustible. La presencia de ácidos o compuestos que contienen azufre puede empañar la lámina de cobre, lo que indica la posibilidad de corrosión. (Rand [Ed], 2003, p. 48).

El combustible no debe provocar corrosión de las piezas del motor. Las fuentes de los combustibles, tal como el diésel mineral, pueden contener componentes sulfurosos que pueden quedar remanentes en los derivados extraídos o producidos. De la sección 2.14.7., recordemos “Las materias primas para la elaboración del biodiésel suelen tener muy poco azufre, pero esta prueba es un indicador de la contaminación del material, de presencia de proteínas, de material de catalizador remanente o material de neutralización del proceso de producción.” De estos contaminantes algunos pueden tener una acción corrosiva sobre diversos metales. A pesar de que al producto también se le evalúa su contenido total de azufre, el potencial corrosivo del producto no necesariamente está relacionado con aquel parámetro. Por eso, se hace menester valorar cuál es el verdadero impacto corrosivo del producto sobre las piezas del motor y de ahí la importancia de esta prueba. La corrosividad de un combustible tiene implicaciones tanto su almacenamiento como en su uso.

En este ensayo, se sumerge un tira de cobre en el fluido de prueba a 40°C y después a 100°C. Se saca la tira después de cada ensayo y se inspecciona la decoloración del cobre. Los resultados fluctúan desde muy poco o nulo manchado 1a (según la ilustración de abajo) siguiendo la escala de colores, hasta manchado oscuro 4c. La ilustración indica 12 tiras, el color de la tira indica el grado de actividad del Azufre con el Cobre. La corrosión se indica según la norma ASTM D5453 con un máximo permitido como de 3, aunque no indica si el 3a o 3b (Véase la ilustración 2.15. *Muestra de tiras de cobre de la norma ASTM D130-94*).

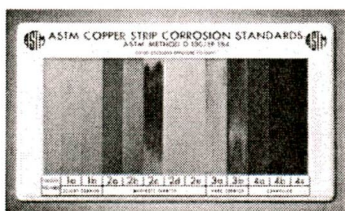


Ilustración: 2.15.^a
Muestra de tiras de cobre según la norma
ASTM D130-94

La escala de colores que se tiene ^b:

- 1) Deslustre Leve:** **1a)** Naranja claro, casi el mismo que una tira recién pulida, **1b)** Naranja oscuro.
- 2) Deslustre Moderado:** **2a)** Rojo claro, **2b)** Lavanda, **2c)** Bandas multicoloreada con azul lavanda y / o plata sobrepuesto en rojo claro, **2d)** plateado, **2e)** Latón u oro.
- 3) Deslustre obscuro.** **3a)** manchas magentas, sobre latón. **3b)** Multicolores rojos y verdes, sin grises.
- 4) Corrosión.** **4a)** Negro transparente, gris oscuro o marrón. **4b)** Grafito o negro deslustrado. **4c)** Negro vidrioso.

Fuentes: a) (Noria Latín América, 2014), b) (ASTM D130-94, 2006).

El resumen de los datos de norma ASTM D130-94 se presenta en la Tabla 2.14, y los equipos candidatos para ésta norma se muestran en la Tabla 2.15.

Tabla 2.14. Algunas características que la norma ASTM D130-94^a, toma para la prueba estándar para la corrosividad del Cobre a Partir de Productos Derivados del Petróleo

Norma:	Description	Descripción
ASTM D130-94 (Método de prueba equivalente: IP 154, ISO 2160, DIN 51759, JIS K 2513 y AFNOR M07-015) ^b	Standard Test Method for Corrosiveness to Copper from Petroleum Products by Copper Strip Test	Método de Prueba Estándar para la Corrosividad del Cobre a Partir de Productos Derivados del Petróleo por Tira de Prueba de Cobre
Introducción y Objetivo	Reactivos	Equipamiento Auxiliar
<p>Alcance</p> <p>Este método de ensayo cubre la detección de la corrosión al cobre de la gasolina de aviación, combustible para turbinas de aviación, la gasolina de automoción, gasolina natural u otros hidrocarburos con una presión de vapor Reid no mayor de 16 psi (124 kPa), productos de limpieza (Stoddard) disolvente, queroseno, combustible diésel, aceite combustible destilado, aceite lubricante y otros productos derivados del petróleo. Precaución: Algunos productos, gasolina natural, especialmente, pueden tener una presión de vapor muy superior a la que normalmente sería característica de las gasolinas de automoción o aviación. Por esta razón, mucho cuidado debe tener cuidado para asegurarse de que la bomba de prueba que contiene la gasolina natural u otros productos de la alta presión de vapor no se colocan en los 100 ° C (212 ° F) baño. Las muestras que tienen presiones de vapor Reid superior a 18 psi (124 kPa) pueden desarrollar suficiente presión a 100 ° C para provocar la rotura de la bomba de prueba. Para cualquier muestra que tenga una presión de vapor Reid por encima de 18 psi (124 kPa), use el método de prueba D 1838.</p> <p>Nota - La norma contiene en el anexo 2 (no se muestra en el presente trabajo), una lista de compuestos a tener cuidado</p>	<ul style="list-style-type: none"> Disolvente de lavado. -Cualquier volátil, disolvente de hidrocarburo libre de azufre se puede utilizar siempre que no presente ningún empañar en absoluto cuando se prueba a 50 ° C (122 ° F). Materiales de Pulido. -Papel de lija de carburo de silicio en diferentes grados de finura, incluyendo 65-m (240 grit) de papel o de tela, también un suministro de 105 micras (malla 150) grano de carburo de silicio y el algodón absorbente de calidad farmacéutica (algodón). Tiras de cobre. Use tiras de 12.5 mm (1/2in) de ancho, 1.5 a 3.0 mm (1/16 a 1/8 de pulgada) de espesor, cortar 75 mm (3 pulgadas) de largo desde el disco-temple de superficie lisa, cobre, acabados en frío de 99.9 +% de pureza; eléctrica bus barra de valores es generalmente adecuado. Use tiras de 12.5 mm (1/2in) de ancho, 1.5 a 3.0 mm (1/16 a 1/8 de pulgada) de espesor, cortar 75 mm (3 pulgadas) de largo desde el disco-temple de superficie lisa, cobre, acabados en frío de 99.9 +% de pureza; eléctrica bus barra de valores es generalmente adecuado. 	<ul style="list-style-type: none"> Termómetros. El termómetro 12C ASTM (12F) o el IP 64C (64F) son adecuado. Base para pulido, para sujetar firmemente la tira de cobre sin estropear los bordes mientras que pulir.
Resumen de la prueba	Importancia y Uso	Resumen del método de ensayo
		<p>Resumen del método de ensayo</p> <p>Una tira de cobre pulido se sumerge en una cantidad dada de muestra y calienta a una temperatura y tiempo característico del material está probando. Al final de este período se retira la tira de cobre, se lava y se compara con las normas de corrosión del cobre en tira de la ASTM.</p> <p>Importancia y Uso</p> <p>El petróleo crudo contiene compuestos de azufre, la mayoría de los cuales son removidos durante el refinado. Sin embargo, de los compuestos de azufre que quedan en el producto de petróleo, algunos pueden tener una acción corrosiva sobre diversos metales y este corrosividad no está necesariamente relacionada directamente con el contenido total de azufre. El efecto puede variar de acuerdo con los tipos de químicas de los compuestos de azufre presentes. El ensayo de corrosión anta de cobre está diseñada para evaluar el grado relativo de corrosividad de un producto derivado del petróleo.</p>
Equipo principal		
<ul style="list-style-type: none"> Bomba de prueba para la corrosión de la tira de cobre. 		

Fuentes: a) (ASTM D130-94, 2006), b) (Nadkarni, 2007, p. 86)

Tabla 2.15. Equipos disponibles en el mercado para la determinación corrosividad del Cobre a partir de productos derivados del petróleo ASTM D130-94


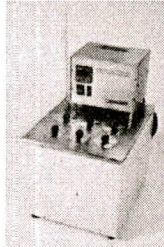
Información de equipo candidato	Información de equipo candidato
 <p>Ilustración 2.16.^a Equipo para la prueba de corrosión de las tiras de cobre, Lawler, modelos 280-4 y 280-6^b</p> <p>Lawler ofrece una amplia gama de baños de prueba de temperatura constante que se ajusten a la norma ASTM D130, D1838, D4048, D4814 anexa, IP227, e ISO 2160 ensayos de corrosión del cobre para el combustible y los lubricantes. Especifica que se desean método (s) de prueba para la selección del modelo adecuado. Los recipientes a presión se utilizan para productos más volátiles como la gasolina y los combustibles de aviación con respecto al procedimiento de los tubos de ensayo utilizado para lubricantes, diésel y Biodiésel.</p> <p>Modelo 280-4 es un baño de líquido de acero inoxidable capaz de aceptar 8 bombas de prueba y 8 tubos de ensayo para el método de ensayo D130. Bastidores de ensayo alternativos están disponibles.</p> <p>El rango de temperatura de Modelo 280-6es de 40 ° a 115 ° C, opcionalmente a 190 ° C, con la estabilidad de temperatura de ± 0.2 ° C. La temperatura se controla con un controlador de pantalla digital con resolución de 0.1 ° C. Un interruptor de fotodar interrumpir la alimentación eléctrica a la bañera en caso de bajo nivel de fluido de baño.</p> <p>El baño se agita mecánicamente para asegurar el punto de prueba a punto de prueba de uniformidad. Una cubierta sobre el baño se proporciona para reducir la evaporación (si el agua se utiliza como un medio de baño)</p>	 <p>Ilustración 2.17.^c Baño termostático para ensayo de corrosión, OMADISA, 38.525.01^d</p> <p>Cumple con las normas ASTM D-130, INTA 15 04 42 C e IP-154</p> <p>Formado por una cubeta interior con tapa de acero inoxidable en la que se sumerge un calentador de 1.000 W, y un agitador para homogeneizar el fluido del baño. La carcasa exterior es de acero inoxidable pintado al horno y está aislada térmicamente.</p> <p>La tapa del baño presenta 6 taladros para la colocación de 6 bombas de ensayo de baja presión o de 6 soportes para los tubos de ensayo. En estos orificios se acoplan unas tapas provistas de un gancho, que permiten suspender las bombas de baja presión durante la realización del ensayo de corrosión, o anular los orificios que no se vayan a emplear, para evitar pérdidas de calor por los mismos. Sistema de calefacción controlado por microprocesador, mediante resistencia sumergible de 1.000 W, con regulador electrónico de la temperatura, de rango entre 40°C y 160°C y resolución de ± 0.1°C con programación digital de la temperatura de ensayo y termómetro digital que permite controlar en todo momento la temperatura del baño.</p>

Tabla de elaboración propia. Fuentes: a) (Lawler Manufacturing Corporation, 2014, pp. 280-4), b) (Lawler Manufacturing Corporation, 2014, p. p.52) c) (Omadas industrias del laboratorio, 2014, p. 38.525.01), d) (Omadas industrias del laboratorio, 2014, p. Mod. 38.525.01)

2.14.9. Número de Cetano (Hexadecano). El Número de Cetano es una medida de la calidad de ignición del combustible y la influencia en el humo blanco y la brusquedad de la combustión (Totten [Ed], 2003, p. 724). Los requisitos de número de cetano dependen del diseño del motor, el tamaño, la naturaleza de la velocidad y las variaciones de carga, en el arranque y las condiciones atmosféricas. (Dryden, 1964, p. 187).

El Hexadecano es un hidrocarburo alcano (es decir sin doble o triple enlaces), normal (sin ramificaciones) con fórmula química condensado $C_{16}H_{34}$, es decir es una molécula en cadena de 16 átomos de carbono, con tres átomos de hidrógeno unidos a los dos átomos de carbono de extremo y dos hidrógenos unidos a cada uno de los otros 14 átomos de carbono (Rolle, 2006, p. 496). El cetano se utiliza como un número de cetano forma abreviada, una medida de la detonación del combustible diésel. El cetano se inflama muy fácilmente bajo compresión; por esta razón, se le asigna un número de cetano de 100 y sirve como referencia para otras mezclas de combustible. (Lackner, et al., 2013, p. 72).

El número o índice de cetano guarda relación con el tiempo que transcurre entre la inyección del carburante y el comienzo de su combustión, denominado “Intervalo de encendido”. Una combustión de calidad ocurre cuando se produce una ignición rápida seguida de un quemado total y uniforme del carburante (Waldron, 2014, p. 405). Cuanto más elevado es el número de cetano, menor es el retraso de la ignición y mejor es la calidad de combustión. Por el contrario, aquellos carburantes con un bajo número de cetano requieren mayor tiempo para que ocurra la ignición y después queman muy rápidamente, produciendo altos índices de elevación de presión. (Romano & Sorichetti, 2011, p. 34).

Si el número de cetano es demasiado bajo, la combustión es inadecuada y da lugar a ruido excesivo, al aumento de las emisiones, reducción en el rendimiento del vehículo y aumento de la fatiga del motor. Humo y ruido excesivos son problemas comunes en los vehículos diésel, especialmente bajo condiciones de arranque en frío. En conclusión, es un indicativo de la eficiencia de la reacción que se lleva a cabo en los motores de combustión interna. (Mollenhauer & Tschoeke, 2010, p. 87). El índice de cetano calculado, del método de prueba ASTM D976 o ASTM D4737, no pueden ser utilizados para aproximar el número de cetano del biodiésel o sus mezclas. No hay datos fehacientes para apoyar el cálculo del índice de cetano con biodiésel o mezclas de biodiésel. (Totten [Ed], 2003, p. 119).

El número de cetano es medido según la norma ASTM D613-05 es 47 como mínimo. Se mide comparando contra dos combustibles de referencia de la mezcla de n-cetano (señalado al inicio de la sección) y metilnaftaleno. Un valor alto en el número de cetano del combustible ayuda a asegurar buenas propiedades de arranque en frío y reducir al mínimo la formación de humo blanco. Los valores de 51 y 47 son los valores mínimos calculados para biodiésel. (Bart, et al., 2010, p. 235).

El número de cetano es el mejor parámetro para verificar la calidad del biodiésel comparado con el diésel mineral, debido a que éste parámetro indica de manera indirecta los cambios que habría de hacer a un motor diésel y entre mayor sea el número de cetano menos cambios hay que hacer ya que el desempeño del biodiésel se asemeja al diésel natural.

Se muestran en la Tabla 2.16. *Algunas características que la norma ASTM D613-05, para la prueba estándar para el número de cetano de combustible diésel para más detalles de la norma y en la Tabla 2.17. Equipos disponibles en el mercado para la prueba estándar para el número de cetano de combustible diésel ASTM D613* como posibles equipos candidatos existentes en el mercado.

Tabla 2.16. Algunas características que la norma ASTM D613-05^a, para la prueba estándar para el número de cetano de combustible diésel

Norma:	Description	Descripción	
ASTM D613-05	Standard Test Method for Cetane Number of Diesel Fuel Oil	Método de prueba estándar para EL Número de cetano de combustible Diésel.	
Introducción y Objetivo	Reactivos	Equipamiento Auxiliar	Resumen de la prueba Importancia y Uso
<p>Alcance Este método de prueba determina la capacidad nominal diésel del petróleo en términos de una escala arbitraria de cetano utilizando un motor diésel de inyección indirecta de un cilindro estándar, ciclo de cuatro tiempos y relación de compresión variable. La escala de índice de cetano cubre el rango de cero (0) a 100 pero la prueba típica está en el intervalo de 30 a 65 el número de cetano.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Refrigerante para el cilindro encamisado Aceite lubricante para el cigüeñal, SAE 30. Combustibles de referencia principales: n-cetano (n-hexadecano) Heptametilnonano (2, 2, 4, 4, 6, 8, 8-heptametilnonano) Combustibles de referencia secundarios: Combustible T-Combustible Diésel con un CN_{ARV} típicamente en la gama de 73 a 75. U-Combustible de combustible diésel con un CN_{ARV} típicamente en el intervalo de 20 a 22. Muestras de combustible: Combustible con bajo cetano con un CN_{ARV} típicamente en el rango de 38 a 42. Combustible con alto cetano con un CN_{ARV} típicamente en el rango de 50 a 55. 	<p>Nota.- La norma menciona el equipamiento auxiliar para el desarrollo de la prueba, que no se reproduce por falta de espacio. Ver el anexo con la norma completa.</p> <p>Equipo principal</p> <p>Equipo Motor Este método de prueba utiliza un único motor de cilindro que se compone de un cárter de serie con conjunto de la bomba de combustible, un cilindro con conjunto de cabeza separada del tipo de pre combustión, de recirculación del sistema de refrigerante chaqueta de sifón térmico, sistema de tanque de combustible de múltiple con válvula selector, montaje de inyector con inyector específica boquilla, controles eléctricos y un tubo de escape adecuada. El motor es de la correa conectada a un motor de absorción de potencia eléctrica especial que actúa como un controlador de motor para arrancar el motor y como un medio para absorber la energía a una velocidad constante cuando la combustión se está produciendo (encendido del motor).</p>	<p>Resumen del método de ensayo El número de cetano de un combustible diésel de aceite se determina mediante la comparación de las características de combustión en un motor de prueba con los de las mezclas de combustibles de referencia de número de cetano conocido bajo condiciones de funcionamiento normales. Esto se logra mediante el procedimiento de volante sucesión que varía la relación de compresión (volante de lectura) para la muestra y cada uno de dos combustibles sucesión de referencia para obtener un retardo de ignición específicos permitiendo interpolación de cetano en cuanto a la lectura de volante.</p> <p>Importancia y uso El número de cetano proporciona una medida de las características de ignición de aceite combustible diésel en los motores de encendido por compresión. Este método de ensayo es utilizado por los fabricantes de motores, las refinerías de petróleo, los vendedores y en el comercio como una medida especificación primordial relacionando la adecuación de los combustibles y los motores. Número de cetano se determina a velocidad constante en un motor de prueba de encendido por compresión de tipo cámara de precombustión. La relación entre el rendimiento del motor de prueba a escala real, a velocidad variable, en motores de carga variable, no se entiende por completo. Este método de ensayo puede usarse para combustibles no convencionales como las fibras sintéticas, aceites vegetales y similares. Sin embargo, la relación con el rendimiento de tales materiales en los motores de a escala real no se entiende completamente.</p>

Tabla de elaboración propia. Fuente: a) (ASTM D613-05, 2007).

Tabla 2.17. Equipos disponibles en el mercado para la prueba estándar para el número de cetano de combustible diésel ASTM D613-05

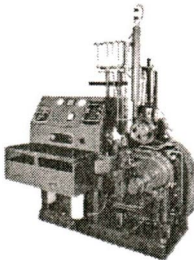
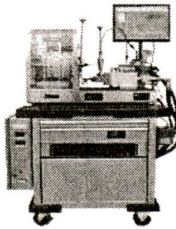
Información de equipo candidato	Información de equipo candidato
 <p data-bbox="325 578 447 599">Ilustración 2.18.^a</p> <p data-bbox="173 601 598 622">Unidad de clasificación de cetano, <i>Waukesha</i>, modelo: CFR F-5^b</p>	 <p data-bbox="850 578 972 599">Ilustración 2.19.^c</p> <p data-bbox="695 601 1121 622">Probador de la calidad de ignición (IQT), <i>EAT</i>, modelo: 92000-3^d</p>
<p data-bbox="173 680 371 698">Cumple con la norma ASTM D613</p> <p data-bbox="173 710 321 728">Waukesha Motor División</p> <p data-bbox="156 728 617 860">Ofrece un sistema completo para la determinación del número de cetano del combustible diésel, conforme a ASTM D 613: Método de prueba estándar para cetano Número de Diésel Fuel Oil por el Método de cetano (también ISO 5165). Este criterio es aceptado en todo el mundo como el estándar para la determinación de la calidad de ignición de los combustibles diésel. Produce resultados de la prueba en virtud de estas condiciones de funcionamiento: 900 RPM. Temperatura de la camisa 212 ° F, 135 ° F de temperatura del aceite. 150 ° F de temperatura del aire de admisión y el avance de la inyección y de retraso del encendido ajustaron a 13 °.</p>	<p data-bbox="643 645 1184 733">El probador de la calidad de ignición (IQT) es una alternativa fiable, asequible, más precisa y silenciosa para un motor de cetano. Es un instrumento de prueba totalmente automatizada para derivar el número de cetano para una amplia gama de combustibles destilados medios convencionales, incluidos los areales y los diésel de petróleo, Biodiésel, basado corrientes de refinería, además de los combustibles que utilizan los compuestos oxigenados y nitrato de potenciadores de cetano basados.</p> <p data-bbox="643 733 1184 807">Significativamente más pequeño y más silencioso que un motor de cetano tradicional, el IQT requiere menos infraestructura, utiliza gases comprimidos que están fácilmente disponibles en los cilindros a través del mundo y está diseñado para un entorno de tipo laboratorio industrial. El IQT realiza automáticamente todos los procedimientos de pre-test y pruebas, análisis de los datos y presenta los resultados en menos de 20 minutos.</p> <p data-bbox="643 807 1184 896">El IQT determina el retardo entre la elevación de aguja del inyector y el punto de recuperación de la presión de combustión en una cámara de combustión de volumen fijo climatizada. Este retraso está altamente correlacionado con el número de cetano ASTM D613 (CN). El IQT está conectado a un suministro de nitrógeno para la entrega de la muestra, un suministro de aire para operar el inyector y un contenido de suministro de aire de O2 20.9% para la carga de combustión. La cámara de combustión se calienta eléctricamente.</p>

Tabla de elaboración propia. Fuentes: a) (Compass Instruments, 2014, pp. CFR F-5), b) (Compass Instruments, 2014, pp. Mod. CFR F-5) c) (LABGULF FZC, 2014, pp. 92000-3), d) (LABGULF FZC, 2014, pp. Mod. 92000-3)

2.14.10. Punto de enturbiamiento. Es un indicador de la temperatura más baja de su utilidad para aplicaciones seguras.

Uno de los principales problemas asociados con el uso de biodiésel son sus pobres propiedades de flujo a baja temperatura, caracterizada por puntos de enturbiamiento o punto nube (*cloud point*, **CP**) y el puntos de fluidez (*plugging point* **PP**). El CP, que generalmente se produce a una temperatura superior a la PP y es la temperatura a la que un material graso se vuelve turbia debido a la formación de cristales y la solidificación de ácidos grasos saturados. Los sólidos y cristales crecen y se aglomeran rápidamente, obstruyendo las tuberías de combustible y filtros y causando importantes problemas de operabilidad en los motores, sistemas de almacenamiento y tuberías de distribución. Con la disminución de la temperatura, se forman más sólidos y el material se aproxima al punto de congelación, la temperatura más baja a la que todavía fluirá hasta llegar al punto de obstrucción del filtro en frío (*cold filter plugging point*, **CFPP**) y éstos deben ser considerados cuando se opere motores de encendido por compresión, en climas moderados de temperatura durante los meses de invierno. (Borowitzka & Moheimani, 2013, p. 212).

El punto de enturbiamiento es de importancia, en el que se define la temperatura a la que una nube o niebla de cristales aparece en el combustible en condiciones de ensayo prescritas, se refiere generalmente a la temperatura a la que los cristales comienzan a precipitar a partir del combustible en uso. El biodiésel generalmente tiene un punto de enturbiamiento mayor que el combustible diésel a base de petróleo (Rand [Ed], 2003, p. 48). El punto de enturbiamiento de biodiésel y su impacto en las propiedades de flujo en frío de la mezcla resultante debe ser controlado por el usuario para garantizar un funcionamiento sin problemas en climas fríos debido a que se pueden obstruir las tuberías de combustible y filtros en el sistema de combustible de un vehículo.

En México, éste punto es significativo en las zonas norte y parte del centro de nuestro país principalmente en invierno, debido a que en raras ocasiones se tienen temperaturas lo suficientemente bajas en las demás zona. Los otros dos puntos; es decir, el punto de fluidez y el punto de obstrucción del filtro en frío, pasan a segundo plano, debido a que se debe de tomar un papel preventivo y el punto de enturbiamiento es la señal que no debemos de pasar si no queremos tener problemas con el funcionamiento del biocombustible.

El Punto de enturbiamiento se mide según la norma ASTM D2500. El Punto de enturbiamiento se menciona en las norma pero no se le da un límite y no se requiere un informe. Esto es debido a las condiciones climáticas que varían en los diferentes países y es responsabilidad de cada usuario su control.

El resumen de los datos de norma ASTM D613-05 se presenta en la Tabla 2.18. y los equipos candidatos para ésta norma se muestran en la Tabla 2.19.

Tabla 2.18. Algunas características que la norma ASTM D613-05^a, para la prueba estándar para el número de cetano de combustible diésel

Norma:	Description	Descripción
ASTM D2500-05 (Método de prueba equivalente: IP 219, ISO 3015, DIN 51597, JIS K 2269y AFNOR T60-105) ^b	Standard Test Method for Cloud Point of Petroleum Products	Método de prueba estándar para el punto de enturbiamiento de Productos del Petróleo
Introducción y Objetivo	Reactivos	Equipamiento Auxiliar
Este método de prueba cubre los productos derivados del petróleo sólo que sean transparentes en capas de 40 mm de grosor y con un punto de enturbiamiento por debajo de 49 ° C.	<ul style="list-style-type: none"> La acetona. - Acetona de calidad técnica es adecuada para el baño de refrigeración, siempre que no deja residuos en el secado. Cloruro de Calcio. - Cloruro de calcio de calidad comercial o técnica es adecuada. Dióxido de Carbono (Sólido) o hielo seco. - Un grado comercial de hielo seco es adecuado para su uso en el baño de enfriamiento. El etanol o alcohol etílico. - Un grado comercial o técnico de etanol seco es adecuado para el baño de enfriamiento. El metanol o alcohol metílico. - Un grado comercial o técnico de metanol seco es adecuado para el baño de enfriamiento. Nafta de petróleo. - Un grado comercial o técnico de nafta de petróleo es adecuado para el baño de enfriamiento. Cristales de cloruro de sodio. - Cloruro de sodio de calidad comercial o técnica es adecuada. Sulfato de sodio. - Un grado reactivo de sulfato de sodio anhidro se debe utilizar cuando sea necesario. 	<ul style="list-style-type: none"> Tarro de prueba, claro, vidrio cilíndrico, de fondo plano, 33.2-34.8 mm de diámetro exterior y 115 y 125 mm de altura Termómetros, ASTM 5C, IP 1C; y ASTM 6C IP 2C Corcho, para adaptarse a la jarra de prueba, horadado en el centro para el termómetro de prueba. Funda, de metal o vidrio, a prueba de agua, cilíndrica, de fondo plano, de unos 115 mm de profundidad, con un diámetro interior de 44.2 a 45.8 mm. Disco de corcho o fieltro, 6 mm de espesor para entrar holgado dentro de la funda. Empaquetadura en forma de anillo, de unos 5 mm de espesor, para encajar cómodamente alrededor de la parte exterior del recipiente de prueba y sin apretar dentro de la funda.
		Resumen de la prueba Importancia y Uso
		<p>Resumen del método de ensayo La muestra se enfría a una velocidad especificada y se examina periódicamente. La temperatura a la que una nube se observa primero en la parte inferior de la jarra de prueba se registra como el punto de enturbiamiento.</p> <p>Importancia y uso El punto de enturbiamiento de un producto de petróleo es un índice de la temperatura más baja de su utilidad para ciertas aplicaciones.</p>
		Equipo principal
		<ul style="list-style-type: none"> Bañera o baños, mantienen a temperaturas prescritas con un apoyo firme para mantener la chaqueta vertical.

Tabla de elaboración propia. Fuentes: a) (ASTM D2500-05, 2005), b) (Nadkarni, 2007, p. 72)

Tabla 2.19. Equipos disponibles en el mercado para la prueba estándar para el punto de enturbiamiento de productos del petróleo ASTM D2500-05

Información de equipo candidato	Información de equipo candidato
---------------------------------	---------------------------------

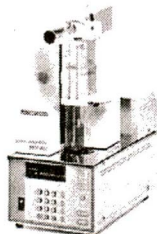


Ilustración 2.20.^a

Analizador Automático del Punto de Escurecimiento y Nublamiento
HERZOG, modelo: HCP 852^b

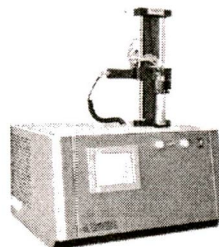


Ilustración 2.21.^c

Equipo de detección automática de puntos de congelación, KOEHLER,
modelo: KLA-3TS^d

De acuerdo con ASTM D2500, ASTM D5853, ASTM D6892, ASTM D97, IP 15, IP 219, IP 444, ISO 3015, ISO 3016, JIS K2269 para la determinación del Punto de Escurecimiento dentro del Rango de +20°C a -60 °C. Correlación con los Métodos ASTM D 2500 e ISO 3015 para la determinación del Punto de Nublamiento desde +35 a -60 °C. Programas de Prueba: Cuatro (4) ASTM D 97 y ASTM D 2500 preprogramados. El Usuario puede elaborar sus propios Programas Calentamiento de la Muestra: Por ASTM o definido por Usuario. Enfriamiento de la Muestra: Por ASTM o definido por Usuario. Temperatura Inicial de la Prueba: Por ASTM o definido por Usuario. Frecuencia de la Prueba: Por ASTM o definido por Usuario. Desplegado Digital en verde y Teclado. Puerto Paralelo para Impresora Estándar. Puerto Serial RS-232 Estándar. Unidad completa lista para su operación con 230 VCA, 50/60 Hz.

Conforme a ASTM D2500, D5771, D5772, D5773 y métodos de ensayo relacionados

- Punto de fluidez analizador cumple con la norma ASTM D97, D5853, D5850 y métodos de ensayo relacionados.
- Sistema independiente con Integrated Touch Panel PC Screen
- Sistema de refrigeración directa elimina la necesidad de baños de enfriamiento del disolvente
- sistema de refrigeración de una sola etapa proporciona temperaturas tan bajas como -40° un sistema de refrigeración de dos etapas hasta -80 ° C
- Punto de Nube medida por emisión pulsada de luz en el espectro IR a través de fibra óptica coaxial
- Punto de fluidez medido por dos sondas de detección PT100 colocados en la superficie de la producto y un brazo mecánico en movimiento con lo que el frasco de prueba a una posición horizontal

Tabla de elaboración propia: a) (Sica Medición, 2014, p. HCP 852), b) (Sica Medición, 2014, p. Mod. HCP 852), c) (KoeHler Instrument, 2014, pp. KLA-3TS), d) (KoeHler Instrument, 2014, pp. Mod. KLA-3TS)

2.14.11. Residuo de Carbono. Los residuos de carbón constituyen una medida de la tendencia de un combustible a formar carbón durante la combustión. Los combustibles ricos en carbón son más difíciles de quemar y producen la formación de depósitos de hollín y carbón. Los valores de los residuos de carbono de los diversos materiales de petróleo y biodiésel sirven como una aproximación de la tendencia del material a formar depósitos de tipo carbonoso bajo condiciones de degradación similares a los utilizados en el método de ensayo y pueden ser útiles como una guía en la fabricación de ciertos abastecimientos (Rand [Ed], 2003, p. 48).

Los resultados de las pruebas son equivalentes a las de Método de carbono Conradson, de la ASTM D189-06(2010) e1 (éste método cubre la información sobre la determinación de la cantidad de residuo de carbón después de evaporación y pirólisis de un aceite y se intenta proporcionar alguna información de lo propenso a la formación relativa de carbón. La ASTM D189-06(2010) e1 tiene la ventaja de un mejor control de las condiciones de ensayo, muestras más pequeñas y menos la atención del operador. Los constituyentes que forman cenizas como se define en el método ASTM D482-13, o aditivos no volátiles presentes en la muestra se consideran incluidos en el residuo de carbono total reportado. También, en los combustibles diésel la presencia de nitratos de alquilo, tales como amilo, hexilo, octilo nitrato provoca un valor más alto de residuo de carbono que conduce a la conclusión errónea de que la tendencia de formación de coque de combustible. (Rand [Ed], 2003, p. 48).

Los altos niveles de carbón causan una combustión incorrecta. También pueden producirse zonas calientes en las camisas y una película fina de aceite quemado en el motor. Esto puede causar el desgaste abrasivo de los pistones, de las camisas de cilindro, anillos de pistón agarrotados, depósitos en el turboalimentador y depósitos en el motor. Los depósitos pueden obstruir el motor y producir un desgaste abrasivo. Se pueden formar depósitos en las boquillas de los inyectores de combustible, en los pistones, en las válvulas y en el turboalimentador. El carbono puede también crear fango en la centrifuga de combustible (si tiene) y taponar prematuramente el filtro de combustible. (Brady, 1997, p. 76), (Caterpillar Inc, 2003, p. 19).

Así, el residuo de carbono da una medida de las tendencias de dejar un depósito de carbono de un aceite combustible. Si bien no está correlacionado directamente con los depósitos del motor, esta propiedad se considera sólo una aproximación. Aunque el biodiésel está en el intervalo de ebullición del destilado de petróleo, la mayoría de los biodiésel hierven a aproximadamente la misma temperatura y es difícil dejar un residuo del 10% a la destilación. Por lo tanto, una muestra de 100% se utiliza para sustituir la muestra materia residual de 10%, con el cálculo ejecutado como si fuera el residual de 10%. Parámetro E (carga frasco peso final / carga frasco peso original) en el punto 8.1.2 del método de ensayo ASTM D4530-06 es una constante de 20/200.

El resumen de los datos de norma ASTM D4530-06 se presenta en la Tabla 2.20. y los equipos candidatos para ésta norma se muestran en la Tabla 2.21.

Tabla 2.20. Algunas características que la norma **ASTM D4530-06^a**, para la prueba estándar para la determinación del residuo carbonoso (Método Micro)

Norma:	Description	Descripción
ASTM D4530-06 (Métodos de prueba equivalente: IP 398 e ISO 10370) ^b	Standard Test Method for Determination of Carbon Residue (Micro Method)	Método de prueba estándar para la determinación del residuo carbonoso (Método Micro)
Introducción y Objetivo	Reactivos	Equipamiento Auxiliar
<p>Alcance</p> <p>Este método de ensayo cubre la determinación de la cantidad de residuo de carbono (Nota 1) formada después de la evaporación y la pirólisis de materiales de petróleo bajo ciertas condiciones y está destinado a proporcionar alguna indicación de la tendencia a la formación de coque relativa de tales materiales. Los resultados de la prueba son equivalentes a la de Ensayo de Residuos de Carbono Conradson (ASTM D 189).</p> <p>Este método de ensayo es aplicable a los productos derivados del petróleo que se descomponen parcialmente en la destilación a presión atmosférica y se puso a prueba para valores de residuos de carbono de 0.10 a 30% (m / m). Las muestras se espera que estén por debajo de 0.10% en peso de los residuos deben ser destilados para eliminar el 90% de la carga matriz. Los 10% restantes fondos se prueba a continuación, para el residuo de carbono por este método de ensayo.</p> <p>Los constituyentes que forman cenizas según la definición de la norma ASTM D 482, o aditivos no volátiles presentes en la muestra se sumarán al valor de los residuos de carbón y se incluye como parte del valor total de los residuos de carbón reportado.</p> <p>También en el combustible diésel la presencia de nitratos de alquilo, tales como nitrato de amilo, nitrato de hexilo o nitrato de octilo, hace que un valor superior que el observado residuos de carbono en el combustible sin tratar, lo que puede conducir a conclusiones erróneas en cuanto a la propensión de formación de coque del combustible. La presencia de nitrato de alquilo en el combustible puede ser detectado por el Método de Ensayo ASTM D 4046.</p> <p>Nota 1. Este procedimiento es una modificación del método original y el aparato para el residuo de carbono de materiales de petróleo, donde se ha demostrado que la termogravimetría es otra técnica aplicable.</p> <p>Sin embargo, es responsabilidad del operador para establecer las condiciones de funcionamiento para obtener resultados equivalentes cuando se utiliza termogravimetría.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Cilindro de Nitrógeno grado Cero (Industrial), con regulador de 2 etapas, para la presión de descarga de 0 a 200 kPa (0 a 30 psig). 	<ul style="list-style-type: none"> Frascos de vidrio, capacidad de 2 ml, de 12 mm de diámetro exterior de aproximadamente 35 mm de altura Cuentagotas o varilla pequeña, para la transferencia de la muestra. Soporte de Frascos de muestra - Bloque de aluminio cilíndrica de aproximadamente 76 mm (3 pulgadas) de diámetro por 16 mm (5/8 de pulgada) de espesor con doce agujeros uniformemente espaciados (para viales) cada 13 mm (. 1/2in) de diámetro por 13 mm (1 / 2 pulg.) de profundidad Termopar, apto para el regulador de temperatura y rango de interres, con la lectura de la temperatura exterior en grados Celsius.
		<p>Resumen del método de prueba.</p> <p>Una cantidad pesada de muestra se coloca en un frasco de vidrio y se calienta a 500 ° C bajo una atmósfera inerte de manera controlada durante un tiempo específico (nitrógeno). La muestra se somete a reacciones de coquización y volátiles formados son arrastrados por el nitrógeno. El residuo de tipo carbonoso restante se consigna como porcentaje de la muestra original como "residuo de carbono (micro)."</p> <p>Importancia y uso.</p> <p>El valor de residuo de carbono de los diversos materiales de petróleo sirve como una aproximación de la tendencia del material a formar depósitos de tipo carbonoso bajo condiciones de degradación similares a los utilizados en el método de prueba y puede ser útil como una guía en la fabricación de determinadas fabricaciones. Sin embargo, el cuidado debe ser ejercido en la interpretación de los resultados.</p> <p>Este método de ensayo ofrece ventajas de mejor control de las condiciones de ensayo muestras más pequeñas y menos la atención del operador comparación con el método de prueba D 189 a la que es equivalente.</p> <p>Hasta doce muestras se pueden ejecutar simultáneamente incluyendo una muestra de control</p>
		<p>Equipo principal</p> <ul style="list-style-type: none"> Horno de coquización Homo. con cámara de calentamiento circular de aprox. 85 mm (3-3/8in.) de diámetro por 100 mm (4 pulgadas) de profundidad, para la carga superior, con capacidad de calentamiento de una tasa 10 a 40 ° C / min hasta 500 ° C, con el puerto de escape 13 mm (1/2 pulg) Balanza analítica, con +/- 0.1 mg de sensibilidad con 20 g mínima capacidad de pesaje.

Tabla de elaboración propia. Fuentes: a) (ASTM D4530-06, 2006), b) (Nadkarni, 2007, p. 51).

Tabla 2.21. Equipos disponibles en el mercado para la prueba estándar **ASTM D4530-11**, para la prueba estándar para la determinación del residuo carbonoso (Método Micro)

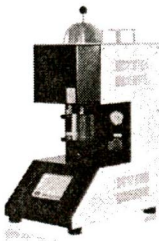

Información de equipo candidato	Información de equipo candidato
 <p>Ilustración 2.22.^a Probador de residuos productos derivados del petróleo automático, Shenkai, SKY1011-I^b</p>	 <p>Ilustración 2.23.^c Micro probador de residuos de carbono, Tanaka, modelo: ACR-M3^d</p>
<p>Normas aplicadas: GB / T 17144, ASTM D4530, ISO 10370</p> <p>Campo de aplicación: La gama de residuos de carbono que puede ser probado por este instrumento es de 0.10% (m / m) a 30.0% (m / m). Este instrumento se aplica también a los productos del petróleo compuesto de aceite destilado con residuo de carbono inferior al 0.10% (m / m). Para este producto, primero preparar 10% (V / V) residuo destilado de acuerdo con GB / T 6536 y luego determinar el residuo con este instrumento.</p>	<p>El ACR-M3 se utiliza en la determinación de la cantidad de residuo de carbono formado después de la evaporación y la pirólisis de material de petróleo en las condiciones especificadas en ASTM D 4530, que está destinado a proporcionar alguna indicación de la tendencia a la formación de coque relativa de tales materiales. El ACR-M3 ofrece un control preciso de las condiciones de prueba y requiere muestras más pequeñas y menos participación del operador que los modelos anteriores. Hasta doce muestras pueden ensayarse simultáneamente, incluyendo una muestra de control.</p> <ul style="list-style-type: none"> ASTM D 4530, ISO10370 Excelente repetitividad y reproducibilidad Vinilo laminado Trampa para más fácil y más seguro de eliminación de Con un solo botón de operación Control de Temperatura.

Tabla de elaboración propia. Fuentes: a) (CENNATEK Bioanalytical Services, 2014, pp. SKY1011-I), b) (CENNATEK Bioanalytical Services, 2014, pp. Mod. SKY1011-I), c) (Hoskin Scientific, 2014, pp. ACR-M3), d) (Hoskin Scientific, 2014, pp. ACR-M3).

2.14.12. Índice de acidez. Los productos derivados de los petróleos nuevos o usados o del biodiésel pueden contener componentes ácidos que están presentes como aditivos o como productos de degradación formados durante el servicio, tales como productos de oxidación. La cantidad relativa de estos materiales se puede determinar por titulación con bases. El número de ácido es una medida de esta cantidad de sustancia ácida, en el aceite siempre bajo las condiciones de la prueba. El número ácido se utiliza como una guía en el control de calidad por ejemplo de formulaciones de aceites lubricantes. También se usa a veces como medida de la degradación del lubricante en servicio. Cualquier límite que condenan deben establecerse de forma empírica. Desde una variedad de productos de oxidación contribuyen al número de ácido y los ácidos orgánicos varían ampliamente en propiedades de corrosión, la prueba no puede ser utilizada para predecir corrosividad de un aceite bajo condiciones de servicio. No hay correlación en general se conoce entre el número de ácido y la tendencia corrosiva de aceites hacia metales. (ASTM D664-07, 2007, p. 2).

El índice de acidez se utiliza para determinar el nivel de ácidos grasos libres o ácidos del procesamiento que pueden estar presentes en el biodiésel. El biodiésel con un índice de acidez alto ha demostrado aumentar el depósito en el sistema de combustible y puede aumentar la probabilidad de corrosión. El índice de acidez mide un fenómeno diferente para el biodiésel que el diésel a base de petróleo. El índice de acidez mide los ácidos grasos libres del biodiésel o la degradación por productos que no se encuentran en el combustible diésel a base de petróleo. El aumento de las temperaturas de reciclaje en nuevos diseños de sistemas combustible puede acelerar la degradación combustible, que podría dar lugar a valores de acidez alta y un aumento potencial en la obstrucción del filtro. (Rand [Ed], 2003, p. 48), (Gupta, et al., 2014, p. 160).

El método de ensayo puede ser utilizado para indicar los cambios relativos que se producen en un aceite durante el uso en condiciones de oxidación independientemente del color o de otras propiedades del aceite resultante. (Speight, 2011, p. 179).

Si ácidos minerales se utilizan en el proceso de producción, su presencia como ácidos en el combustible acabado también se mide con el número ácido. Se expresa en mg de KOH necesarios para neutralizar 1 g de FAME. (Sarin, 2012, p. 40). La muestra se disuelve en una mezcla de tolueno y propan-2-ol que contiene una pequeña cantidad de agua y se valora potenciométricamente con KOH y alcohol. Los puntos finales se observan y las lecturas de los volúmenes de solución valorada se toman y se utilizan en una fórmula para calcular el número de ácido total de la muestra de biodiésel. (Drews [Ed], 1996, p. 159).

El índice de acidez se mide según las normas ASTM D664-07 en las que se limita a 0.5 mg de KOH por g. (ASTM D664-07, 2007, p. 1).

El resumen de los datos de norma ASTM D664-07 se presenta en la Tabla 2.22. y los equipos candidatos para ésta norma se muestran en la Tabla 2.23.

Tabla 2.22. Algunas características que la norma **ASTM D664-07**, para la prueba estándar para la determinación del Índice de acidez

Norma:	Description	Descripción
ASTM D664-07 ^a (Método de prueba equivalente: IP 177, ISO 6619, and JIS K2501) ^b	Standard Test Method for Acid Number of Petroleum Products by Potentiometric Titration	Método de prueba estándar para el Índice de acidez de Productos de Petróleo por valoración potenciométrica.
Introducción y Objetivo	Reactivos	Equipamiento Auxiliar
<p>Alcance</p> <p>Este método de ensayo cubre los procedimientos para determinar los componentes ácidos en productos derivados del petróleo y lubricantes solubles o casi solubles en mezclas de tolueno y propan-2-ol. Es aplicable para la determinación de ácidos cuyas constantes de disociación en agua son más grandes que 10⁻⁹, ácidos extremadamente débiles cuyas constantes de disociación son más pequeñas que 10⁻⁹ no interfieren. Las sales reaccionan si sus constantes de hidrólisis son mayores que 10⁹.</p> <p>El rango de números de ácidos incluidos en la declaración de precisión es de 0.1 mg / g de KOH a 150 mg / g de KOH.</p> <p>En los aceites nuevos y usados, los componentes que pueden ser considerados por tener características ácidas incluyen ácidos orgánicos e inorgánicos, ésteres, compuestos fenólicos, lactonas, resinas, sales de metales pesados, sales de amonio y otras bases débiles, sales ácidas de ácidos polibásicos y agentes de adición tales como los inhibidores y detergentes. El método de ensayo puede ser utilizado para indicar los cambios relativos que se producen en el aceite durante el uso en condiciones de oxidación independientemente del color o de otras propiedades del aceite resultante. Aunque la valoración se hace en condiciones de equilibrio definidas, el método de ensayo no está diseñado para medir una propiedad ácida absoluta que se puede utilizar para predecir el rendimiento de aceite en condiciones de servicio. No se conoce ninguna relación general entre la corrosión del conyete y el índice de acidez.</p> <p>El número de ácido obtenido por este estándar puede o no puede ser numéricamente el mismo que el obtenido de acuerdo con la norma ASTM D 974 y ASTM D 3339. No ha habido ningún intento de correlacionar este método con otros métodos no de titulación.</p> <p>Algunos laboratorios han hecho la observación de que hay una diferencia en los resultados Del método de prueba ASTM D 664 cuando se utilizan buffers acuoso y no acuoso.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Pureza de los reactivos. - Productos químicos de grado reactivo se utilizarán en todas las pruebas. A menos que se indique lo contrario, se pretende que todos los reactivos deben cumplir con las especificaciones de la comisión sobre Reactivos Analíticos de la American Chemical Society, cuando dichas especificaciones están disponibles. Agua Etanol Cloruro de Litio (LiCl) Ácido Clorhídrico (HCl), densidad relativa 1.19. Cloruro de Litio electrolítico, Preparar una solución 1M-3M de cloruro de litio (LiCl) en etanol Hidróxido de Potasio (KOH) alcohol Isopropílico (C₃H₇)₂CHOH menos de 0.01 % de agua Tolueno Solución de ácido clorhídrico, Standard alcohol, (0.1 mol / L). Soluciones tampón acuoso Comercial pH 4, pH 7 y pH 11 Solución Hidróxido de potasio, Standard alcohol (0.1 mol // L). Solvente de titulación Agregue 5 +/- 0.2 mL de agua a 495 +/- 5 mL de alcohol isopropílico y mezcle bien. Adicione 500 +/- 5 mL de Tolueno. El solvente de titulación debe estar compuesto en grandes cantidades y su valor en blanco determinado dianamente por titulación antes de su uso. Cloroformo. 	<ul style="list-style-type: none"> Vólmetro o potenciostato Electrodo de detección, pH Electrodo de referencia de plata Electrodos combinados Agitador mecánico de velocidad variable Bureta Vaso de precipitados para titulación Soporte de valoración, adecuado para soportar los electrodos, agitador y bureta
Resumen de la prueba	Importancia y Uso	
<p>Resumen del método de ensayo</p> <p>La muestra se disuelve en una mezcla de tolueno y propan-2-ol que contiene una pequeña cantidad de agua y se valoró potenciométricamente con hidróxido de potasio alcohólico utilizando un electrodo de vidrio de indicación y un electrodo de referencia o un electrodo de combinación. Las lecturas del medidor se trazan manualmente o automáticamente en contra de los respectivos volúmenes de solución titulante y los puntos finales se toman sólo inflexiones en bien definidos en la curva resultante. Cuando no se obtienen inflexiones definidos y para los aceites usados, los puntos finales se toman en las lecturas del medidor correspondientes a los encontrados para soluciones amortiguadoras acuosas ácidas y básicas.</p>	<p>Importancia y uso.</p> <p>Los productos del petróleo nuevo y usado pueden contener componentes ácidos que están presentes como aditivos o como productos de degradación formados durante el servicio, tales como productos de oxidación. La cantidad relativa de estos materiales se puede determinar por titulación con bases. El número de ácido es una medida de esta cantidad de sustancia ácida en el aceite, siempre bajo las condiciones de la prueba. El número ácido se utiliza como una guía en el control de calidad de formulaciones de aceite lubricante. También se usa a veces como medida de la degradación del lubricante en servicio. Cualquier límite inadecuado debe establecerse de forma empírica.</p> <p>Puesto que una variedad de productos de oxidación contribuyen al número de ácido y los ácidos orgánicos varían ampliamente en propiedades de corrosión, el método de ensayo no se puede utilizar para predecir corrosividad de aceite en condiciones de servicio. No hay correlación en general se conoce entre el número de ácido y la tendencia corrosiva de aceites hacia metales.</p>	
Equipo principal		
<ul style="list-style-type: none"> Aparato gradación automática. Los sistemas automáticos de valoración deberán ser capaces de llevar a cabo los análisis necesarios según lo prescrito en el método. Se utilizará un modo dinámico de la adición de reactivo de valoración. Durante la titulación, la velocidad y el volumen de la adición vanarán dependiendo de la velocidad de cambio del sistema. El incremento de volumen máximo recomendado es de 0.5 ml y el incremento del volumen mínimo recomendado es de 0.05 mL. 		

Tabla de elaboración propia. Fuente: a) (ASTM D664-07, 2007), b) (Nadkarni, 2007, p. 33)

Tabla 2.23. Equipos disponibles en el mercado para la prueba estándar **ASTM D664-07**, para la prueba estándar para la determinación del Índice de acidez

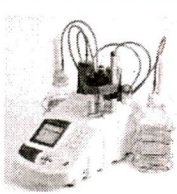

Información de equipo candidato	Información de equipo candidato
 <p>Ilustración 2.24.^a Estación de trabajo de valoración potenciométrica, TitraLab, modelo: 845^b</p> <p>Cumple con las normas ASTM D664, D1159, D2896, ISO 3771 Índice de bromo y el Número de bromo: de acuerdo con la norma ASTM D1491, D7210 - El sulfuro de hidrógeno y mercaptanos, según ASTM D3227</p> <p>Rango de medición</p> <ul style="list-style-type: none"> • -9.23 pH • ± 2000 mV • -10 ° C a 100 ° C <p>Resolución</p> <ul style="list-style-type: none"> • -0.001 pH • -0.1 mV • -0.1 ° C 	 <p>Ilustración 2.25.^c Agitador Magnético con calentamiento, CORNING, modelo PC420D Kit^d</p> <p>Manejo simple: Conectar el controlador en la parte posterior de la unidad, introducir la sonda en el líquido, ajustar la temperatura en la pantalla digital y el controlador hace el resto. La precisión es asegurada en el líquido en comparación con la temperatura la parte superior de la placa y no es necesario para mantener el control de la temperatura del líquido el uso de un termómetro o la modificación de la configuración. Cuando la temperatura o velocidad de agitación se alcanza las pantallas parpadean indicando el tope programado</p> <ul style="list-style-type: none"> • Control con sensor externo para la temperatura del líquido (opcional) • Temperatura ajustable hasta 550°C • Sensor pH/DO (control de la temperatura del líquido opcional) • Pantallas LED muestra valor de temperatura y agitación • Plato de Cerámica Pyroceram® resistente a derrames y ácidos • Capacidad de agitación y calentamiento: aprox. 10 litros (no exceder 11 libras) <p>Usando un vaso de precipitado de 600 mL, con 400 mL de agua a 25° C, toma aproximadamente 15 minutos en llevar el agua a tope en el proceso de ebullición.</p>

Tabla de elaboración propia. Fuentes: a) (Radiometer analytical, 2014, p. 845), b) (Radiometer analytical, 2014, p. Mod. 845; p 4), c) (Yareth Químicos Ltda, 2014, p. PC420D Kit), d) (Yareth Químicos Ltda, 2014, p. Mod. PC420D Kit).

2.14.13. Glicerina libre y glicerina total. El contenido de glicerina libre y enlazada refleja la calidad del biodiésel. Una alta cantidad de glicerina libre puede causar problemas durante el almacenamiento, o en el sistema de combustible, debido a la separación de la glicerina. Un alto contenido total de glicerina puede dar lugar a la incrustación del inyector y también puede contribuir a la formación de depósitos en las toberas de inyección, pistones y válvulas, (Elsevier Inc, 2009, p. 491) Este método de ensayo determina cuantitativamente glicerina libre y total en B-100 ésteres metílicos por cromatografía de gases. El rango de detección de la glicerina libre es 0.005-0.5% en masa y glicerina total de 0.05 a 0.5% en masa. Este procedimiento no es aplicable a los ésteres metílicos de aceites vegetales obtenidos a partir de aceites láuricos, tales como aceite de coco y aceite de semilla de palma (Wiley-VCH Verlag, 1987, p. 215).

El método de glicerina libre se utiliza para determinar el nivel de glicerina en el combustible como se mencionó antes. Así los altos niveles de glicerina libre pueden causar depósitos en los inyectores, así como los sistemas de abastecimiento de combustible obstruidos y dar lugar a una acumulación de glicerina libre en la parte inferior de almacenamiento y sistemas de abastecimiento de combustible. Los valores altos pueden deberse a una separación insuficiente o lavado con éster. (Kole, et al., 2012, p. 174).

La glicerina puede separarse en almacenamiento una vez que su disolvente (metanol o etanol) se ha evaporado. La glicerina libre se separa del biodiésel y cae a la parte inferior del tanque de almacenamiento o del tanque de combustible del vehículo, atrayendo otros componentes polares tales como agua, monoglicéridos y jabones. Estos pueden alojarse en el filtro de combustible del vehículo y pueden dar lugar a daños en el sistema de inyección de combustible del vehículo. Los altos niveles de glicerina libre también pueden causar coquización en el inyector. Por estas razones la glicerina libre se limita en las especificaciones. (Stolten [Ed] & Scherer [Ed], 2013, p. 528).

El método glicerina total se utiliza para determinar el nivel de glicerina en el combustible e incluye la glicerina libre y la porción de glicerina de cualquier aceite o grasa sin reaccionar o parcialmente reaccionado. Bajos niveles de glicerina totales aseguran una alta conversión del aceite o grasa en sus ésteres monoalquílicos se ha producido. Los altos niveles de mono-, di-, y triglicéridos pueden causar depósitos en los inyectores y pueden afectar negativamente a la operación en clima frío y el taponamiento del filtro. (Kole, et al., 2012, p. 174).

La glicerina libre es medida de acuerdo con la norma ASTM D6584-07 y se limita a 0.02% m/m, por la norma ASTM D6751-12 (ASTM D6751-12, 2012, p. 4).

El resumen de los datos de norma ASTM D6584-07 se presenta en la Tabla 2.24. y los equipos candidatos para ésta norma se muestran en la Tabla 2.25.

Tabla 2.24. Algunas características que la norma **ASTM D6584-07**, glicerina libre y total en la B-100 Biodiésel

Norma:	Description	Descripción
ASTM D6584-07 ^a (Método de prueba equivalente: IP 177, ISO 6619, and JIS K2501) ^b	Standard Test Method for Determination of Total Monoglycerides, Total Diglycerides, Total Triglycerides, and Free and Total Glycerin in B-100 Biodiésel Methyl Esters by Gas Chromatography	Método de prueba estándar para la determinación del total monoglicéridos, diglicéridos totales, triglicéridos totales, y glicerina libre y total en la B-100 Biodiésel ésteres metílicos por cromatografía de gases
Introducción y Objetivo	Reactivos	Equipamiento Auxiliar
Alcance Este método de ensayo cubre la determinación cuantitativa de glicerina libre y total en B-100 ésteres metílicos por cromatografía de gases. El rango de detección para glicerina libre es 0.005 a 0.05% en masa y glicerina total de 0.05 a 0.5% en masa. Este procedimiento no es aplicable a los ésteres metílicos de aceites vegetales obtenidos a partir de aceites láucos, tales como aceite de coco y aceite de almendra de palma.	<ul style="list-style-type: none"> • Pureza de los reactivos - Productos químicos de grado reactivo se utilizarán en todas las pruebas. A menos que se indique lo contrario, se pretende que todos los reactivos deben cumplir con las especificaciones de la comisión sobre Reactivos Analíticos de la American Chemical Society, cuando dichas especificaciones están disponibles. • n-heptano, grado reactivo • N-metil-N-trimetilsililtrifluoroacetamida (N-Methyl-N-trimethylsilyl trifluoroacetamide MSTFA), grado reactivo. • piridina, grado reactivo. • Tanques de hidrógeno o helio de alta pureza. • Jeringas microlíticas 100 l y 250 l de capacidad • Frascos Tornillo Casquillo, con politetrafluoroetileno (PTFE) con cara de septos, capacidad de 10 ml. 	<ul style="list-style-type: none"> • Columna, columna tubular abierta con una phenylpolydimethylsiloxane al 5%. • Sistema Electrónico de Adquisición de Datos Se recomienda que el Integrador o Computador, sea capaz de proporcionar gráfico en tiempo real la presentación digital de los datos cromatográfico para su uso. Las áreas pico y tiempos de retención se medirán por ordenador o integración electrónica. Este dispositivo debe ser capaz de realizar las calibraciones de tipo estándar internos multivitel y ser capaz de calcular el coeficiente de correlación (r2) y cálculos estándar interno para cada conjunto de datos.
		Resumen de la prueba Importancia y Uso
		<p>Resumen del método de ensayo La muestra se analizó por cromatografía de gases, después de silyating con N-metil-N-trimethylsilyl trifluoroacetamide (MSTFA). La calibración se consigue mediante el uso de dos estándares internos y cuatro materiales de referencia. Mono-, di-, y triglicéridos se determinan comparando a monooleína, dioleína y trioleína normas respectivamente. Factores de conversión medio se aplican a los mono-, di-, y triglicéridos para calcular el contenido de glicerina unido de la muestra.</p> <p>Importancia y uso Libre y en condiciones de servidumbre contenido de glicerina refleja la calidad del Biodiésel. Un alto contenido de glicerina libre puede causar problemas durante el almacenamiento, o en el sistema de combustible, debido a la separación de la glicerina. Un alto contenido total de glicerina puede dar lugar a la incrustación del inyector y también puede contribuir a la formación de depósitos en las toberas de inyección, pistones y válvulas.</p>
		Equipo principal
		<ul style="list-style-type: none"> • Sistema cromatográfico - Véase la norma ASTM E 355 para las designaciones y definiciones específicas. • Cromatógrafo de Gases (Gas Chromatograph, GC).

Tabla de elaboración propia. Fuentes: a) (ASTM D6584-07, 2007), b) (Nadkarni, 2007, p. 119).

Tabla 2.25. Equipos disponibles en el mercado para la prueba estándar **ASTM D6584-07**, glicerina libre y total en la B-100 Biodiésel

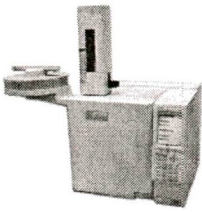
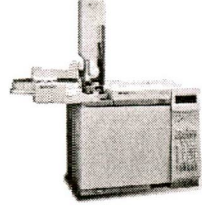
Información de equipo candidato	Información de equipo candidato
 <p>Ilustración 2.26.^a Cromatógrafo de gases, Shimadzu, modelo: GC-2010^b</p> <p>El GC-2010 de Shimadzu le ofrece ahora el futuro de la cromatografía de gases. Está especialmente diseñado para el análisis de GC rápida, que ofrece una alta productividad a través de un análisis eficiente por un control de flujo avanzado (AFC) de la tercera generación de alta presión (970 kPa) y altas relaciones de partidos en concepto de norma, por los detectores de alta sensibilidad con tiempo de muestreo rápido y el horno alto poder y la capacidad de refrigeración de alta velocidad. Por lo tanto, puede duplicar o incluso triplicar la productividad de los instrumentos convencionales.</p> <p>Esta Shimadzu GC-2010 para el Análisis de Biodiésel ASTM D6584 viene totalmente reformado y probado en GenTech Científico.</p>	 <p>Ilustración 2.27.^c Cromatógrafo de gases, Agilent Technologies, modelo: Agilent 6890^d</p> <p>El sistema de cromatógrafo de gas de la serie HP 6890 ofrece altos niveles de rendimiento. El HP 6890 características GC serie de control electrónico de la neumática de todas las presiones y flujos de gas. A bordo de los sensores de forma automática compensar los cambios de temperatura ambiente y diferencias de presión barométrica para lograr rutinariamente resultados más exactos y reproducibles. Al proporcionar resultados estables, EPC reduce la frecuencia de recalibración y mejora la productividad del laboratorio.</p> <p>El sistema puede incluir:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Automuestreador • Ordenador con ChemStation • HP 6890, un solo inyector de un solo detector • HP 6890, doble inyector detector dual, split / split

Tabla de elaboración propia: Fuentes: a) (GenTech Científico, 2014, pp. GC-2010), b) (GenTech Científico, 2014, pp. Mod. GC-2010) c) (Scientific Equipment Source, 2014, p. 6890), d) (Scientific Equipment Source, 2014, p. Mod. 6890)

2.14.14. Contenido de Fósforo. La ASTM D4951-06 es aplicable para la determinación de B, Cu, S, P, Ca, Mg y Zn en aceites lubricantes y aditivos. Las concentraciones más altas o más bajas pueden ser determinados mediante el uso de la dilución adicional y apropiada (Totten, 2006, pp. 30-2).

El P, un elemento natural en todas las plantas que también se encuentran en los aceites vegetales, puede afectar a los tipos de conversión en los convertidores catalíticos de los motores diésel que se utilizan para controlar las emisiones. De acuerdo con ello, el nivel de P debe mantenerse baja. Los convertidores catalíticos son cada vez más utilizados a nivel mundial en equipos con motores diésel como las normas de emisiones están ajustando. (Rand [Ed], 2003, p. 57).

El biodiésel producido a partir de fuentes de Estados Unidos se ha demostrado que tienen un bajo contenido de P (por debajo de 1 ppm) y el valor de especificación de 10 ppm máximo no es problemático. El biodiésel a partir de otras fuentes puede o no contener niveles más altos de P y se añadió esta especificación para asegurar que todo el biodiésel, independientemente de la fuente, cuente con un bajo contenido de P (Sarin, 2012, p. 37).

Una muestra se pesa y después se diluyó con xilenos mixtos u otro disolvente adecuado en una base de peso por peso. Los estándares se prepararon de la misma manera. Un estándar interno debe ser añadido a las soluciones para probar las variaciones en la muestra de solución de implantación. Las soluciones se introducen mediante el uso de una bomba peristáltica o aspiración libre de un por plasma de acoplado inductivo (ICP) y las determinaciones elementales se hacen mediante la comparación de las intensidades de emisión atómica estándar y de muestra en longitudes de onda asociadas con los elementos deseados.

El fósforo puede dañar los catalizadores utilizados en los sistemas de control de emisiones y por eso su nivel debe mantenerse bajo. El P en FAME se deriva de fosfolípidos (materiales animales y vegetales) y sales inorgánicas (aceite de freír usado) contenidos en la materia prima. (Kole, et al., 2012, p. 175). Los convertidores catalíticos son cada vez más común en los equipos de motor diésel, como las normas de emisiones se hacen más severas, los niveles tan bajos de P serán cada vez más importantes. El biodiésel producido a partir de fuentes de Estados Unidos se ha demostrado que tienen un bajo contenido de P (por debajo de 1 ppm) y el valor de especificación de 10 ppm máximo no es problemático (ASTM D6751-12, 2012, p. 6). El biodiésel a partir de otras fuentes puede o no puede contener niveles más altos de P por lo que se añadió esta especificación para asegurar que todo el biodiésel, independientemente de la fuente, tiene un bajo contenido de fósforo (Sarin, 2012, p. 17).

El P es medido de acuerdo con la norma ASTM D4951-06, se le delimita a 0.001 m/m %, según la norma ASTM D6751-12 (ASTM D6751-12, 2012, p. 4).

El resumen de los datos de norma ASTM D4951-06 se presenta en la Tabla 2.26. Los equipos candidatos para ésta norma se muestran en el pie de nota de la Tabla 2.26., debido a que los equipos requeridos están incluidos en otra tabla y secciones del presente trabajo como se constata en dicho pie de página.

Tabla 2.26. Algunas características que la norma ASTM D4951-06, prueba estándar para la determinación del Aditivo Elementos en aceites lubricantes

Norma:	Description	Descripción	
ASTM D4951-06	Standard Test Method for Determination of Additive Elements in Lubricating Oils by Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry	Método de prueba estándar para la determinación del Aditivo Elementos en aceites lubricantes por plasma acoplado inductivamente espectrometría de emisión atómica	
Introducción y Objetivo	Reactivos	Equipamiento Auxiliar	Resumen de la prueba Importancia y Uso
<p>Alcance</p> <p>Este método de ensayo es aplicable para la determinación de boro, cobre, azufre, fósforo, calcio, magnesio y cinc en aceites lubricantes y aditivos. Las declaraciones de precisión son válidas para las diluciones en el que la muestra en% en masa de disolvente se mantiene constante en el intervalo de aceite de 1 a 5% en masa.</p> <p>Las concentraciones más altas o más bajas pueden ser determinados mediante el uso de la dilución adicional y apropiada. Una muestra es pesada y después se diluye con xilenos mixtos u otro disolvente adecuado en una base de peso por peso. Los estándares se prepararon de la misma manera. Un estándar interno debe ser añadido a las soluciones para probar las variaciones en la muestra de solución de introducción.</p> <p>Las soluciones se introducen mediante el uso de una bomba peristáltica o aspiración libre a un acoplamiento inductivo plasma de (inductively coupled Plasma, ICP) y determinaciones elementales se realizan mediante la comparación de las intensidades de emisión atómica estándar y de muestra a longitudes de onda asociadas con los elementos deseados.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Norma Interna, (Obligatorio). Se requerirá un estándar interno soluble en aceite. Los siguientes estándares internos fueron utilizados con éxito en el estudio entre laboratorios en la precisión: Ag, Be, Cd, Co (más común), La, Mn, Pb, Y. Normas organometálicas. Normas de elementos múltiples, que contiene concentraciones conocidas (aproximadamente 0.1% en masa) de cada elemento, se pueden preparar a partir de los concentrados de metal individuales. Consulte la norma ASTM D 4307 para un procedimiento para la preparación de mezclas líquidas multicomponentes. 	<ul style="list-style-type: none"> Balanza analítica, capaz de pesar hasta 0.001 g ó 0.0001 g, capacidad de 150 g. ^a Dispensador de solvente (opcional) ^b Contenedores de soluciones muestra Agitador de muestras. ^c <p>Equipo principal</p> <ul style="list-style-type: none"> Espectrómetro de Emisión Atómica por Plasma Acoplado Inductivamente (ICP). ^d <p>Cualquiera de un espectrómetro secuencial o simultáneo es adecuado, si está equipado con una antorcha de ICP de cuarzo y el generador de rf para formar y mantener el plasma.</p>	<p>Resumen del método de ensayo</p> <p>Una porción de la muestra se pesa y se diluye en masa con xilenos mixtos u otro disolvente. Un estándar interno, que es requerido, o bien se pesan por separado en la solución de ensayo o se combina previamente con el disolvente de dilución. Los estándares de calibración se preparan de manera similar. Las soluciones se introducen en el instrumento de ICP por aspiración libre o una bomba peristáltica opcional. Mediante la comparación de intensidades de emisión de los elementos en la muestra de ensayo con intensidades de emisión medidos con los estándares de calibración y mediante la aplicación de la corrección del patrón interno adecuado, las concentraciones de elementos en la muestra son calculadas.</p> <p>Importancia y uso</p> <p>Este método de ensayo generalmente requiere de varios minutos por muestra. Este método de ensayo cubre ocho elementos y por lo tanto proporciona datos de composición más elemental que la norma ASTM D 4628 o ASTM D 4927. Además, Este método de ensayo proporciona resultados más precisos que el Método de Ensayo D 5185, que se destina para aceites lubricantes usados y aceites de base. Aditivos envasados son mezclas de aditivos individuales, que pueden actuar como detergentes, antioxidantes, agentes anti desgaste, etc. Muchos aditivos contienen uno o más elementos cubiertos por este método de ensayo. Aditivos especificaciones de paquete se basan, en parte, de la composición elemental. Los aceites lubricantes son típicamente mezclas de paquetes de aditivos y sus especificaciones también se determinan, en parte por la composición elemental. Este método de ensayo se puede utilizar para determinar si los paquetes de aditivos y aceites lubricantes no utilizados cumplen con las especificaciones con respecto a la composición elemental.</p>

Tabla de elaboración propia Fuente: (ASTM D4951-06, 2006). Notas: **a)** Balanza analítica, Equipo incluido en la sección 4.2.3 Equipos y aditamentos, p. 83, **b)** Dispensador de solvente, Equipo incluido en la sección 4.2.3 Equipos y aditamentos, p. 83, **c)** Agitador magnético con calefacción, equipo incluido, ver Ilustración 4-117, p. 83. **d)** Equipo incluido en la Tabla 3-3 Norma EN 14538:2006 Productos derivados de grasas y aceites. Ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME). Determinación del contenido de Ca, K, Mg y Na por análisis espectral de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (ICP OES), pag. 41.

2.14.15. Destilación a presión reducida. Este método de ensayo se utiliza para la determinación de las características de destilación de los productos de petróleo y fracciones que pueden descomponerse si se destila a presión atmosférica. Tanto en forma manual y un método automático están incluidos. El método de referencia es el método manual en mutuo acuerdo. Muchas correlaciones de diseño de ingeniería se han desarrollado en los datos por este método de ensayo. Estos métodos correlativos se han utilizado ampliamente en la práctica de ingeniería actual (Rand [Ed], 2003, p. 57).

El biodiésel exhibe algo más cercano a un punto de ebullición más que una curva de destilación. Las cadenas de ácidos grasos en los aceites y grasas en bruto a partir del cual se produce el biodiésel se componen principalmente de hidrocarburos de cadena lineal con 16 a 18 átomos de carbono que tienen temperaturas de ebullición similares (DOE, DOE/GO-102006-2358, 2006, p. 14). El punto de ebullición atmosférico de biodiésel generalmente oscila desde 330 hasta 357 °C, por lo tanto el valor de especificación de 360 °C no es problemático. (Azam, et al., 2005, p. 299). Sin embargo, el método utilizado es difícil, costoso y tiene dudosa precisión (Kole, et al., 2012, p. 175)³. Esta especificación fue incorporada como una precaución adicional para asegurar que el combustible no ha sido adulterado con contaminantes de alto punto de ebullición (ARPEL IICA, 2009, p. 11).

“Cada combustible tiene su propia curva de destilación única. Algunos comparan esto a una huella dactilar. Esta curva indica al químico que componentes están en el combustible, sus pesos moleculares mediante la identificación de sus puntos de ebullición y sus cantidades relativas. La temperatura a la que un volumen específico hierve se utiliza para establecer esta curva (0, 10, 50, 90 y 100%). La gama de puntos de ebullición para el biodiésel es mucho más estrecha que el diésel de petróleo. Por ejemplo, el punto de ebullición inicial de combustible diésel de petróleo es de 159 °C y el punto final de ebullición es 336 °C El punto de ebullición inicial de biodiésel es 293 °C y el punto final de ebullición es 356 °C. Por lo tanto, el intervalo de destilación del diésel es de 177 ° frente a 63 °C para el combustible biodiésel”. (Elsevier Inc, 2009, p. 485)

La destilación a presión reducida es medida de acuerdo con la norma ASTM D1160-06 y limita a 360 °C como máximo (ASTM D6751-12, 2012, p. 4).

El resumen de los datos de norma ASTM D1160-06 se presenta en la Tabla 2.27. y el equipo candidato para ésta norma se muestran en la Tabla 2.28.

³ El Subcomité D02.04.0H de la ASTM está desarrollando una metodología para obtener la distribución de punto de ebullición del biodiésel y mezclas. Estas mezclas son difíciles de caracterizar por destilación en vidrio (es decir D1160 ASTM), debido a la formación de espuma (B5-B20, etc.) dando mala precisión. El método propuesto a utilizar es la cromatografía de gases para obtener el intervalo de ebullición. Se requiere la distribución Punto de ebullición especificación para biodiesel en la Norma ASTM D6751 como ya es sabido. Dado que los métodos distribuciones de punto de ebullición de cromatografía de gas se ha demostrado en los últimos años han sido métodos fiables para la obtención de la distribución del punto de ebullición, la técnica se aplica a biodiesel. El subcomité E ha solicitado que la fuerza de trabajo D02-04-H a emprender el desarrollo de un método para obtener el punto de ebullición caracterización de biodiesel con una mejor precisión que el uso de la destilación al vacío de vidrio. Se utiliza como un método para la determinación de intervalo de punto de ebullición como es requerido por D6751, es decir, para controlar la calidad del biodiesel. Fuente: (Luque [Ed] & Melero [Ed], 2012, p. 112)

Tabla 2.27. Algunas características que la norma ASTM D1160-06, prueba estándar para la destilación de productos derivados del petróleo a presión reducida

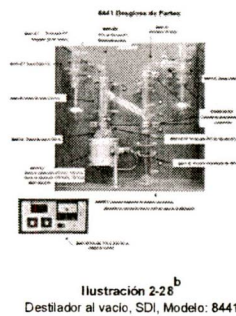
Norma:	Description	Descripción
ASTM D1160-06 ^a (Método de prueba equivalente: ISO 6616) ^b	Standard Test Method for Distillation of Petroleum Products at Reduced Pressure	Método de prueba estándar para la destilación de productos derivados del petróleo a presión reducida
Introducción y Objetivo	Reactivos	Equipamiento Auxiliar
<p>Alcance. Este método de ensayo cubre la determinación, a presiones reducidas, de la gama de puntos de ebullición de los productos derivados del petróleo que se puede vaporizar parcialmente o completamente a una temperatura máxima del líquido de 400 °C. Se especifican tanto un método manual y un método automático.</p> <p>En caso de discrepancia, el método de referencia prueba es el método de prueba manual sobre un acuerdo mutuo de la presión.</p>	<ul style="list-style-type: none"> n-Tetradecano - Reactivo de grado conforme a las especificaciones del Comité de Reactivos Analíticos de la Sociedad Americana de Química. Cetano combustible de referencia (n-hexadecano), acorde con lo dispuesto en la norma ASTM D 613 Grasa de silicona - grasa de silicona de alto vacío fabricado especialmente para el uso en aplicaciones de alto vacío. Acetate de silicona, certificado por el fabricante para ser aplicable para un uso prolongado a temperaturas superiores a 350 °C. Tolueno, grado técnico. Ciclohexano, grado técnico 	<ul style="list-style-type: none"> Frasco de destilación, de la capacidad de 500 ml, hecho de vidrio de borosilicato o de cuarzo se ajuste a las dimensiones indicadas en la fig. 2 y que tiene una manta de calentamiento con la tapa aislante. Montaje de Columna de Camisa de vacío Termorresistencia de platino Sensor (PRT) Receptor de vidrio de borosilicato Calibrador vacío Fuente vacío, compuestos de 1 o más bombas.
	<p>Resumen de la prueba Importancia y Uso</p> <p>Resumen del Método de prueba La muestra se destila en una presión controlada con precisión entre 0.13 y 6.7 kPa (1 y 50 mm Hg) en las condiciones que se han diseñado para proporcionar aproximadamente uno de fraccionamiento teórico. Los datos se obtienen a partir del punto de ebullición inicial, el último punto de ebullición y una curva de destilación relativa al porcentaje de volumen destilado y la atmósfera equivalente punto de ebullición temperatura puede ser preparada.</p> <p>Importancia y uso Este método de ensayo se utiliza para la determinación de las características de destilación de los productos de petróleo y fracciones que pueden descomponerse si se destila a presión atmosférica. Este intervalo de ebullición, que se obtiene en condiciones diseñadas para obtener aproximadamente un fraccionamiento teórico, se puede utilizar en los cálculos de ingeniería para diseñar equipos de destilación, para preparar mezclas apropiadas para uso industrial, para determinar el cumplimiento de las normas reglamentarias, para determinar la idoneidad del producto como alimento a un proceso de refinado, o para una serie de otros efectos.</p> <p>El rango de ebullición está directamente relacionado con la viscosidad, presión de vapor, el valor de calentamiento, el peso molecular medio y muchos otras propiedades químicas, físicas y mecánicas. Cualquiera de estas propiedades puede ser el factor determinante de la idoneidad del producto en su aplicación prevista. Las especificaciones del producto del petróleo a menudo incluyen límites de destilación en base a los datos por este método de ensayo.</p> <p>Muchas correlaciones de diseño de ingeniería se han desarrollado en los datos por este método de ensayo. Estos métodos correlativos se utilizan ampliamente en la práctica de ingeniería actual.</p>	
		Equipo principal
		<ul style="list-style-type: none"> Montaje para destilación de productos derivados del petróleo a presión reducida

Tabla de elaboración propia. Fuentes: a) (D1160-06, 2006), b) (Nadkarni, 2007, p. 103)

Tabla 2.28. Desglose de partes del equipo SGI Model 8441 Vacuum Distillation Apparatus^a

Ensamblajes completos		Partes de reemplazo	
No. Parte	Descripción	No. Parte	Descripción
8441-G	Ensamble completo 110V, Versión ASTM 2006	8441-A	Columna encamisada al vacío
8441G-230	Ensamble completo 230V, Versión ASTM 1987	8441-B	Receptor encamisado
8441-06	Ensamble completo, Adaptador al vacío, Versión ASTM 2006, con adaptador para el termocople PTR y entrada adicional	8441-C	Entrada para Dewar tipo frío (la versión 95-06, requiere de 2)
8441-G-230-06	Ensamble completo 230V, Versión ASTM 2006, termocople PTR, entrada extra y adaptador	8441-D	Adaptador de vacío
8441-F	Aparato de destilación cristalería única versión 1987.	8441-E	Frasco de cuarzo de 500 ml
8441-F-06	Aparato de destilación cristalería única versión ASTM 2006, con entrada extra y adaptador	8441-E1	Boquilla para termopar de Kovar
8441-F-DTH1	Centro de control a 110 V, termocople tipo J, Versión ASTM 1987	8441-E2	Manta de calefacción de 470 Watts, 120 VCA
8441-F-DTH1-230	Centro de control a 230 V, termocople tipo J, Versión ASTM 1987	8441-E2-220	Manta de calefacción de 470 Watts, 230 VCA
8441-DTH1-06	Centro de control a 110 V, termocople tipo PRT, Versión ASTM 1995-2006	8441-E2-T115	Manta de calefacción de hasta 140 Watts, 120 VCA
8441-DTH1-06-230	Centro de control a 230 V, termocople tipo PRT, Versión ASTM 1995-2006	8441-E2-T220	Manta de calefacción de hasta 140 Watts, 230 VCA
		8441-E3	Carcasa totalmente de aluminio con montaje, abrazaderas, correas de resorte, pero sin manta de la calefacción. Adaptador de vacío para termopar Shepherds Crook tipo J. (87 Versión solamente)
		8441-E5	Adaptador para termocople PRT (Versión 95-06)
		8441-E6	Shepherds Crook tipo J
		8441-E7	Adaptador para termocople PRT (Versión 95-06)
		8441-D7-1	Silicona inserto con tapa para el adaptador de arriba
		8441-E8	Termocople superior PRT de 250 mm (9")
		8441-E10	Termocople PRT (frasco) de 152 mm (6")
		8441-H	Set de remplazo de O-ring, 12 pz.

Tabla de elaboración propia. Fuente: (Scientific Glass & Instruments, 2014, pp. 1-3), para tabla e ilustración



2.14.16. Estabilidad de Oxidación. La estabilidad a la oxidación, está afectada por la estructura del compuesto. Los ésteres grasos saturados son estables a la oxidación. El aumento de insaturación, es decir la existencia de dobles enlaces carbono-carbono, conduce a la disminución de la estabilidad oxidativa. Las velocidades de reacción relativas de la oxidación asignada al oleato de metilo son de una tasa relativa de 1 a 41 y para el linoleato de metilo 98. Así, el C18: 2 y C18: 3 ésteres muy inestables por la oxidación. La prueba denominada *Rancimat* se prescribe en los estándares de biodiésel para evaluar la estabilidad oxidativa. (Kole, et al., 2012, p. 176).

Los productos de la oxidación en el biodiésel pueden adoptar la forma de varios ácidos o polímeros, que, en una concentración suficientemente alta, puede causar depósitos en el sistema de combustible y provocar la obstrucción del filtro y mal funcionamiento del sistema de combustible. (Babu & Subramanian, 2013, p. 129).

Algunos biocombustible a partir de fuentes vegetales pueden contener antioxidantes que pueden aumentar la estabilidad oxidativa del combustible. La estabilidad oxidativa de biodiésel es importante durante el almacenamiento prolongado. La presencia de aire, las temperaturas elevadas y la traza de algunos metales se han reportado para ayudar al proceso de oxidación. El grado de insaturación de los ésteres grasos tiene grandes efectos sobre la autooxidación de las FAME. Los ácidos linoleico y linolénico y sus ésteres son generalmente más susceptibles a la autooxidación. El aceite de salvado de arroz, como aceite de soja y aceite de colza, contiene grandes cantidades de ácidos oleicos y linoleico. Esta parece ser una desventaja ya que el proceso de oxidación se traducirá en el deterioro de biocombustible. Sin embargo, se ha demostrado recientemente que los ésteres metílicos de aceite de palma crudo que contenía aproximadamente 644 ppm de vitamina E (una mezcla de herramientas) y 711 ppm β -caroteno mostraron mejor estabilidad oxidativa que destila ésteres metílicos de aceite de palma, que apenas contenían tales antioxidantes. Se demostró que aproximadamente el 0.1% α -tocoferol en biodiésel fue suficiente para cumplir con la especificación requerida de la EN 14214 en cuanto a la estabilidad oxidativa. Tenga en cuenta que aceite de salvado de arroz contiene aproximadamente 0.2% de estos antioxidantes naturales potentes. Con un diseño adecuado proceso, destilada biodiésel aceite de salvado de arroz puede tener la estabilidad necesaria o incluso mejor oxidativo Si se retienen cantidades suficientes de estos antioxidantes (Pandey, et al., 2014, p. 252).

Información adicional sobre el almacenamiento a largo plazo (Groysman, 2014, p. 54). Se recomienda que EN 15751 se utilice para la medición de la estabilidad a la oxidación de biodiésel, debido EN 14112:2003 podrá ser retirada en el futuro como una opción para las pruebas de biodiésel y mezclas de biodiésel.

La norma EN 14112:2003 indica como mínimo en 3 horas el límite.

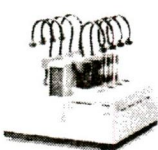
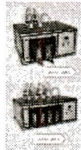
El resumen de los datos de norma ASTM BS EN 14112:2003 se presenta en la Tabla 2.29, y los equipos candidatos para ésta norma se muestran en la Tabla 2.30.

Tabla 2.29. Algunas características que la norma **BS EN 14112:2003^a**, Determinación de la estabilidad frente a la oxidación (Ensayo de oxidación acelerada)

Norma:	Description	Descripción
BS EN 14112:2003	Fat and oil derivatives. Fatty Acid Methyl Esters (FAME). Determination of oxidation stability (accelerated oxidation test)	Derivados de aceites y grasas. Ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME). Determinación de la estabilidad frente a la oxidación (Ensayo de oxidación acelerada).
Introducción y Objetivo	Reactivos	Equipamiento Auxiliar
<p>Introducción</p> <p>Esta norma europea se basa en la norma ISO 6886 [1] que fue adaptada especialmente para la determinación de la estabilidad a la oxidación de los ésteres metílicos de ácidos grasos (<i>fatty acid methyl esters</i>, FAME).</p> <p>Ámbito de aplicación.</p> <p>Esta norma europea especifica un método para la determinación de la estabilidad a la oxidación de los ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME) a 110 ° C.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Utilice únicamente reactivos de grado analítico y agua destilada o desmineralizada • El tamiz molecular, con indicador de humedad, tamaño de poro de 0.3 mm. El tamiz molecular se debe secar en un horno a 150 ° C y se enfríase a temperatura ambiente en un desecador. • Acetona • Solución alcalina para limpieza de vidrio de laboratorio. • +Glicerol 	<ul style="list-style-type: none"> • Filtro de aire • Bomba de diafragma de gas. • Los recipientes de reacción de vidrio de borosilicato, conectados a un capuchón de cierre • Cédulas de medición cerradas. • Electrodos • Aparatos de medición y registro. • Tiristor y termómetro de contacto graduado en 0.1 ° C con elemento Pt100 para medir la temperatura del bloque • Bloque de calefacción, de fundición de aluminio, regulable a una temperatura de hasta (150 ± 0.1) ° C. • Hay más elementos, ver en la norma.
		Resumen de la prueba Importancia y Uso
		<p>Principio</p> <p>Una corriente de aire purificado pasa a través de la muestra que ha sido llevada a una temperatura especificada. Los vapores liberados durante el proceso de oxidación, junto con el aire, se pasan a un matraz que contiene agua que ha sido desmineralizada o destilada y contiene un electrodo para medir la conductividad. El electrodo está conectado a un dispositivo de medición y registro. Se indica el final del periodo de inducción cuando la conductividad empieza a aumentar rápidamente. Este aumento acelerado es causado por la disociación de los ácidos carboxílicos volátiles producidos durante el proceso de oxidación y se absorbe en el agua.</p>
		Equipo principal
		<p>Un aparato para determinar la estabilidad a la oxidación se puede obtener comercialmente bajo el nombre comercial de Rancimat, modelo 743, de Methrom AG, Hensau, Suiza</p>

Tabla de elaboración propia. Fuente: a) (BRITISH STANDARD BS EN 14112:2003 , 2014), Nota - La norma europea EN 14112:2003 tiene el status de una norma británica BS EN 14112:2003.

Tabla 2.30. Equipos disponibles en el mercado para la prueba estándar **BS EN 14112:2003**, Determinación de la estabilidad frente a la oxidación (Ensayo de oxidación acelerada)

Información de equipo candidato	Información de equipo candidato
 <p>Ilustración 2.29. a</p> <p>Dispositivo de medición de estabilidad a la oxidación para el Biodiésel, Metrohm, modelo: Rancimat 873^b</p>	 <p>Ilustración 2.30. c</p> <p>Dispositivos de medición de la oxidación a la estabilidad, LEWLER, modelos: 321-2 y 321-4^d</p>

La determinación de la estabilidad a la oxidación de acuerdo con la norma EN 14112 es una prueba de oxidación acelerada. La muestra se mantiene en un tubo de reacción sellado a una temperatura constante de 110 ° C, mientras que un flujo continuo de aire pasa a través de la muestra. Los ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME) en la muestra se oxidan a los peróxidos como los productos de oxidación primarios. Después de algún tiempo, los ácidos grasos se descomponen completamente, la formación de los productos secundarios de oxidación. Además de los compuestos orgánicos volátiles, éstos son ácidos orgánicos, principalmente low molecular fórmico y ácido acético. Un flujo de aire que transporta a un recipiente de medida que contiene agua destilada como solución de absorción. Su conductividad se registro de forma continua, tan pronto como ácidos carboxílicos volátiles se forman en la muestra, esto se indica por un aumento en la conductividad. El tiempo que transcurre hasta que se detectan los productos de oxidación secundarios se conoce como el tiempo de inducción y es una medida de la estabilidad a la oxidación de la muestra. La configuración de la medición: El 873 Biodiesel Rancimat tiene dos bloques de calentamiento independientes que permiten un total de ocho muestras a analizar de forma simultánea. Cada posición de medición se puede iniciar de forma individual. Tan pronto como la medición se ha completado, la posición de medición es inmediatamente listo para una nueva muestra, lo que significa que el instrumento puede ser utilizado a su máxima capacidad --

Beneficios

- Están disponibles múltiples modelos para todos los bolsillos
- Cumple con la norma EN-14112 método de ensayo para el Biodiésel B100
- Medidas de estabilidad de oxidación de FAME (ésteres metílicos de ácidos grasos)
- Cumple con las especificaciones ASTM D6751
- La operación automatizada
- Software de Adquisición de Datos de Windows PC
- Temperatura de funcionamiento de 40 ° a 150 ° C
- Estabilidad de la temperatura de ± 0.1 ° C

Tabla de elaboración propia. Fuentes: a) (Petro Industry News, 2014, p. Rancimat 873). b) (Petro Industry News, 2014, p. Mod. Rancimat 873) c) (Lawler Manufacturing Corporation, 2014, pp. 321-2 y 321-4), d) (Dispositivos de medición de la oxidación a la estabilidad, LEWLER, modelos: 321-2 y 321-4, 2014, pp. Mod. 321-2 y 321-4)

Resultados: Propuesta del Laboratorio de Aplicaciones Bioenergéticas

Capítulo 3

3.1. Introducción

El acondicionamiento o construcción del local para el LAB de la maestría en FREyEE debe estar orientado a satisfacer las necesidades generales del área de estudio y las específicas de las técnicas de la caracterización para el biodiésel basados en la normatividad ASTM, en particular en éste caso, aunque en su momento deberá crecer para el estudio del bioalcohol, biogás, biohidrógeno y biomasa en general con la finalidad de alcanzar objetivos indicados al inicio del presente estudio.

Contar con un laboratorio significa tener el mayor control posible, de los experimentos que confirman, extienden o rechazan las teorías científicas, de ésta manera el experimento podrá ser reproducido en cualquier otro lugar y deberá entregar los mismos o muy cercanos resultado que el original, para poder ser así considerado como fiable. Si entendemos al experimento como un procedimiento mediante el cual se trata de comprobar una o varias hipótesis relacionadas con un determinado fenómeno, mediante la manipulación y el estudio de las correlaciones de la o las variables que presumiblemente son su causa, entonces el experimentador deberá indicar con todo detalle los reactivos, concentraciones, equipos, tiempos, etc. bajo el cual son efectuados los ensayos, para que cualquier pueda seguir los pasos indicados y verificar por sí mismo las consecuencias expuestas, reafirmando o rechazándolos, de ésta manera el experimento es el núcleo de la investigación científica y es fundamental para ofrecer explicaciones causales. El laboratorio y su equipamiento es la plataforma, donde el investigador realiza los experimentos y de ninguna manera sustituye la inteligencia y buen juicio del ser humano, pero que sin éstos difícilmente se avanzaría ya que los sentidos del experimentador no pueden rivalizar con la precisión y exactitud del equipamiento del laboratorio y ni mencionar la expansión del conocimiento o como indicar a otra persona las características que deben de cumplir los reactivos o productos para indicar que es correcto el experimento o simplemente que la correlación que se busca existe o no.


Para el personal académico, mantenerse en la punta del Estado del Arte, implica actualizarse y contar con un laboratorio debidamente equipado, así su alumnado podrá estar en contacto de primera mano con el campo de su interés. Contar con el capital humano entrenado le permite a México hacer investigación y es una manera de realizar una verdadera independencia, sí así se quiere ver. Se considera que un país es independiente en la medida de que se autoabastece en alimentos, es libre de fijar su paridad en la moneda, se permite manejar sus fuerzas armadas sin mayor restricción de los convenios internacionales y puede por sí mismo desarrollar la ciencia, ingeniería y tecnología que necesita. Lo anterior aunque podría debatirse, lo cierto es que México está muy lejos de cumplirlo. Avancemos un paso a la vez y creemos la tecnología necesaria a través de la ingeniería y ciencias que requerimos.

3.2. Cristalería y equipamiento básico

En éste apartado se toma en cuenta que la UACM limita a 30 estudiantes por grupo por materia y aun cuando lo ideal sería asignar el material, reactivos, materiales, instalaciones, auxiliar académico, etc. para cada estudiante, en la práctica no es posible por lo que tomará en cuenta que cada equipo de trabajo de estudiantes en laboratorio será conformado por 3 elementos y que los instrumentos más costosos por el momento se limita a 1 por todo el laboratorio para fines de éste trabajo, además que pueden existir en proceso alguno experimentos de larga duración por parte de los académicos y en base a las secciones del Capítulo 2 “Identificación de los instrumentales básicos necesarios para las técnicas de caracterización del biodiésel” e “Identificación y caracterización del biodiésel”, del presente trabajo se presenta la cristalería y equipamiento básico seleccionado, que no se considera exhaustivo sino elemental ya que cada experimento exige su propio *apparatus* para su desarrollo.

3.2.1. Material de laboratorio, Utensilios de sostén o soporte. Se listan a continuación los utensilios de sostén o soporte; se tiene la descripción, magnitud(es), cantidad e ilustración del utensilio en cuestión. De igual manera se hará para Cristalería y los Equipos y aditamentos, conforme aparecen en sus apartados respectivos, con el fin de evitar la glosa haga innecesario hacer crecer en páginas el presente escrito.

Soporte universal Bunsen

Descripción	Longitud (mm)	Cantidad	Ilustración 3.1.
El soporte universal se utiliza en los laboratorios para la sujeción de los aparatos y dispositivos y accesorios para laboratorio en una variedad de posiciones. El soporte se suministra descompuesto en componentes para el montaje de combinación cualquiera de componentes para el trabajo en el laboratorio.	750	14	


Telas metálicas, con centro de fibra cerámica, sin amianto

Dimensiones (mm)	Ø Cerámica (mm)	Cantidad	Ilustración 3.2.
125x125	80	14	
150x150	100	14	
200x200	145	14	

Triángulo en porcelana y alambre

Descripción	Diámetro porcelana (mm)	Cantidad	Ilustración 3.3.
Fabricado en alambre galvanizado y tubo refractario	50	14	


Gradilla para tubos de ensayo (aluminio anodizado)

Capacidad	Alto (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Cantidad	Ilustración 3.4.
50 tubos (12.0 mm ø)	55	170	95	3	
50 tubos (14.5 mm ø)	55	200	110	3	
50 tubos + (17.0 mm ø)	60	225	120	3	

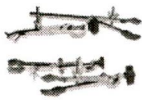
Gradilla para tubos de ensayo (acero inoxidable)

Capacidad	Ø tubo (mm)	Alineación	Cantidad	Ilustración 3.5.
12 tubos	13	3x4	6	
24 tubos	13	3x8	3	
12 tubos	16	2x6	3	
24 tubos	16	3x8	6	
24 tubos	18	3x8	3	
12 tubos	25	2x6	6	


Gradilla para tubos de ensayo multipropósito (propileno)

Capacidad	Allineación	Dimensiones	Cantidad	Ilustración 3.6.
32 tubos (11 mm ø)	4x8	75x95x52	3	
12 tubos(18 mm ø)	2x6	75x95x52	10	
4 tubos (29 mm ø)	1x4	75x95x52	10	

Pinzas para tubos y buretas

Apertura (mm)	Longitud (mm)	Nuez	Cantidad	Ilustración 3.7.
7-25	205	No (brazo de 10x130 mm) Giratoria, hasta 18 mm ø	10	
7-25	150	Fija, hasta 14 mm ø	3	
7-25	100	Fija, hasta 14 mm ø	3	
4-20	100	Fija, hasta 14 mm ø	3	

Pinzas para tubos y buretas

Apertura (mm)	Longitud (mm)	Nuez	Cantidad	Ilustración 3.8.
7-25	205	No (brazo de 10x130 mm) Giratoria, hasta 18 mm ø	10	
7-25	150	Fija, hasta 14 mm ø	3	
7-25	100	Fija, hasta 14 mm ø	3	
4-20	100	Fija, hasta 14 mm ø	3	


Pinzas 3 dedos (de metal cromado con las puntas de los dedos recubiertas de PVC)

Apertura (mm)	Longitud (mm)	Ajuste	Cantidad	Ilustración 3.9.
0-30	175	Simple	10	
0-70	240	Simple azul	6	
0-70	240	Simple roja	6	
0-90	250	Doble	3	

Pinzas 3 dedos, con nuez giratoria para varillas de hasta 18 mm de diámetro)

Apertura (mm)	Longitud (mm)	Ajuste	Cantidad	Ilustración 3.10.
0-30	125	Simple	10	
0-70	165	Simple	6	
0-60	145	Doble	6	
0-90	170	Doble	3	

Pinzas 3 dedos, con nuez giratoria para varillas de hasta 18 mm de diámetro)

Apertura (mm)	Longitud (mm)	Ajuste	Cantidad	Ilustración 3.11.
230	No	8x155	10	
160	Giratoria Rotary	-	6	
250	No	10x130 mm, áng. ajustable 180°	3	
230	No	12x145	3	


Pinzas dobles para buretas, con nuez de fijación para varillas de hasta 13 mm diámetro

Material	Color	Cantidad	Ilustración 3.12.
Aluminio pintado al horno	Blanco	10	
Plástico	blanco	10	


Pinzas Hoffman (para comprimir tubos de látex y así regular el flujo de líquido o gas)

Material	Apertura (mm)	Cantidad	Ilustración 3.13.
Presentan un tornillo compresor y una base con dos posiciones	12	10	
	17	10	
	20	6	
	25	6	
	30	3	
	40	3	

Pinzas Mohr

Material	Longitud (mm)	Cantidad	Ilustración 3.14.
En metal niquelado.	40	10	
En metal niquelado.	50	6	
En metal niquelado.	60	6	
En metal niquelado.	70	3	
En metal niquelado.	80	3	

Pinzas para crisoles, con gollete y puntas curvas serradas para asegurar el agarre, en acero cromado

Longitud (mm)	Apertura (mm)	Cantidad	Ilustración 3.15.
150	20	10	
200	28	6	
250	32	6	
300	32		
350	32	2	
400	40	2	
450	40	2	

Pinzas para crisoles, con gollete y puntas curvas cerradas para asegurar el agarre, en acero inoxidable

Longitud (mm)	Apertura (mm)	Cantidad	Ilustración 3.16.
150	20	10	
200	28	3	
250	32	3	
300	32	1	

Pinzas para termómetros

Longitud	Apertura (mm)	Cantidad	Ilustración 3.17.
140	6-15	10	

Pinzas para tubos de ensayo

Longitud (mm)	Material	Cantidad	Ilustración 3.18.
120	Acero	10	
150	Acero	6	
180	Madera	6	

Pinzas para vasos

Dedos	Apertura (mm)	Longitud (mm)	Cantidad	Ilustración 3.19.
2 dedos	50-150	275	10	
3 dedos	0-160	250	6	
3 dedos	0-220	300	6	

Soportes para embudos

Capacidad	Material	Cantidad	Ilustración 3.20.
2 embudos	Nuez metálica, soporte madera	10	
4 embudos	Nuez metálica, soporte madera	6	
2 embudos	Metálico, con soporte	10	
4 embudos	Metálico, con soporte	6	

Soportes para pipetas, circular para 44 pipetas de diferentes volúmenes

Descripción	Capacidad	Cantidad	Ilustración 3.21.
Fijo, sin base	32 orificios de 13 mm	3	
Giratorio, con base	12 orificios de 17 mm	3	

Soposte para pipetas y termómetros, con capacidad para 12 unidades de hasta 10 mm de diámetro

Capacidad	Dimensiones (mm)	Cantidad	Ilustración 3.22.
12 unidades	205x150x220	3	

Soportes tripode aro plano, aros y patas de acero con conteras de goma en las patas

Díámetro (mm)	Altura (mm)	Cantidad	Ilustración 3.23.
90	150	6	
120	200	3	

Soportes tripode aro redondo, aros y patas de acero con conteras de goma en las patas











Díámetro (mm)	Altura (mm)	Cantidad	Ilustración 3.24.
125	200	6	
150	200	3	
185	200	3	

Soportes tripode triangular, aros y patas de acero con conteras de goma en las patas


Díámetro (mm)	Altura (mm)	Cantidad	Ilustración 3.25.
120	200	3	
140	200	2	
160	200	2	

3.2.2. Material de laboratorio, Cristalería


De las secciones 2.10. *Recipientes*, 2.11. *Utensilios Volumétricos* y 2.12. *Utensilios de uso específico* del capítulo 2 del presente trabajo sirven de base en la presentación de los siguientes elementos a considerar. El material a considerar de la presente cristalería deberá ser de borosilicato (Pyrex) o vidrio de 96% de sílice con fuertes baños de ácido y retrolavados de álcalis (vicor).

Aparato para redestilación de agua				
Volumen (ml)	Longitud (ml)	Cantidad		Ilustración 3.26.
2 000	500	3		
Aparato de extracción Soxhlet con refrigerante Allihn				
longitud (mm)	SJ (mm)	Cantidad		Ilustración 3.27.
100	45/40	3		
200	55/50	3		
500	60/46	3		
1000	71/51	3		
Aparato para la absorción de materias polverientes en aire Impinger.				
Capacidad (ml)	Diámetro x longitud (mm)	Cantidad		Ilustración 3.28 a, b y c
30	22 x 250	3		
50	26 x 270	3		
100	26 x 285	3		
Aparato para destilación con tubo de conexión				
Longitud (mm)	SJ (mm)	Cantidad		Ilustración 3.29. a y b
1 000	22 x 250	3		
2 000	26 x 285	3		
Alargadera – extractor Soxhlet				
Capacidad (ml)	SJ (mm)	Cantidad		Ilustración 3.30.
70	34/35	3		
100	45/40	3		
200	55/50	6		
500	60/46	3		
1000	71/51	3		
Aparato para la determinación de esencias				
Capacidad (ml)	SJ (mm)	Cantidad		Ilustración 3.31.
1 000	29/32	6		
Bureta, llave lateral, franja de Schellbach Clase A				
Volumen (ml)	Tolerancia (ml)	Cantidad		Ilustración 3.32
10	0.02	6		
25	0.03	6		
50	0.05	6		
Bureta, llave recta, franja de Schellbach Clase A				
Volumen (ml)	Tolerancia (ml)	Cantidad		Ilustración 3.33.
10	0.02	6		
25	0.03	6		
50	0.05	6		


Bureta, llave lateral vidrio ámbar, Clase A, franja de Schellbach Clase A

Volumen (ml)	Tolerancia (ml)	Cantidad	Ilustración 3.34.
25	0.03	6	
50	0.05	6	


Bureta, llave recta vidrio ámbar, Clase A, franja de Schellbach Clase A

Volumen (ml)	Tolerancia (ml)	Cantidad	Ilustración 3.35.
25	0.03	6	
50	0.05	3	


Bureta, llave recta vidrio ámbar, Clase A, franja de Schellbach Clase A

Volumen (ml)	Tolerancia (ml)	Cantidad	Ilustración 3.36.
25	0.03	6	
50	0.05	6	


Cristalizador sin pico

Capacidad (ml)	Diámetro x altura (mm)	Cantidad	Ilustración 3.37.
20	40 x 45	1	
40	50 x 30	3	
60	60 x 35	3	
100	70 x 40	10	
150	80 x 45	10	
300	95 x 55	10	
500	115 x 65	10	
900	140 x 75	3	
2000	190 x 92	3	
3500	230 x 100	3	


Cristalizador con pico

Capacidad (ml)	Diámetro x altura (mm)	Cantidad	Ilustración 3.38.
20	40 x 45	3	
40	50 x 30	3	
60	60 x 35	3	
100	70 x 40	3	
150	80 x 45	6	
300	95 x 55	6	
500	115 x 65	10	
900	140 x 75	3	
2000	190 x 92	3	
3500	230 x 100	3	

Cápsulas, fondo redondo, con pico

Capacidad (ml)	Diámetro x altura (mm)	Cantidad	Ilustración 3.39.
15	51 x 22	3	
35	64 x 29	3	
90	85 x 39	3	
180	105 x 49	3	
400	131 x 62	6	
800	168 x 80	6	
1700	206 x 100	3	
2800	235 x 115	3	

DeseCADador, con tapa a bola

Tamaño nominal (mm)	Diámetro x altura (mm)	Cantidad	Ilustración 3.40.
150	215 x 233	3	
200	270 x 298	3	
250	320 x 355	3	

DeseCADador, con tapa con tubuladura

Tamaño nominal (mm)	Diámetro x altura (mm)	Cantidad	Ilustración 3.41.
150	215 x 233	3	
200	270 x 298	3	
250	320 x 355	3	


Embudos con vástago corto ángulo 60°

Longitud (mm)	Diámetro de salida (mm)	Cantidad	Ilustración 3.42.
35	6	3	
45	6	3	
55	8	3	
75	6	6	
85	9	6	
100	10	6	
125	16	6	
150	16	6	
150	24	6	
175	30	3	
175	34	3	

Embudos para materiales sólidos, vástago corto y ancho

Longitud (mm)	Diámetro de salida (mm)	Cantidad	Ilustración 3.43.
50	20	3	
60	20	3	
75	25	2	
95	25	6	
110	30	6	
137	35	6	
180	38	3	

Embudos de separación cilíndrico

Longitud (mm)	Diám. Salida, longitud (mm)	Cantidad	Ilustración 3.44.
50	9 x 150	3	
100	9 x 150	3	
250	9 x 150	6	
500	10 x 150	6	
1 000	10 x 150	3	

Embudos de separación, forma esférica

Longitud (mm)	Diám. Salida, longitud (mm)	Cantidad	Ilustración 3.45.
50	9 x 150	3	
100	9 x 150	3	
250	9 x 200	6	
500	10 x 200	6	
1 000	10 x 200	3	
2 000	13 x 2000	3	

Embudos de separación Gilson, tapa esmerilada, llave de teflón

Longitud (mm)	Diám. Salida, long. Inf. (mm)	Cantidad	Ilustración 3.46.
50	9 x 60	3	
100	9 x 60	3	
250	9 x 60	6	
500	10 x 80	6	
1 000	10 x 80	3	
2 000	13 x 80	3	

Embudos de separación, forma de pera

Longitud (mm)	Diám. Salida, long. Inf. (mm)	Cantidad	Ilustración 3.47.
50	9 x 70	3	
100	9 x 70	3	
250	9 x 70	6	
500	10 x 70	6	
1 000	10 x 70	3	
2 000	13 x 70	3	

Embudos de separación según Squibb, tapa esmerilada, llave de teflón

Longitud (mm)	Diám. Salida, long. Inf. (mm)	Cantidad	Ilustración 3.48.
50	9 x 70	3	
100	9 x 70	3	
250	9 x 70	6	
500	10 x 70	6	
1 000	10 x 70	3	
2 000	13 x 70	3	

Embudos de separación cilíndrica con tapa de vidrio, sin graduar

Longitud (mm)	Diám. Salida, long. Inf. (mm)	Cantidad	Ilustración 3.49.
50	9 x 150	2	
100	9 x 150	2	
250	9 x 150	6	
500	10 x 150	6	
1 000	10 x 150	2	
2 000	13 x 150	2	

Embudos de separación, cilíndrica, con graduación

Longitud (mm)	Diám. Ext. Diám. Int. ent (mm)	Cantidad	Ilustración 3.50.
50	19/26	3	
100	19/26	3	
250	29/32	6	
500	29/32	6	
1 000	29/32	2	
2 000	29/32	3	

Embudos de separación, cilíndrica, con graduación

Longitud (mm)	Diám. Ext. Diám. Int. ent (mm)	Cantidad	Ilustración 3-61.
50	19/26	3	
100	19/26	3	
250	29/32	10	
500	29/32	10	
1 000	29/32	3	
2 000	29/32	3	

Extractor Soxhlet con una placa filtrante de S1 con el refrigerante (con SJ1 de 29/32)

longitud (mm)	SJ (mm)	Cantidad	Ilustración 3.62.
100	45/40	3	
200	55/50	3	
500	60/46	6	
1000	71/51	6	

Extractor, Twisselmann

Capacidad (ml)	SJ (mm)	Cantidad	Ilustración 3.63.
250	29/32	3	

Frasco p. lavado de gases, con placa filtrante

Tamaño nominal (mm)	Diámetro ollva (mm)	Cantidad	Ilustración 3.64.
100	11	3	
250	11	6	
500	11	6	
1000	11	3	

Frasco para lavado de gases, sin placa filtrante

Tamaño nominal (mm)	Diámetro x altura (mm)	Cantidad	Ilustración 3.65.
100	11	3	
250	11	6	
500	11	6	
1000	11	3	

Frasco cilíndrico, cuello cónico y estrecho (vidrio claro o ámbar)

Capacidad (ml)	Diámetro x altura (mm)	Cantidad	Ilustración 3.66.
50	45 x 95	20	
100	55 x 110	20	
250	75 x 150	25	
500	90 x 180	30	
1000	115 x 220	10	
2000	140 x 270	5	

Frasco cilíndrico, cuello cónico y ancho (vidrio claro)

Capacidad (ml)	Diámetro x altura (mm)	Cantidad	Ilustración 3.67.
50	45 x 95	20	
100	55 x 110	20	
250	75 x 150	25	
500	90 x 180	30	
1000	115 x 220	10	

Frascos Woufff de 3 bocas (2 laterales y 1 centra)

Capacidad (ml)	Diámetro x altura (mm)	Cantidad	Ilustración 3.68.
500	95 x 145	3	
1 000	110 x 180	6	
2 000	135 x 225	6	
5 000	180 x 316	3	
10 000	225 x 380	3	
15 000	260 x 420	3	

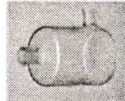
Fascos Wouff de 2 bocas (1 lateral y 1 centra)

Capacidad (ml)	Diámetro x altura (mm)	Cantidad	Ilustración 3.59.
500	95 x 145	3	
1 000	110 x 180	6	
2 000	135 x 225	6	
5 000	180 x 316	3	
10 000	225 x 380	3	
15 000	260 x 420	3	


Fascos Wouff de 3 bocas, con tubuladura

Capacidad (ml)	Diámetro x altura (mm)	Cantidad	Ilustración 3.60.
500	95 x 145	3	
1 000	110 x 180	6	
2 000	135 x 225	3	
5 000	180 x 316	3	
10 000	225 x 380	3	
15 000	260 x 420	3	


Fascos Wouff, con tubuladura

Capacidad (ml)	Diámetro x altura (mm)	Cantidad	Ilustración 3.61.
500	95 x 145	3	
1 000	110 x 180	6	
2 000	135 x 225	3	
5 000	180 x 316	3	
10 000	225 x 380	3	
15 000	260 x 420	3	
20 000	278 x 502	3	


Fascos Wouff con tubuladura esmerilada, tapón y llave

Capacidad (ml)	Salida baja, llave (mm)	Cantidad	Ilustración 3.62.
500	19 x 26	3	
1 000	19 x 26	10	
2 000	19 x 26	6	
5 000	24 x 29	3	
10 000	29 x 32	3	
15 000	29 x 32	3	
20 000	29 x 32	3	


Fascos Indicador con una pipeta esmerilada forma alta, blanca

Capacidad (ml)	Salida baja, llave (mm)	Cantidad	Ilustración 3.63.
50	41.5 x 107	10	
100	51.5 x 133	15	
250	69 x 161	10	


Fascos Indicador con una pipeta esmerilada forma alta, Ámbar

Capacidad (ml)	Salida baja, llave (mm)	Cantidad	Ilustración 3.64.
50	41.5 x 107	10	
100	51.5 x 133	15	
250	69 x 161	10	


Fascos lavador de gases, Drechsler

Capacidad (ml)	Diám. entrada, altura (mm)	Cantidad	Ilustración 3.65.
100	8 x 250	3	
200	8 x 250	3	
500	8 x 250	10	
1 000	8 x 250	3	

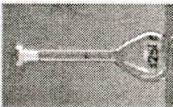
Matraz aforado forma trapezoidal, Clase A

Volumen (ml)	Tolerancia +/- (ml)	Cantidad	Ilustración 3.66.
1	0.025	3	
2	0.025	3	
5	0.025	6	
10	0.04	6	
20	0.04	10	
25	0.04	10	
50	0.06	10	

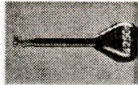
Matraz aforado de vidrio aforado para determinar el contenido de petróleo

Volumen (ml)	Tolerancia +/- (ml)	Cantidad	Ilustración 3.67.
100 ml	0.5	3	

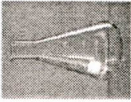
Matraz aforado, Clase A

Volumen (ml)	Tolerancia +/- (ml)	Cantidad	Ilustración 3.68.
5	0.04	3	
10	0.04	3	
20	0.04	3	
25	0.04	6	
50	0.06	6	
100	0.1	6	
200	0.15	6	
250	0.15	10	
500	0.25	10	
1000	0.4	6	
2000	0.6	3	
5000	1.2	3	
10000	2.0	3	

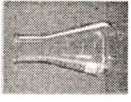
Matraz aforado vidrio ámbar, Clase A

Volumen (ml)	Tolerancia +/- (ml)	Cantidad	Ilustración 3.69.
5	0.04	3	
10	0.04	3	
20	0.04	3	
25	0.04	3	
50	0.06	6	
100	0.1	6	
200	0.15	6	
250	0.15	10	
500	0.25	10	
1000	0.4	6	

Matraz Erlenmeyer, cuello estrecho

Volumen (ml)	Diámetro cuello externo (mm)	Cantidad	Ilustración 3.70.
25	22	3	
50	22	3	
100	22	3	
200	34	3	
250	34	10	
300	34	15	
500	34	20	
1000	42	10	
2000	50	3	
3000	50	3	
5000	50	3	

Matraz Erlenmeyer, cuello ancho

Volumen (ml)	Diámetro cuello externo (mm)	Cantidad	Ilustración 3.71.
25	31	3	
50	34	3	
100	34	3	
200	50	3	
250	50	10	
300	50	15	
500	50	20	
1000	50	10	
2000	72	3	


Matraces, fondo plano, cuello estrecho

Volumen (ml)	Diámetro cuello externo (mm)	Cantidad	Ilustración 3.72.
50	22	3	
100	22	3	
250	34	6	
500	34	10	
1000	42	3	
3000	50	3	

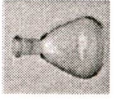
Matraz Kifasato con tubuladura

Volumen (ml)	Diámetro cuello externo (mm)	Cantidad	Ilustración 3.73.
250	85	6	
500	105	10	
1000	135	6	
2000	166	3	

Matraz Kifasato, con oliva

Volumen (ml)	Diámetro cuello externo (mm)	Cantidad	Ilustración 3.74.
250	85	6	
500	105	6	
1000	135	6	
2000	166	3	

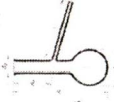
Micromatraces fondo cónico, con esmerilado

Volumen (ml)	Longitud (mm)	Cantidad	Ilustración 3.75.
10	50	3	
25	60	3	
50	74	3	
100	88	6	
250	116	6	


Matraces de mineralización Kjeldahl

Volumen (ml)	Diámetro cuello externo x altura (mm)	Cantidad	Ilustración 3.76.
50	22 x 200	3	
100	34 x 200	3	
250	34 x 270	3	
500	34 x 300	3	
1 000	34 x 350	3	

Matraces de destilación fraccionadas, tubo abajo

Volumen (ml)	Altura (mm)	Cantidad	Ilustración 3.77.
25	110	3	
50	120	3	
100	150	3	
250	200	10	
500	250	10	
1000	300	3	

Matraces de destilación fraccionadas, tubo abajo

Volumen (ml)	Altura (mm)	Cantidad	Ilustración 3.78.
100	150	3	
250	200	3	
500	250	6	
1000	300	3	

Matraces de destilación Engler

Volumen (ml)	Altura (mm)	Cantidad	Ilustración 3.79.
100	251	3	
125	215	3	
250	215	3	

Matraces de fondo redondo, de dos cuellos con esmerilados

Volumen (ml)	SJ1 (mm)	SJ2 (mm)	SJ3 (mm)	Cantidad	Ilustración 3.80.
250	29/32	14/23	14/23	2	
500	29/32	14/23	14/23	3	
1000	29/32	14/23	29/32	10	
2000	29/32	14/23	29/32	3	
4000	45/40	14/23	29/32	3	
6000	60/46	14/23	29/32	3	

Matraces fondo redondo, de dos cuellos con esmerilladas

Volumen (ml)	SJ1 (mm)	SJ2 (mm)	Cantidad	Ilustración 3.81.
250	29/32	14/23	3	
500	29/32	14/23	3	
1000	29/32	14/23	10	
2000	29/32	14/23	3	
4000	45/40	14/23	3	
6000	60/46	14/23	3	

Matraces para sulfonar de tres cuellos laterales con esmerilladas

Volumen (ml)	SJ1 (mm)	SJ2 (mm)	SJ3 (mm)	Cantidad	Ilustración 3.82.
500	45/40	14/23	14/23	3	
1500	71/51	29/32	14/23	6	
2500	71/51	29/32	14/23	6	
4000	71/51	29/32	14/23	3	
6000	71/51	29/32	14/23	3	

Morteros con mano, superficie interior rugosa

Volumen (ml)	Altura (mm)	Cantidad	Ilustración 3.83.
60	50	3	
75	60	6	
90	70	6	
110	85	6	
135	120	3	

Morteros con mano, superficie interior lisa

Volumen (ml)	Altura (mm)	Cantidad	Ilustración 3.84.
60	50	3	
75	60	3	
90	70	6	
110	85	6	
135	120	3	

Probeta graduada clase alta, Clase A

Volumen (ml)	División (ml)	Cantidad	Ilustración 3.85.
5	0.1	3	
10	0.2	3	
25	0.5	3	
50	1	6	
100	1	10	
250	2	10	
500	5	6	
1000	10	3	
2000	20	3	

Probeta graduada clase baja, Clase A

Volumen (ml)	División (ml)	Cantidad	Ilustración 3.86.
10	1	3	
25	1	3	
50	2	6	
100	2	10	
250	5	10	
500	10	6	
1000	20	3	
2000	50	3	

Probeta graduada con lapón, Clase A

Volumen (ml)	División (ml)	Cantidad	Ilustración 3.87.
10	1	3	
25	1	3	
50	2	3	
100	2	10	
250	5	10	
500	10	6	
1000	20	3	

Probeta para densímetros

Volumen (ml)	Diámetro Interno (ml)	Cantidad	Ilustración 3.88.
100	240	6	
250	310	6	
500	340	6	

Pipeta automática basculante

Capacidad (ml)	Altura con frasco (mm)	Cantidad	Ilustración 3.89.
5	270	3	
10	270	3	
20	280	6	
25	280	6	
50	280	3	
100	290	3	

Plcnómetros Gay-Lussac

Capacidad (ml)	Altura con frasco (mm)	Cantidad	Ilustración 3.90.
10	1	2	
25	2	3	
50	3	3	
100	5	2	

Refrigerante de Uebig sin esmerillado

longitud (mm)	Diámetro (mm)	Cantidad	Ilustración 3.91.
200	24	3	
300	24	3	
400	24	6	
500	24	6	
700	32	3	

Refrigerante de serpiente, con macho

longitud (mm)	Espiral (número)	Cantidad	Ilustración 3.92.
160	11	3	
250	20	6	
400	35	3	

Refrigerante de Uebig con esmerilladas

longitud (mm)	Diámetro (mm)	Cantidad	Ilustración 3.93.
160	20	3	
160	24	3	
200	24	3	
250	20	3	
400	24	6	
200	24	3	
300	24	6	
400	24	3	
700	32	3	
1000	32	3	
160	20	3	

Refrigerante de serpiente

longitud (mm)	Espiras (número)	Cantidad	Ilustración 3.94.
200	9	3	
300	13	3	
400	17	3	
500	22	6	
600	27	3	

Refrigerante de bolas Allihn sin esmerilado

longitud (mm)	Bolas (número)	Cantidad
200	4	3
300	6	3
400	8	3
600	12	6
800	16	3

Ilustración 3.95.



Refrigerante de bolas Allihn con cono macho

longitud (mm)	Bolas (número)	Cantidad
200	4	3
200	4	3
300	6	3
300	6	3
400	8	3
400	8	3
600	13	3

Ilustración 3.96.



Refrigerante de bolas Allihn con dos esmerilados

longitud (mm)	SJ (mm)	Cantidad
160	14/23	3
160	29/32	3
200	14/23	3
200	29/32	3
250	14/23	3
250	29/32	3
300	14/23	3
300	29/32	3
400	14/23	3
400	29/32	3
600	29/32	3

Ilustración 3.97.



Refrigerante de bolas para extractores, Allihn

longitud (mm)	Bolas (número)	Cantidad
200	4	3
250	4	3
300	5	6
300	5	6
400	7	3
400	7	3

Ilustración 3.98.



Refrigerante de bolas para extractores, Allihn

longitud (mm)	Bolas (número)	Cantidad
200	8	3
300	13	3
400	18	6
700	33	3
1000	48	3

Ilustración 3.99.



Refrigerante de serpentín Dimroth con 2 esmerilados

longitud (mm)	Bolas (número)	Cantidad
200	11	3
200	11	3
300	18	3
300	18	3
400	26	6
600	40	3

Ilustración 3.100.



Refrigerante de serpentín Dimroth con 2 esmerilados

longitud (mm)	SJ (mm)	Cantidad
160	14/23	3
160	29/32	3
200	14/23	3
200	29/32	3
250	14/23	6
250	29/32	6
300	14/23	3
300	29/32	3
400	29/32	3
600	29/32	3

Ilustración 3.101.



Refrigerante de serpentín, cono macho

Longitud (mm)	Espiras (número)	Cantidad
400	35	3

Ilustración 3.102.



Refrigerante Dimroth para extractores

longitud (mm)	Bolas (número)	Cantidad
250	18	3
300	23	6
300	23	6
400	32	3
400	32	3

Ilustración 3.103.



Refrigerante helicoidal con tubuladura esmerilada

longitud (mm)	SJ (mm)	Cantidad
200	14/23	3
220	29/32	3

Ilustración 3.104.



Refrigerante Dimroth para extractores

longitud (mm)	SJ (mm)	Cantidad
300	14/23	3
300	19/26	3
500	14/23	6
500	29/32	6
750	29/32	3
1000	29/32	3

Ilustración 3.105.




Tubos de ensayo, borde sin labio, fondo redondo

Diámetro(mm)	Longitud (mm)	Cantidad
8	70	10
10	75	20
10	100	20
12	75	40
12	100	40
14	130	60
16	150	60
16	160	60
18	180	40
20	150	20
20	180	20
24	150	20
24	200	20
30	200	10


Ilustración 3.106.



Tubos de ensayo, borde con labio, fondo redondo

Díámetro(mm)	Longitud (mm)	Cantidad	Ilustración 3.107.
8	70	10	
10	75	20	
10	100	20	
12	75	40	
12	100	40	
14	130	60	
14	140	60	
16	150	60	
16	160	60	
18	150	40	
18	180	40	
20	150	20	
20	180	20	
24	150	20	
24	200	20	
30	200	10	
30	200	10	

Trompa de agua, Wurtz


Longitud (mm)	-----	Cantidad	Ilustración 3.108.
220	-----	3	

Vaso precipitados, forma baja con graduación y pico


Volumen (ml)	Díámetro x altura	Cantidad	Ilustración 3.109.
5*	22 x 30	3	
10*	26 x 35	3	
25	34 x 50	3	
50	42 x 60	6	
100	50 x 70	6	
150	60 x 80	6	
250	70 x 95	10	
400	80 x 110	10	
600	90 x 125	10	
800	100 x 135	6	
1000	105 x 145	6	
2000	132 x 185	3	
3000	152 x 210	3	
5000	170 x 270	3	

* Sin graduación


Vaso precipitados, forma alta con graduación y pico

Volumen (ml)	Díámetro x altura	Cantidad	Ilustración 3.110.
50	38 x 70	2	
100	48 x 80	3	
150	54 x 95	6	
250	60 x 120	6	
400	70 x 130	10	
600	80 x 150	10	
800	90 x 175	6	
1000	95 x 180	4	
2000	120 x 240	2	
3000	135 x 280	2	

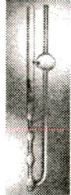
Vaso precipitados Philips, graduado, con pico, forma baja

Volumen (ml)	Díámetro x altura	Cantidad	Ilustración 3.111.
150	57 x 91	6	
250	68 x 110	10	
500	88 x 145	10	
1000	112 x 184	3	

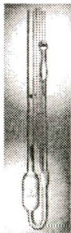
Tubo para toma de muestras de gases

Tamaño nominal (mm)	Díámetro oliva (mm)	Cantidad	Ilustración 3.112.
100	8	3	
250	8	3	
500	8	3	


Viscosímetros calibrado de Ostwald para líquidos transparentes, "Tipo A" (juego)

Clave	Tamaño (mm)	Constante Approx. mm ² /s ² (cSt/s)	Rango de Viscosidad Cinemática mm ² /s (cSt)	Cant.	Ilustración 3.113.
9721-F50	25	0.002	0.5 - 2	1	
9721-F53	50	0.004	0.8 - 4	1	
9721-F56	75	0.008	1.5 - 8	1	
9721-F59	100	0.015	3 - 15	1	
9721-F62	150	0.035	7 - 35	1	
9721-F65	200	0.10	20 - 100	1	
9721-F68	300	0.25	50 - 250	1	
9721-F71	350	0.5	100 - 500	1	
9721-F74	400	1.2	240 - 1 200	1	
9721-F77	450	2.5	500 - 2 500	1	
9721-F80	500	8	1 600 - 8 000	1	
9721-F83	600	20	4 000 - 20 000	1	
9721-F86	650	45	9 000 - 45 000	1	
9721-F89	700	100	20 000 - 100 000	1	

Viscosímetro Calibrado Ubbelohde, tipos de nivel suspendido, para líquidos transparentes.


"Tipo B" (juego)					
Clave	Tamaño (mm)	Constante Approx. mm ² /s ² (cSt/s)	Rango de Viscosidad Cinemática mm ² /s (cSt)	Cant.	Ilustración 3.114.
9721-U50	0	0.001	0.3 - 1	1	
9721-U53	0C	0.003	0.6 - 3	1	
9721-U56	0B	0.005	1 - 5	1	
9721-U59	1	0.01	2 - 10	1	
9721-U62	1C	0.03	6 - 30	1	
9721-U65	1B	0.05	10 - 50	1	
9721-U68	2	0.1	20 - 100	1	
9721-U71	2C	0.3	60 - 300	1	
9721-U74	2B	0.5	100 - 500	1	
9721-U77	3	1.0	200 - 1000	1	
9721-U80	3C	3.0	600 - 3000	1	
9721-U83	3B	5.0	1000 - 5000	1	
9721-U86	4	10	2000 - 10000	1	
9721-U89	4C	30	6000 - 30000	1	
9721-U92	4B	50	10000 - 50000	1	
9721-U95	5	100	20.000 - 100.000	1	

Tipos de flujo inverso para líquidos transparentes y opacos, "Tipo C" (juego)

Clave	Tamaño (mm)	Constante Approx. mm ² /s ² (cSt/s)	Rango de Viscosidad Cinemática mm ² /s (cSt)	Cant.	Ilustración 3.115.
9724-G50	1	0.003	0.6 - 3	1	
9724-G53	2	0.01	2 - 10	1	
9724-G56	3	0.03	6 - 30	1	
9724-G59	4	0.1	20 - 100	1	
9724-G62	5	0.3	60 - 300	1	
9724-G65	6	1	200 - 1000	1	
9724-G68	7	3	600 - 3000	1	
9724-G71	8	10	2000 - 10000	1	
9724-G74	9	30	6000 - 30000	1	
9724-G77	10	100	20000 - 100000	1	
9724-G80	11	300	60000 - 300000	1	

3.2.3. Existen una gran cantidad de artículos necesarios para equipar un laboratorio, desde los más mundanos como unas tijeras, pasando por la cristalería común como un tubo de ensaye, hasta requerir los instrumentos más sofisticados, sensibles, pero caros disponibles en el mercado. Realmente la única limitante el equipamiento de un laboratorio es la economía del país y la voluntad y disposición de hacer de la UACM una entidad educativa de excelencia, ya que sus investigadores tienen la capacidad de proponer nuevos procedimientos de análisis o la de crear nuevos productos o (propios de la investigación). Se proponen los siguientes equipos y aditamentos complementarios a los ya mencionados en las secciones anteriores.


Alcohómetros, escalas Gay Lussac y Cartier

Rango (vol.)	Divisiones	Longitud (mm)	Diámetro (mm)	Cantidad	Ilustración 3.116.
0-10 %	1/10	330	31	3	
10-20 %	1/10	330	31	3	
20-30 %	1/10	380	31	3	
30-40 %	1/10	315	30	3	
40-50 %	1/10	315	30	3	
50-60 %	1/10	315	28	3	
60-70 %	1/10	380	25	3	
70-80 %	1/10	380	25	3	
80-90 %	1/10	380	22	3	
90-100 %	1/10	380	23	3	
0-30 %	1	210	23	3	
0-50 %	1	260	16	3	
50-100 %	1	280	16	3	
0-100 % vol.	1	290	15	3	

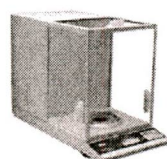
Agitador magnético con calefacción

Descripción	Cantidad	Ilustración 3.117.
Rango velocidad	100-2000 rpm	
Temperatura máxima (placa)	350° C ± 10%	
Volumen agitabile	50-5000 mL	
Dimensiones plato	170x170 mm	
Alimentación	220 V/50 Hz	
Dimensiones (LxAxH)	230x180x120 mm	
Peso	3 kg	
	6	

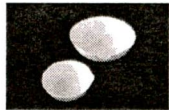
Balanza de precisión

Descripción	Cantidad	Ilustración 3.118.
Capacidad 100 g.		
• Tara	0-300 g	
• Sensibilidad	0.001 g	
• Dimensiones plato	270x190x265 mm	
Capacidad 200 g.		
• Tara	0-500 g	
• Sensibilidad	0.001 g	
• Dimensiones plato	270x190x265 mm	
Capacidad 300 g.		
• Tara	0-500 g	
• Sensibilidad	0.001 g	
• Dimensiones plato	270x190x265 mm	


Balanza de analítica

Descripción	Cantidad	Ilustración 3.119.
Capacidad 60 g.		
• Tara	0-60 g	
• Sensibilidad	0.0001 g	
• Dimensiones plato	2195x400x275 mm	
Capacidad 100 g.		
• Tara	0-100 g	
• Sensibilidad	0.0001 g	
• Dimensiones plato	2195x400x275 mm	
Capacidad 200 g.		
• Tara	0-200 g	
• Sensibilidad	0.0001 g	
• Dimensiones plato	2195x400x275 mm	


Cápsulas de evaporación fondo redondo

Capacidad (ml)	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Cantidad	Ilustración 3.120.
15	47	20	2	
35	60	25	2	
60	74	30	2	
100	90	35	2	
140	100	39	2	
200	110	44	6	
300	126	52	6	
400	150	58	3	
1 000	206	64	2	


Crisol forma alfa

Capacidad (ml)	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Cantidad	Ilustración 3.121.
15	32	34	2	
18	34	36	2	
18	32	40	2	
20	36	38	3	
30	40	46	3	
40	42	54	3	
50	43	58	3	


Crisol forma media

Capacidad (ml)	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Cantidad	Ilustración 3.122.
5	25	21	2	
10	30	28	2	
15	35	30	2	
25	40	36	3	
30	42	41	3	
40	48	42	3	
50	53	46	3	
100	63	59	2	


Crisol forma media

Capacidad (ml)	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Cantidad	Ilustración 3.123.
15	43	23	2	
25	47	27	2	
30	51	30	3	
50	59	38	3	

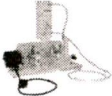
Gouche

Capacidad (ml)	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Cantidad	Ilustración 3.124.
15	32	34	1	
2	36	38	1	
30	40	46	1	


Densímetros

Rango (Kg/m ³)	Divisiones	Longitud (mm)	Diám. (mm)	Cantidad	Ilustración 3.125.
600-700	1	310	16	3	
700-800	1	310	16	3	
800-900	1	310	17	3	
900-1000	1	310	17	3	
1000-1100	1	310	17	3	
1100-1200	1	310	17	3	
1200-1300	1	310	18	3	
1300-1400	1	310	18	3	
1400-1500	1	310	18	3	
1500-1600	1	310	19	3	
1600-1700	1	310	20	3	
1700-1800	1	310	20	3	
1800-1900	1	310	21	3	
1900-2000	1	310	22	3	
1000-2000	10	280	10	3	


Destilador de vidrio

Descripción	Cantidad	Ilustración 3.126.
Conductividad (agua corriente)	3.0-4.0 pS/cm	
Conductividad (agua tratada)	1.5-2.0 pS/cm	
PH	5.5-6.0	
Dimensiones	50x15x45 cm	
Alimentación	220 V, 50 Hz; 3 kW	
Producción de agua	4 L/h	

Destilador de acero inoxidable

Descripción	Cantidad	Ilustración 3.127.
Producción	5 L/h	
Consumo	3 kW/h	
Alimentación	220V, 50Hz	
Dimensiones	350x760mm	
Peso	8 kg	
Alimentación	20 V, 50 Hz	

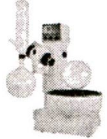
Disco para desecador con orificios de 10 mm

Diámetro (mm)	Cantidad	Ilustración 3.128.
• 190	3	
• 220	3	
• 275	3	

Evaporadores rotativos. Juego de vidrio fabricado en vidrio borosilicato con esmerilado 29/32. Matraz de evaporación de 500 ml

Descripción	Cantidad	Ilustración 3.129.
Velocidad	10-90 rpm	
Regulación de velocidad	Análogo	
Temperatura	Hasta 100.0 °C	
Regulación de temperatura	Digital	
Esmerilado	29/32	
Angulo inclinación	45°	
Alimentación motorizado	22mm.	


Evaporadores rotativos, para laboratorios de química y bioquímica y en procesos industriales

Descripción	Cantidad	Ilustración 3.130.
Velocidad de rotación	0-200 rpm	
Regulación velocidad	Análogica	
Temperatura baño	Ambiente hasta 90 °C	
Regulación temperatura	Digital	
Esmerilado vidrio	29/32	
Ángulo inclinación	45°	
Regulación en altura	0-150 mm por sistema motorizado	
Potencia	1.5 Kw	
Alimentación	220 V, 50 Hz	
Peso aprox.	38 Kg	
Dimensiones	aprox. 58x45x79 cm (LxAxH)	

Equipo de destilación simple

Descripción	Cantidad	Ilustración 3.131.
<ul style="list-style-type: none"> Refrigerante Liebig 300 mm Matraz fondo redondo 250 mL Pieza acodada 75° Terminal acodado 100 mm Clip rojo para uniones esmeriladas 29/32 (3 unidades) Termómetro -10 a + 110 °C Soporte universal (2 unidades) 	1	


Equipo de destilación fraccionada

Descripción	Cantidad	Ilustración 3.132.
<ul style="list-style-type: none"> Refrigerante Liebig 300 mm Matraz fondo redondo 250 mL Pieza acodada 75° Terminal acodado 100 mm Columna Vigreux 320 mm Clip rojo para uniones esmeriladas 29/32 (4 unidades) Termómetro -10+110° C Soporte universal (2 unidades) 	1	


Equipo para acidez volátil

Descripción	Cantidad	Ilustración 3.133.
<ul style="list-style-type: none"> Matraz Erlenmeyer 50 mL Bureta graduada 10 mL Refrigerante serpentin 120 mm Pipeta 1 aforo 11 mL Probeta aforada 5.1 mL Probeta aforada 3.2 mL Lamparilla de alcohol Embudo rama corta 40 mm Matraz fondo redondo 50 mL Pieza doble acodada, esmerilada 14/23 Pinza con nuez giratoria (2 unidades) Soporte pie plato 200x140 mm Clip amarillo para uniones esmeriladas 14/23 Aro con nuez cerrado 75 mm Soporte universal 	1	

Extractores Soxhlet

Descripción	Cantidad	Ilustración 3.134.
Extractor de 50 mL		
<ul style="list-style-type: none"> Refrigerante Dimroth 29/32 Cuerpo extractor 19/26 y Matraz fondo plano, 100 mL 19/26 		
Extractor de 125 mL		
<ul style="list-style-type: none"> Refrigerante Dimroth 45/40 Cuerpo extractor 45/40 y Matraz fondo plano, 250 mL 29/32 	1	
Extractor de 250 mL		
<ul style="list-style-type: none"> Refrigerante Dimroth 55/44 Cuerpo extractor 55/44 y Matraz fondo plano, 500 mL 29/32 		


Imanes para agitadores, cilíndricos para uso general

Longitud (mm)	Diámetro (mm)	Cantidad	Ilustración 3.135.
15	5	6	
20	7	6	
25	8	6	
30	8	6	
35	8	6	
40	8	6	
45	8	6	
50	8	6	
55	8	6	
60	10	6	

Imanes para agitadores, ovales para recipientes fondo redondo

Longitud (mm)	Diámetro (mm)	Cantidad	Ilustración 3.136.
10	4	6	
15	5	6	
20	7	6	
25	8	6	
30	8	6	
35	8	6	
40	8	6	
45	8	6	
50	8	6	


Imanes para agitadores, octogonales para recipientes con bases curvas o irregulares

Longitud (mm)	Diámetro (mm)	Cantidad	Ilustración 3.137.
15	8.5	6	
20	6.5	6	
25	7.5	6	
30	7.5	6	
35	7.5	6	
40	10	6	
45	10	6	


Lupa, aro y mango de plástico; lente de vidrio


Diámetro (mm)	Aumentos	Cantidad	Ilustración 3.138.
40	10x	3	
50	10x	3	
60	7x	3	
60	6x	3	
75	4x	3	
75	5x	3	
90	5x	3	
90	3x	3	


Mechero de Bunsen


Descripción	Cantidad	Ilustración 3.139. a, b
<ul style="list-style-type: none"> Bunsen, gas natural de 160 mm de altura 	10	
<ul style="list-style-type: none"> Bunsen, gas natural de 89 mm de altura 	10	


Taladrapones

Descripción	Cantidad	Ilustración 3.140. a, b
<ul style="list-style-type: none"> Conjunto de 6 calibres Rango 5 – 11 mm calibres 	3	
<ul style="list-style-type: none"> Conjunto de 12 calibres Rango 5 – 19 mm. 	3	

Tapones de goma, sin orificios			Cantidad	Ilustración 3.141.
Diam. Mayor (mm)	Diámetro Men. (mm)	Altura (mm)		
21	15	26	10	
23	17	26	10	
26	19	26	25	
29	22	28	25	
33	25	27	25	
36	29	30	30	
41	33	30	30	
45	37	30	30	
51	43	32	30	
55	46	34	25	
60	51	36	25	
67	54	38	20	
75	63	39	20	

Papel PH Universal			Cantidad	Ilustración 3.142.
Rango (pH)	Formato			
1-4	Caja 200 tiras	10		
1-10	Caja 200 tiras	10		
1-12	Caja 200 tiras	10		
1-14	Caja 200 tiras	10		
1-14	Caja 80 tiras	10		
4-10	Caja 200 tiras	10		
9-14	Caja 200 tiras	10		
0-10	Rollo 5 metros	10		
1-14	Rollo 5 metros	10		

Papel Indicador			Cantidad	Ilustración 3.143.
Rango (pH)	Formato			
Tomasol rojo	pH básico (azul)	10		
Fenolftaleína (blanco)	pH > 8.3 (rojo)	10		
Rojo Congo	pH 3.0-5.0 (azul)	10		
Naranja de metilo	pH < 3.1 (rojo), pH > 4.4 (amarillo)	10		
Tomasol azul	pH ácido (rojo)	10		
Tomasol neutro (violeta)	pH ácido (rojo) y básico (azul)	10		

Sistema purificador de agua		Cantidad	Ilustración 3.144.
Descripción			
Caudal de producción	2.5 L/h	1	
Conductividad	< 1 pS/cm		
Eliminación de sílice	>99.9 %		
Rendimiento ósmosis inversa	95 - 99%		
Dimensiones	45x25x40 cm		
Peso en funcionamiento	9 Kg		
Requisitos de agua tratada			
Presión máxima	6 bar		
Presión mínima	3 bar		
Temperatura	5°C - 35°C		
Dureza máxima	360 ppm (CaCO3)		
SDI (Silt Density Index)	<5		
Conductividad	< 1.500 pS/cm		
Cloro libre	< 2 ppm		
Turbidez	< 1 NTU		

3.3. Operaciones Básicas

Con el equipamiento identificado, estamos en posibilidad de realizar las operaciones básicas realizadas en un laboratorio analítico químico: la separación de mezclas y en la preparación de analitos entre otras operaciones. En química, un proceso de separación se usa para transformar una mezcla de sustancias en dos o más productos distintos. Los productos separados podrían diferir en propiedades químicas o algunas propiedades físicas, tales como el tamaño o tipo de cristal. Salvo muy pocas excepciones, casi todos los elementos químicos o compuestos químicos se encuentran naturalmente en un estado impuro, tales como una mezcla de dos o más sustancias. Muchas veces surge la necesidad de separarlos en sus componentes individuales.

Las aplicaciones de separación en el campo de la ingeniería química son muy importantes. Un buen ejemplo es el petróleo, en el campo de los energéticos. El petróleo crudo es una mezcla de varios hidrocarburos y tiene valor en su forma natural. Sin embargo, la demanda es mayor y los precios al público para varios hidrocarburos purificados, tales como gas natural, gasolina, diésel, combustible de jet, aceite lubricante, asfalto, etc., es mucho más elevado que en crudo. Los procesos de separación pueden ser clasificados como procesos de transferencia de masas. La clasificación puede basarse en los medios de separación, mecánico o químico.

La elección de la separación depende de una evaluación de ventajas y desventajas de cada uno. Las separaciones mecánicas suelen ser favorecidas en lo posible, debido al menor costo de operación comparado con las separaciones químicas. Los sistemas que no pueden ser separados por medios puramente mecánicos (por ejemplo, el petróleo) hacen que la separación química sea la solución restante. La mezcla a tratar puede ser una combinación de dos o más estados de agregación.

Se presenta a continuación los procesos que podemos realizar bajo el concepto de química analítica, sin olvidar que es solo una pequeña porción del quehacer de la química en general, la bibliografía de referencia no ésta referencia a ningún proceso en particular ya que una mezcla de toda ella (Conalep, 2014), (CUADROS, et al., 2013), (Skoog, et al., 2010), (Worsfold [Ed], et al., 2005), (Rouessac & Rouessac, 2004), (Patnaik, 2004), (Kenkel, 2003), (Bermejo, et al., 1991), (Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 2014).

3.3.1. Ablación (láser): Romper en pequeñas partículas o hacer pasar al estado gaseoso por calentamiento rápido de la superficie.

3.3.2. Adsorción: Proceso por el cual átomos o moléculas de una sustancia que se encuentra en determinada fase, son retenidas en la superficie de otra sustancia, que se encuentra en otra fase. Como resultado de este proceso, se forma una capa de líquido o gas en la superficie de una sustancia sólida o líquida. Una de las más importantes aplicaciones a nivel laboratorio e industrial, es de la extracción de humedad del aire comprimido. En este proceso se hace pasar el aire comprimido por un lecho de alúmina u otro material activo, que retiene las moléculas de agua por adsorción.

3.3.3. Atomización: Proceso químico que tiene lugar mediante calentamiento a altas temperaturas y cuya finalidad es la eliminación de los componentes volátiles presentes en una sustancia sólida.

3.3.4. Atrapamiento: Retener de diversas maneras: por congelación, por absorción, sobre un sólido o por reacción química en solución.

3.3.5. Calcinación: Proceso químico que tiene lugar mediante calentamiento a altas temperaturas y cuya finalidad es la eliminación de los componentes volátiles presentes en una sustancia sólida.

3.3.6. Centrifugado: Proceso basado en la fuerza centrífuga, se emplea para producir la sedimentación acelerada de materiales insolubles o de mezclas de sólidos y líquidos. Se realiza dentro de un recipiente que gira sobre sí mismo alrededor de un eje a gran velocidad.

3.3.7. Condensación: Proceso basado en el enfriamiento de un gas o vapor en líquido.

3.3.8. Cristalización: Es un proceso a partir de un gas, un líquido o una disolución, los iones, átomos o moléculas establecen enlaces hasta formar una red cristalina, la unidad básica de un cristal. La cristalización se emplea con bastante frecuencia para purificar una sustancia sólida.

3.3.9. Decantación: Método de separación de líquidos inmiscibles basado en la diferencia de densidades. En un embudo de decantación, el líquido más denso, situado en la zona inferior, se deja fluir libremente gracias a la apertura de una llave que se cierra cuando en el embudo queda únicamente el líquido menos denso.

3.3.10. Descomposición: Método de separación en la que separa en partes pequeñas sus componentes.

3.3.11. Desorción: fenómeno por el que una sustancia se libera desde o a través de una superficie. El proceso es lo contrario de absorción (es decir, ya sea de adsorción o de absorción).

3.3.12. Destilación: Separación de una mezcla de dos o más líquidos que tienen puntos de ebullición próximos entre sí. Esta separación tiene lugar en un aparato que contiene una columna vertical de fraccionamiento con mucha superficie de contacto para la condensación de los vapores del líquido evaporado. El líquido de punto de ebullición más bajo destilará el primero y a continuación los otros, en orden creciente de puntos de ebullición.

3.3.13. Digestión: Proceso en el que el analito no logra disolverse para formar una solución, empleándose para ello un ácido, una base, un oxidante o una enzima.

3.3.14. Disolución: Descomponer un líquido en sus componentes mediante la formación de enlaces entre los solutos y el disolvente.

3.3.15. Electrolisis: Proceso que separa los elementos de un compuesto por medio de la electricidad. En ella ocurre la captura de electrones por los cationes en el cátodo (una reducción) y la liberación de electrones por los aniones en el ánodo (una oxidación).

3.3.16. Evaporación: Cambio de fase que tiene lugar cuando un líquido pasa a vapor o gas. Se produce a cualquier temperatura y solamente se evaporan las partículas superficiales del líquido y aquellas que tienen suficiente energía cinética será mayor y habrá más partículas superficiales capaces de vencer las fuerzas atractivas y de pasar al estado de vapor.

3.3.17. Extracción: Procedimiento de separación de una sustancia que puede disolverse en dos disolventes no miscibles entre sí, con distinto grado de solubilidad y que están en contacto a través de una interface.

3.3.18. Filtración: Proceso que utiliza un dispositivo poroso que permite separar sólidos de líquidos. En el filtro queda depositada la sustancia sólida, ya que por los poros no pasan partículas sólidas de mayor tamaño. El filtro más simple usado en los laboratorios consiste en un disco de papel poroso que se dobla por la mitad dos veces seguidas, se pliega en forma de cono y se adapta el embudo. En análisis químico se utiliza aparatos especiales, como tamices porosos y crisoles de Gooch.

3.3.19. Floculación: Es un proceso químico mediante el cual, con la adición de sustancias denominadas floculantes, se aglutinan las sustancias coloidales presentes en el agua, facilitando de esta forma su decantación y posterior filtrado.

3.3.20. Fusión: Transformar un sólido a líquido agregando calor.

3.3.21. Ionización: Variación del número de electrones en un átomo o molécula con formación de iones positivos o negativos, o bien disociación de una molécula polar. El proceso tiene lugar gracias a la aportación externa de energía. En agua, los ácidos y las bases son fácilmente ionizables.

3.3.22. Levigación: Es un método de separación por densidades donde se utiliza una corriente de agua que arrastra los materiales.

3.3.23. Licuefacción: Transformar un gas a líquido, ya sea por enfriamiento, compresión o la combinación de ambos.

3.3.24. Neutralización: Reacción química entre un ácido y una base tal que se obtiene $\text{pH}=7$. En esencia se trata la combinación del ion H_3O^+ con el ion OH^- para dar agua. La reacción de neutralización es una de las más importantes del análisis volumétrico.

3.3.25. Oxidación: Reacción química en la que una sustancia pierde electrones. En un principio la oxidación quería decir combinación de oxígeno, pero actualmente este término se aplica a los procesos de transferencia de electrones, la oxidación está asociada a la pérdida de electrones y a un aumento del número de oxidación.

3.3.26. Precipitación: Reacción química consistente en la formación de un sólido dentro de una disolución. Puede producirse por evaporación parcial del disolvente de forma que la disolución resultante supere la saturación, por adicción de una sal que contenga un ion común con la sustancia disuelta, o mediante la reacción química entre disoluciones solubles pero que contienen iones que dan lugar a sustancias insolubles.

3.3.27. Recristalización: Proceso de purificación de una sustancia que consiste en disolverla en un solvente apropiado para retirarle las impurezas y luego cristalizarla de nuevo.

3.3.28. Reducción: Reacción química consistente en la ganancia de electrones. La sustancia que produce la reducción de otra sustancia denomina oxidante y se reduce mientras oxida a la otra sustancia.

3.3.29. Secado: La operación de secado es una operación de transferencia de masa de contacto gas-sólido, donde la humedad contenida en el sólido se transfiere por evaporación hacia la fase gaseosa, en base a la diferencia entre la presión de vapor ejercida por el sólido húmedo y la presión parcial de vapor de la corriente gaseosa.

3.3.30. Sedimentación: Proceso lento de precipitación por efecto gravitatorio de sustancias sólidas que se encuentran suspendidas en el interior de un líquido y que se van acumulando en el fondo del recipiente que lo contiene, mientras que la parte líquida sobrenada en la parte superior.

3.3.31. Sublimación o Volatilización: Cambio de estado en el que una sustancia pasa directamente de sólido a gas, sin pasar por estado líquido. Al proceso inverso se le denomina deposición o sublimación regresiva; es decir, el paso directo del estado gaseoso al estado sólido. Ejemplo el hielo seco.

3.3.32. Valorización: Proceso mediante el cual se añade una solución a otra hasta que se alcance la equivalencia química entre ambas. En algunas valoraciones se emplean indicadores.

3.3.33. Vaporización: La vaporización es el principal proceso mediante el cual el agua cambia de estado. A diferencia de la ebullición, la evaporación se produce a cualquier temperatura, siendo más rápida cuanto más elevada esta.

3.3.34. Volatilización: La vaporización es el principal proceso mediante el cual el agua cambia de estado. A diferencia de la ebullición, la evaporación se produce a cualquier temperatura, siendo más rápida cuanto más elevada esta.

3.4. Instrumentación y equipos

Conforme se muestra en el Capítulo 3 en secuencia de aparición, se tienen las siguientes tecnologías en instrumentos y equipos (conforme a secuencia de aparición de la norma ASTM que los requiere):

3.4.1. Espectrómetro ICP-OES: El plasma de acoplamiento inductivo (ICP) es una fuente de ionización que junto a un espectrofotómetro de emisión óptico (OES) constituye el equipo de ICP-

OES. En esta técnica, la introducción continua de la muestra líquida y un sistema de nebulización forma un aerosol que es transportado por el Argón a la antorcha del plasma, acoplado inductivamente por radio frecuencia. En el plasma, debido las altas temperaturas generadas, los analitos son atomizados e ionizados generándose los espectros de Emisión atómicos de líneas características. Los espectros son dispersados por la red de difracción y el detector sensible a la luz se encarga de medir las intensidades de las líneas. La información es procesada por un sistema informático.

3.4.2. Medidor de Punto de Inflamación Pensky-Martens Copa Cerrada. Permite la determinación de puntos de inflamación de combustibles, aceites lubricantes, líquidos con sólidos suspendidos y líquidos que tienden a formar una película en la superficie al ser sometidos a las condiciones del método.

3.4.3. Centrifugadora prueba de aceite. Automática de preferencia. Proporciona un medio conveniente de determinar el sedimento y el contenido de agua en el petróleo crudo, los aceites combustibles, combustibles de destilados medios y el biodiésel. También se utiliza en la determinación del número de precipitación, características de demulsibilidad, sedimentos traza y los insolubles en aceites lubricantes usados.

3.4.4. Viscosímetro: Multirango de preferencia. Ésta propiedad es una de las principales a tener en cuenta para caracterizar al biodiésel.

3.4.5. Horno mufla programable: Rango de temperatura: la temperatura ambiente hasta 1125 ° C, Punto de ajuste de repetición: ± 1 ° C y de 0.036 m³ de capacidad.

3.4.6. Balanza semimicro 100 gramos de capacidad: Máxima capacidad: 110 g, Mínima capacidad: 1 mg, Exactitud: 0.01 mg.

3.4.7. Analizador elemental para traza de sólidos, líquidos y gases: Con cuatro posibles detectores, Nitrógeno: Quimioluminiscencia; Azufre: UVFL, Coulometría; Cloro: Coulometría; S, M, GI, Br, I: cromatografía iónica.

3.4.8. Equipo para determinación de la corrosión del cobre por productos petrolíferos: Sistema de calefacción controlado por microprocesador, mediante resistencia, con regulador electrónico de la temperatura, de rango entre 40°C y 160°C, resolución de ± 0.1 °C con programación digital de la temperatura de ensayo y termómetro para la temperatura del baño.

3.4.9. Probador de la calidad de ignición: Instrumento de prueba totalmente automatizada para derivar el número de cetano para una amplia gama de combustibles destilados medios convencionales, incluidos los arenales y los diésel de petróleo, biodiésel.

3.4.10. Equipo de detección automática de puntos de congelación: Sistema de refrigeración de una sola etapa proporciona temperaturas tan bajas como -40° un sistema de refrigeración de dos etapas hasta -80°C .

3.4.11. Micro probador de residuos de carbono: se utiliza en la determinación de la cantidad de residuo de carbono formado después de la evaporación y la pirólisis de material de petróleo en las condiciones especificadas en la normas.

3.4.12. Estación de trabajo de valoración potenciométrica: Rango de medición: -9 a 23 pH; ± 2000 mV; -10°C a 100°C y Resolución -0.001 pH; -0.1 mV; -0.1°C .

3.4.13. Agitador Magnético con calentamiento: Temperatura ajustable hasta 550°C , Sensor pt100; Pantallas LED muestra valor de temperatura y agitación y Plato de Cerámica Pyroceram resistente a derrames y ácidos.

3.4.14. Cromatógrafo de gases: Técnica cromatográfica en la que la muestra se volatiliza y se inyecta en la cabeza de una columna cromatográfica. La elución se produce por el flujo de una fase móvil de gas inerte.

3.4.15. Destilador al vacío: Adaptado a la prueba, equipado con toda la cristalería requerida.

3.4.16. Dispositivo de medición de estabilidad a la oxidación para el biodiésel. Para la prueba de oxidación acelerada. La muestra se mantiene en un tubo de reacción sellado a una temperatura constante de 110°C .

3.5. Instalaciones disponibles

3.5.1. El local. El plantel Del Valle de la UACM es estrecho, sus instalaciones son viejas y la solicitud interna de sus edificios es muy demandada, por lo que propone que el laboratorio sea implementado en el plantel San Lorenzo Tezonco (SLT) en el Edificio “C”, planta baja, en los espacios señalados como C003 al C006, como está señalado en el plano arquitectónico UACM-SLT-C-ARQ-01, el espacio es firme, estable y sin vibraciones perceptibles (que influyen en el desempeño de equipos sensibles), fácil de desalojar y con una temperatura estable (en comparación de los cercanos al techo).

3.5.2. Agua potable. SLT, recibe agua de la red municipal estándar para el Distrito Federal, que se considera suficiente en cantidad y calidad ya que para el desarrollo de los procesos el laboratorio el agua se debe de destilar o purificar y se utiliza principalmente para el lavado de la cristalería y el aseo del laboratorio, así como para las necesidades humanas.

3.5.3. Electricidad. El plantel SLT, recibe la acometida de CFE a 23 000 volts, que se distribuye a las subestaciones de cada edificio, para el edificio “C” de 500 kVA de capacidad y ésta subestación envía alimentaciones a 127 y 220 volts a 60 Hz, a cada una de sus instalaciones asignadas. Los instrumentos que han sido seleccionados tienen como características de su elección, una alimentación de 110, 120 o 220 volts a 60 Hz de frecuencia.

3.5.4. Red de Voz y Datos. En el plantel señalado se tiene instalada la Red de Voz y Datos etc. Con lo que tiene acceso a la distribución de datos, telefonía e Internet.

Los puntos anteriores son a nuestro favor ya que la UACM se ha preocupado por tener estos puntos en buen funcionamiento, por lo que no es necesario una alta inversión, más que las adecuaciones requeridas para el caso. Por otro lado requerimos de otros puntos.

3.6. Requisitos auxiliares necesarios

Para asegurar que el experimento o medición es repetible, es decir, cualquier otro laboratorio podría reproducir el proceso y obtener el mismo resultado lo más parecido a lo que llamamos normalización, hay que tener condiciones controladas y repetibles, así como las necesidades de operación de los instrumentos.

3.6.1. Electricidad de Emergencia. Afortunadamente el plantel SLT cuenta a con plantas de generadoras de electricidad de emergencia, para el edificio “C” se tienen la capacidad de instalada de 250 kW, 127 y 220 volts, con lo que cubre el presente punto. El laboratorio deberá estar conectado al sistema de emergencia eléctrico.

3.6.2. Electricidad Regulada. Se tienen por los UPS con 150 kVA instalados y funcionando, requiriendo distribuirlo a laboratorio propuesto a 127 y 220 volts, que es un costo mínimo contra la compra e instalación de equipos energía regulada nuevos. En cada mesa de trabajo del laboratorio se requiere de al menos de 2 contactos conectados al sistema de energía regulada. En el laboratorio en general, los instrumentos y equipos sensibles deberá estar conectados de al sistema de energía regulada con el fin de evitar sobrecargas o fallas de energía eléctrica.

Con el fin de recabar los servicios, energías y consumibles adicionales a los antes expuestos que requieren los instrumentos propuestos se debe desarrollar la cédula mecánica, en la que se resumen los datos significativos para la instalación de los equipos. Nótese que están sólo los datos que se requieren a tener en cuenta para poder instalarlos, pero pueden ser mucho más profusos si así se requiere y siempre en estrecha colaboración del proveedor.

Tabla 3.1. Cédulas mecánicas para los Cromatógrafo de Gases propuestos para la norma ASTM D6584-07

Norma	Descripción				
ASTM D6584-07	Método de prueba estándar para la determinación del total monoglicéridos, diglicéridos totales y glicerina libre y total en la B-100 Biodiésel ésteres metílicos por cromatografía de gases.				
Tecnología	Equipo	Marca	Modelo	No de Serie	
Instrumental	Cromatógrafo de gases.	Shimadzu	GC-2010	Pendiente	
Mecánica	Eléctrica	Gases Auxiliares	Condiciones ambientales	Auxiliares de Instalación	
51.5 x 44.0 x 53.0(cm) 30 (kg)	220 VCA, 60 Hz 2600 VA	Hidrógeno, 99.995 pureza Helio o Nitrógeno 99.995 pureza	Fresco y limpio	Extractor de área	
Observaciones					
Información disponible en la página Web: http://www.mblech.sdu.edu.cn/contents/apparatus/qxsp.pdf					
Tecnología	Equipo	Marca	Modelo	No de Serie	
Instrumental	Cromatógrafo de gases	Agilent Technologies	Agilent 6890	Pendiente	
Mecánica	Eléctrica	Gases Auxiliares	Condiciones ambientales	Auxiliares de Instalación	
50 x 58 54 (cm) 49 (kg)	Monofásico 120 VCA, 60 Hz. 2 250 VA	Helio, Argón, Hidrógeno, Nitrógeno	5 - 40 °C 50 -80 % humedad	Requiere ventilación	
Observaciones					
Información disponible en la página Web: https://www.chem.agilent.com/Library/usermanuals/Public/G1530-90210.pdf					

Cédula mecánica de elaboración propia.

La información que debemos recabar, para la sección mecánica de la cédula mecánica, se obtienen las dimensiones (m, cm o mm) y el peso (kg o g) del equipo, de la sección eléctrica, las fases (1, 2, 3), la tensión (volts), la frecuencia (Hz) y la energía requerida (VA o watts); de la sección gases auxiliares (consumibles), los gases necesarios (Argón, Hidrógeno, Helio, Nitrógeno, Oxígeno, etc.,

como su pureza requerida); de la sección de condiciones ambientales; el rango de temperatura (°C) y el rango de la humedad (%) recomendados de operación de los instrumentos; De la sección de auxiliares, los servicios complementario (como extracción de aire y gases).

3.6.3. Sección Mecánica. Es necesario conocer las dimensiones físicas: largo, ancho y altura de los equipos e instrumentos seleccionados para acondicionar el área donde serán instalados, el peso en términos generales no es influyente para equipos e instrumentos. Hay que tener en cuenta para nuestro caso la Unidad de clasificación de cetano, Waukesha, modelo: CFR F-5, que es un equipo incluido en la Tabla 2.17. *Equipos disponibles en el mercado para la prueba estándar para el número de cetano de combustible diésel ASTM D613-13*, éste equipo es de un peso aprox. De 450 kg, emite muchas partículas y genera mucho ruidos y vibraciones en su funcionamiento, por lo que deberá ser instalado en otra área aparte de la indicada para el laboratorio.

3.6.4. Sección Eléctrica. Conocer la cantidad de fases (normalmente una o tres), la tensión de servicio (en México: 110, 125, 220 o 440 volts, dependiendo de los transformadores en baja tensión), la frecuencia (60 Hz es la única disponible en el país) y la energía consumida (en Volts-Ampere o Watts si se conoce el factor de potencia). Otras tensiones de servicio (380 volts es el común en Europa) requieren de transformadores especiales, que en términos generales no están disponibles comercialmente implica su fabricación y la falta de repuestos. Para frecuencias diferentes a los 60 Hz indicados implica la utilización de variadores de velocidad que agregan complejidad, costo y disminuyen la fiabilidad del sistema de energía eléctrico.

3.6.5. Gases Auxiliares. Se requiere tener alimentación de los gases indicados por los instrumentos, así se requiere de la cilindros de almacenamiento y líneas de distribución de Argón, Hidrógeno, Helio, Nitrógeno, Oxígeno. Se requiere además de contar con aire comprimido sin aceite.

3.6.6. Condiciones ambientales. Usualmente conviene que la humedad sea la menor posible porque acelera la oxidación de los instrumentos (comúnmente de acero); sin embargo, para lograr la mejor habitabilidad del laboratorio no puede ser menor del 50% ni mayor del 75%. Si se llega a sobrepasar este último valor, la humedad puede afectar al laboratorio. El rango de temperatura debe controlarse y se encuentra en 5 a 40 °C, el confort de las personas está fuertemente relacionado con la humedad y la actividad física de las personas, se considera entre 20 a 24 °C como la más adecuada.

3.6.7. Auxiliares en Instalación. En términos generales indica si requiere de ventilación forzada, extracción de gases, amortiguamiento de ruido, etc.).

3.6.8. Almacén de reactivos, cristalería y equipos. Es necesario un espacio propio para la almacenaje y salvaguarda de los reactivos, cristalería, equipos y consumibles del almacén.

3.6.9. Seguridad. El término es vasto y requiere de muchas cooperaciones de los usuarios del laboratorio, incluye la presencia de extintores, regadera de emergencia, lavaojos, etc.

3.6.10. Generales. Por último se mencionará a las condiciones generales del laboratorio, como el nivel de iluminación donde se requiere de al menos 500 luxes en la iluminación de la nave y de iluminación localizada en las áreas que así lo requieran, de preferencia de temperatura de color de día; la cantidad de cambios de aire suficientes que es el número de veces que se renueva la aire atmosférico; mantener al máximo la iluminación natural, independiente de la iluminación nocturna, etc.

Por la totalidad de los puntos expuestos en éste capítulo y los antecedentes en los capítulos que los anteceden, que se presentan en el contenido de éste trabajo, la viabilidad de contar con un Laboratorio de Aplicaciones Bioenergéticas, con la identificación y caracterización del biodiésel, como punto de partida.

En la Ilustración 3.145. *Planta de Conjunto del plantel San Lorenzo Tezonco, UACM-SLT-Con-01*, se muestra el plantel San Lorenzo Tezonco en su totalidad, así como la topografía del terreno; en la Ilustración 3.146. *Planta Baja, Edificio "C", plantel San Lorenzo Tezonco UACM-SLT-C.ARQ-01*, la planta baja del edificio "C" donde se propone adaptar el LAB.

Laboratorio de Aplicaciones Bioenergética planteado se ejemplifica en la Ilustración 3.147. *Laboratorio de Aplicaciones Bioenergéticas en el plantel San Lorenzo Tezonco, propuesto*, nótese en especial el área general donde se tienen 6 mesas de trabajo para clases y ejercicios, donde se considera se realizaran los experimentos de las teorías respectivas de las licenciatura, maestría y doctorado, en Fuentes Renovables de Energía a la que pertenece la maestría en FREyEE.

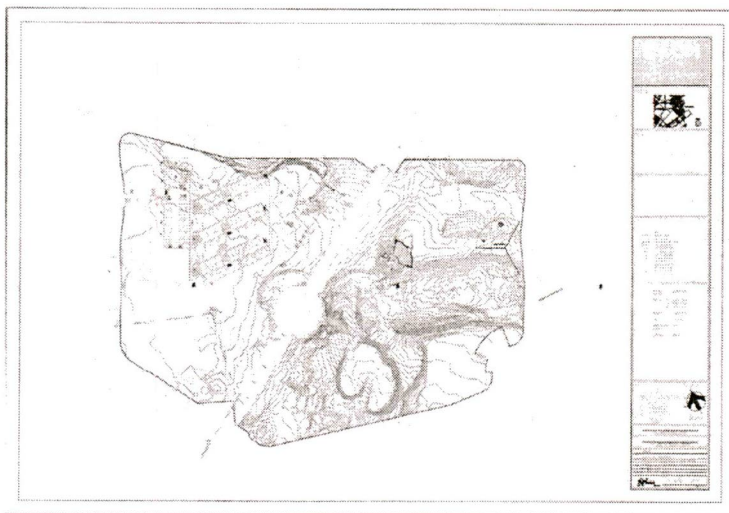


Ilustración 3.145.
Planta de Conjunto del plantel San Lorenzo Tezonco, UACM-SLT-Con-01

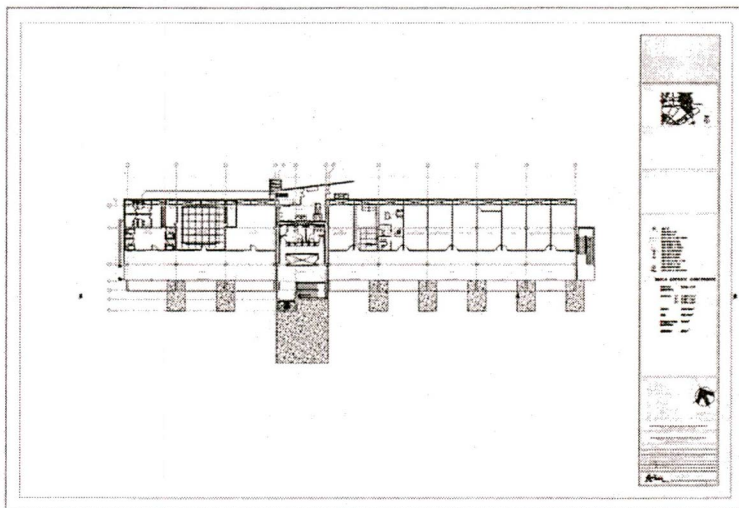


Ilustración 3.146.
Planta Baja, Edificio "C", plantel San Lorenzo Tezonco UACM-SLT-C.ARQ-01

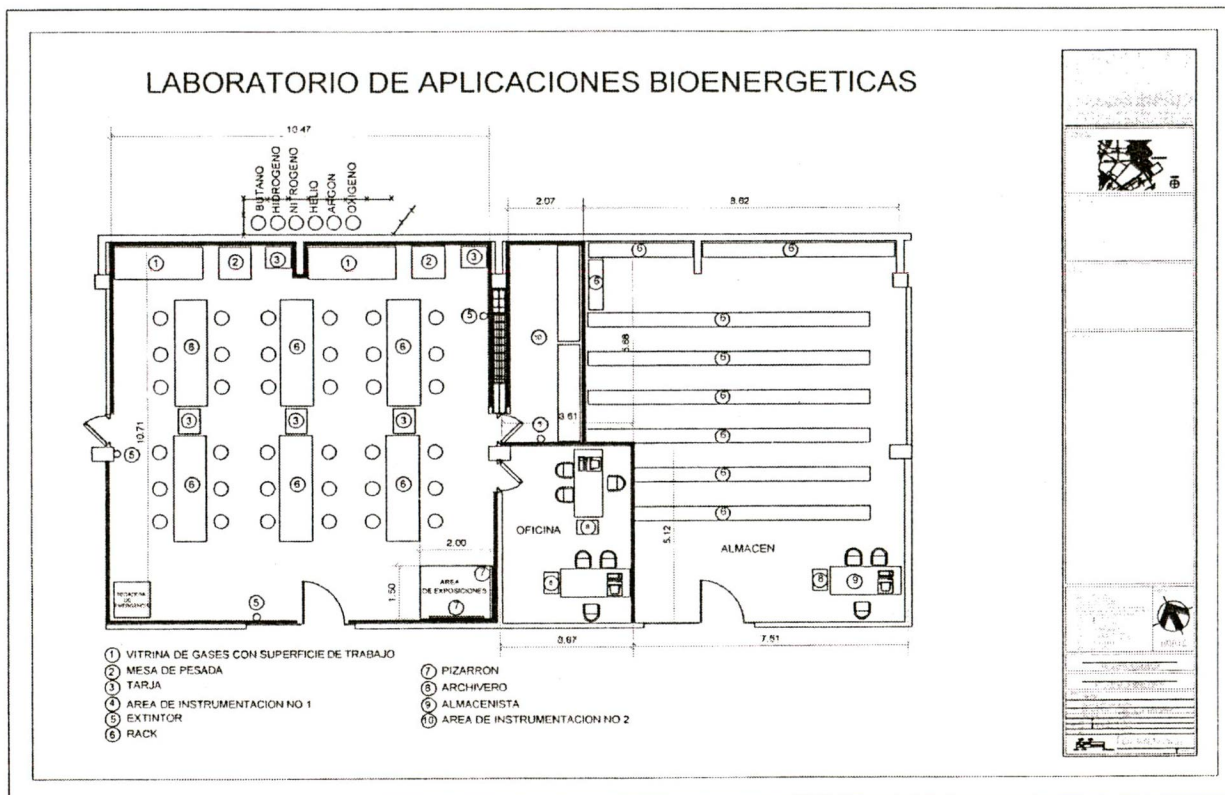


Ilustración 3.147.
Laboratorio de Aplicaciones Bioenergéticas en el plantel San Lorenzo Tezonco, propuesto

3.7. Técnicas de caracterización de mayor relevancia en la calidad de biodiésel

Con forme a la investigación realizada se ha encontrado que de las 16 pruebas y características físico químicas a analizar indicadas por la Norma ASTM6751, se identificaron 3 como las principales a tener en consideración debido a que son fundamentales en la calidad del biodiésel como combustible alternativo al diésel mineral.

Tabla 3.2. Características físico químicas principales del biodiésel

Característica Físico química	Norma	Descripción
Viscosidad	ASTM D445	<ul style="list-style-type: none"> La viscosidad es una medida de la resistencia al flujo de un líquido debido a la fricción interna causada por una parte de un fluido en movimiento sobre otra. Razón principal por la cual los aceites y grasas se transesterifican a biodiesel. Esta es una propiedad fundamental, ya que afecta el comportamiento de la inyección de combustible en los motores. La viscosidad de los aceites vegetales es aproximadamente un orden de magnitud mayor que la del diésel de petróleo mientras que la de biodiesel es sólo ligeramente mayor que la de diésel mineral.
Número de Cetano	ASTM D613	<ul style="list-style-type: none"> El número de cetano es el mejor parámetro para verificar la calidad del biodiesel comparado con el diésel mineral, equivale al octano en motores a gasolina. El cetano se inflama muy fácilmente bajo compresión, por esta razón, se le asigna un Número de Cetano de 100. El Hexadecano es un hidrocarburo del tipo alcano (es decir sin doble o triple enlaces) normal (sin ramificaciones) con fórmula química condensado $C_{16}H_{34}$.
Azufre	ASTM D5453	<ul style="list-style-type: none"> El biodiesel B100 es esencialmente libre de Azufre. Es un indicador de la contaminación o adulteración del combustible. En presencia de vapor de agua forma ácido sulfúrico lo que corroe y daña el motor, un consumo excesivo de aceite y acortará el tiempo de reconstrucción del motor.

Tabla de elaboración propia.

Con forme se ha establecido en la *Tabla 3.2. Características físico químicas principales del biodiésel*, las tres características fundamentales que permite que el biodiesel sea utilizado con toda seguridad son:

La Viscosidad, principalmente ya que la viscosidad intrínseca de los aceites y grasas naturales no permite su inyección directa en los motores a compresión, el Numero de Cetano porque es mayor en el biodiésel y se le reconoce como uno de los parámetro a medir concediéndole al biodiésel una categoría mayor al diésel mineral y el Contenido de azufre, mínimo en el biodiésel, debido a que al producirse la combustión del biodiesel, la emisión de óxidos de azufre es mínima, lo que disminuye la formación de aerosoles con óxidos de azufre y su posterior formación de ácido sulfuroso y ácido sulfúrico, constituyentes básicos de la lluvia ácida.

3.8. Potencial uso del Laboratorio de Aplicaciones Bioenergéticas propuesto

Contar con el Laboratorio de Aplicaciones Bioenergéticas, del biodiésel como fase inicial, tendrá en efecto vigorizante en la Maestría en FREyEE, ya que da la oportunidad de hacer más expedita la clase teórica y revisar con mayor profundidad los tópicos en la experimentación, permitiendo al estudiantado armonizar el conocimiento teórico con el conocimiento práctico de su área de estudio, mismo que hará el estudiantado tenga la capacitación y adiestramiento necesarios en su área profesional y académica que son dos requisitos básicos en la industria mexicana, permitiéndole así al egresado de la maestría ser mejor aceptado en el ámbito nacional e internacional.

El laboratorio propuesto servirá para una mejor comprensión de las unidades de aprendizaje con prácticas experimentales o no, para la Licenciatura en Ingeniería en Sistemas Energéticos en particular, a saber: Introducción a la ingeniería en sistemas energéticos (1-CT-SE-01), Termodinámica y fluidos (1-CT-FS-03), Química general (1-CT-QM01), Balance de materia y energía (1-CT-SE-03), Termodinámica avanzada (1-CT-SE-04), Mecánica de fluidos (1-CT-SE-05), Química orgánica general (1-CT-SE-06), Transferencia de calor (1-CT-SE-07), Sistemas energéticos alternativos (1-CT-SE-08), Procesos del petróleo (1-CT-SE-11), Fundamentos de energía nuclear (1-CT-SE-14), Combustibles y combustión (1-CT-SE-15), Procesos termodinámicos (1-CT-SE-17), Evaluación de proyectos energéticos (1-CT-SE-18), Bioenergía de los desechos sólidos (1-CT-SE-20), Energía y ambiente (1-CT-SE-24), Hidrógeno y celdas de combustibles (1-SE-ER-04), Simulación de procesos energéticos (1-SE-AE-03), Calidad de los sistemas energéticos (1-SE-AE-04), Diagnósticos energéticos (1-SE-AE-05), al menos (UACM, Ing. en Sistemas Energéticos, 2011). Es importante recordar que la Licenciatura en Ingeniería en Sistemas Energéticos es la antecesora inmediata de la Maestría FREyEE, lo que permitiría al estudiantado pre graduado, decidirse por la introducción e inscripción a la Maestría FREyEE en forma inmediata.

Para la Ingeniería en Sistemas de Transporte Urbano, las unidades de aprendizaje y de igual manera con y sin prácticas experimentales como: Termodinámica y fluidos (1-CT-FS-03), Química general (1-CT-QM-01), Sustentabilidad y transporte urbano (1-CT-TU-07), Ingeniería de pavimentos (1-CT-TU-08) (UACM, Ingeniería en Sistema de Transporte Urbano, 2006), debido a la afinidad y ayuda mutua con materiales y personal académico con la maestría FREyEE y con cualquier otra licenciatura, Maestría o Doctorado de la UACM lo solicite para enriquecer su curricula.

Servirá de base para ofrecer el Doctorado en Fuentes Renovables de Energía y Eficiencia Energética con énfasis de Bioenergía. Además de la Normatividad ASTM existe la Normatividad

Europea, que exige otras pruebas que no son incluidas por la ASTM para la caracterización del biodiésel. Faltaría incluir la generación y pruebas en el laboratorio del biometano (por descomposición microbiana), el Bioetanol (generado por la fermentación), biohidrógeno (por fermentación anaeróbico) por sólo incluir algunos y demás combustibles bioenergéticos.

Al personal académico le permitirá poner estudiantado en el Estado del Arte, ya que será parte de sus actividades el revisar los protocolos de experimentación y el verificar los resultados publicados en las revistas especializados, al mismo tiempo sirve de base para desarrollar nuevos protocolos de experimentos o la investigación de nuevos procesos o fenómenos, base para la publicación en revistas arbitradas, posibilitando el aumentar el número y calidad de los trabajos publicados y disminuir el tiempo en el desarrollo de los mismos.

Para la UACM, le permitirá elevar su nivel académico en las Licenciaturas y Maestría señala, aumentar el ofrecimiento académico de carreras con el Doctorado en Fuentes Renovables de Energía y Eficiencia Energética, tener una mejor percepción ante sociedad mexicana de su vacación social e ingenieril, colocar a sus egresados en su campo de especialización, mejorar a nivel nacional e internacional su posición de ente educativo de excelencia.

Conclusiones

Se identificó a la Maestría en Fuentes Renovables de Energía y Eficiencia Energética (FREyEE) de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México (UACM) como un área de oportunidad para lograr la excelencia en la investigación sobre bioenergía, específicamente en el tema del biodiésel.

El Estatuto General Orgánico de la UACM, instituye que dentro de sus funciones, la investigación es parte esencial de sus actividades; sin embargo, se encontró que la maestría en FREyEE aún no cuenta con laboratorio alguno, equipamiento o instrumentos asignados en lo particular para la investigación sobre la Biomasa, lo que nos da la oportunidad tener una mejora significativa en las actividades de la UACM, con la creación del Laboratorio de Aplicaciones Bioenergéticas para la maestría en FREyEE.

Como paso inicial, se identificó la normatividad mexicana aplicable al biodiésel, al no existir norma en específico, se prosiguió con la normatividad más afin que correspondió a la NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005 “Especificaciones de los combustibles fósiles para la protección ambiental” de donde se observa que la totalidad de la normas utilizadas como referencia pertenecen a la ASTM International, por lo que se utilizó la ASTM D6571, como la norma principal para satisfacer las necesidades generales del área de estudio y las específicas de las técnicas de caracterización del biodiésel, como inicio de actividades.

La ASTM D6571 establece 16 características fisicoquímicas, para evaluación de la calidad del biodiésel, de las que se identificaron las tres características más importantes en el biodiésel en función de su calidad combustible alternativo: la viscosidad, el número de cetano y el contenido de azufre, ya que el biodiésel debe tener características físico químicas similares al diésel mineral para hacerlo compatible como combustible alternativo en las motores a compresión. Las pruebas normalizadas son para el Azufre (ASTM D5453), el Número de Cetano, “Hexadecano” (ASTM D613) y la Viscosidad (ASTM D445), respectivamente.

Se identificó los materiales y equipamiento inicial para el Laboratorio de Aplicaciones Bioenergéticas con base en el análisis químico cuantitativo, que es básico para cualquier laboratorio, ya que se contempla que éste laboratorio sea parte también la licenciatura en Ingeniería en Sistemas Energéticos, antecedente inmediato de la maestría en FREyEE, con el fin de que sus egresados

continúen en forma contigua sus estudios en esta área de estudios, así como de la Ingeniería en Sistemas de Transporte Urbano que es a fin y tiene intercambio de personal académico con la maestría en FREyEE y que no es limitativo para las demás carreras que ofrece la UACM.

Se identificó de igual manera los materiales, consumibles y equipamiento los instrumentos necesarios para las técnicas de caracterización del biodiésel conforme a la normatividad internacional de la ASTM International propone.

El Laboratorio de Aplicaciones Bioenergéticas, se propone instalarlo en el plantel San Lorenzo Tezonco, debido a que las instalaciones y servicios disponibles son superiores a las del plantel Del Valle. Se identificaron para cada instrumento sus necesidades como características físicas, eléctricas, el consumo de gases auxiliares y demás particulares, necesarias para su instalación y operación. Se agrega un Lay-out inicial del Laboratorio de Aplicaciones Bioenergéticas, que puede servir de base para la planeación de los trabajos del laboratorio.

Se considera que contar con un laboratorio como el propuesto, se lograría hacer investigación básica relevante, colocar a estudiantado en la frontera del conocimiento en esta área, dar a los investigadores la oportunidad y bases para realizar sus exploraciones con el fin de ampliar el Estado del Arte, publicar sus trabajos en revistas arbitradas y mejorar la calificación de sus publicaciones y en un futuro no muy lejano, tener la posibilidad de ampliar el programa de maestría en Fuentes Renovables de Energía y Eficiencia Energética al Doctorado, con énfasis en Bioenergía.

En posteriores trabajos se tiene que colaborar más estrechamente con los posibles proveedores para afinar las fichas mecánicas de los equipos debido a que la información publicada en internet no es suficiente para todos los equipos. En el transcurso de la elaboración del presente trabajo, los fabricantes o proveedores de los equipos candidatos seleccionados no mostraron interés al solicitarles más información y cotizaciones de sus respectivos equipos, al no relacionarlo con una venta en firme.

En la revisión bibliográfica, se encontró que en el tema del biodiésel la información en español es escasa y muy somera, por lo que se recurrió a publicaciones en inglés principalmente. La paridad de cambio monetario peso-dólar y peso-euro, la hace cara, de igual manera aplica a la obtención de artículos publicados en revistas especializadas y de las normas de la ASTM, por la cantidad que se debió consultar, pero abre una oportunidad a los investigadores que tengan la diligencia de escribir en éste tema.

Como meta principal, será tener personal capacitado y adiestrado en el desarrollo de las Aplicaciones Energéticas de la Biomasa y lograr en cierto grado una independencia tecnológica del exterior y volcar los beneficios que traería al pueblo de México, quien es en última instancia quien sufraga los gastos que implica el funcionamiento de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México, como en toda entidad pública educativa en México.

Anexo

ASTM D6751-12 Standard Specification for Biodiesel Fuel Blend Stock (B100) for Middle Distillate Fuels



Designation: D6751 - 12

Standard Specification for Biodiesel Fuel Blend Stock (B100) for Middle Distillate Fuels¹

This standard is issued under the fixed designation D6751; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope*

1.1 This specification covers four grades of biodiesel (B100) for use as a blend component with middle distillate fuels. These grades are described as follows:

1.1.1 *Grade No. 1-B S15*—A special purpose biodiesel blendstock intended for use in middle distillate fuel applications which can be sensitive to the presence of partially reacted glycerides, including those applications requiring good low temperature operability, and also requiring a fuel blend component with 15 ppm sulfur (maximum).

1.1.2 *Grade No. 1-B S500*—A special purpose biodiesel blendstock intended for use in middle distillate fuel applications which can be sensitive to the presence of partially reacted glycerides, including those applications requiring good low temperature operability, and also requiring a fuel blend component with 500 ppm sulfur (maximum).

1.1.3 *Grade No. 2-B S15*—A general purpose biodiesel blendstock intended for use in middle distillate fuel applications that require a fuel blend component with 15 ppm sulfur (maximum).

1.1.4 *Grade No. 2-B S500*—A general purpose biodiesel blendstock intended for use in middle distillate fuel applications that require a fuel blend component with 500 ppm sulfur (maximum).

1.2 This specification prescribes the required properties of diesel fuels at the time and place of delivery. The specification requirements may be applied at other points in the production and distribution system when provided by agreement between the purchaser and the supplier.

1.3 Nothing in this specification shall preclude observance of federal, state, or local regulations which may be more restrictive.

Note 1—The generation and dissipation of static electricity can create problems in the handling of distillate fuel oils with which biodiesel may be blended. For more information on the subject, see Guide D4865.

1.4 The values stated in SI units are to be regarded as standard. No other units of measurement are included in this standard.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:²


- D93 Test Methods for Flash Point by Pensky-Martens Closed Cup Tester
- D130 Test Method for Corrosiveness to Copper from Petroleum Products by Copper Strip Test
- D189 Test Method for Conradson Carbon Residue of Petroleum Products
- D445 Test Method for Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids (and Calculation of Dynamic Viscosity)
- D524 Test Method for Ramsbottom Carbon Residue of Petroleum Products
- D613 Test Method for Cetane Number of Diesel Fuel Oil
- D664 Test Method for Acid Number of Petroleum Products by Potentiometric Titration
- D874 Test Method for Sulfated Ash from Lubricating Oils and Additives
- D974 Test Method for Acid and Base Number by Color-Indicator Titration
- D975 Specification for Diesel Fuel Oils
- D976 Test Method for Calculated Cetane Index of Distillate Fuels
- D1160 Test Method for Distillation of Petroleum Products at Reduced Pressure
- D1266 Test Method for Sulfur in Petroleum Products (Lamp Method)
- D1796 Test Method for Water and Sediment in Fuel Oils by the Centrifuge Method (Laboratory Procedure)
- D2274 Test Method for Oxidation Stability of Distillate Fuel Oil (Accelerated Method)
- D2500 Test Method for Cloud Point of Petroleum Products

¹ This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee D02 on Petroleum Products and Lubricants and is the direct responsibility of Subcommittee D02.E03 on Barret, Diesel, Non-Aviation Gas Turbine, and Marine Fuels.

Current edition approved Aug. 1, 2012. Published November 2012. Originally approved in 1999 as PS 121-99. Adopted as a standard in 2002 as D6751-02. Last previous edition approved in 2011 as D6751-11b. DOI: 10.1520/D6751-12.

² For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For Annual Book of ASTM Standards volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

*A Summary of Changes section appears at the end of this standard


D6751 - 12

D2622 Test Method for Sulfur in Petroleum Products by Wavelength Dispersive X-ray Fluorescence Spectrometry

D2709 Test Method for Water and Sediment in Middle Distillate Fuels by Centrifuge

D2880 Specification for Gas Turbine Fuel Oils

D3117 Test Method for Wax Appearance Point of Distillate Fuels (Withdrawn 2010)²

D3120 Test Method for Trace Quantities of Sulfur in Light Liquid Petroleum Hydrocarbons by Oxidative Microcoulometry

D3242 Test Method for Acidity in Aviation Turbine Fuel

D3828 Test Methods for Flash Point by Small Scale Closed Cup Tester

D4057 Practice for Manual Sampling of Petroleum and Petroleum Products

D4177 Practice for Automatic Sampling of Petroleum and Petroleum Products

D4294 Test Method for Sulfur in Petroleum and Petroleum Products by Energy Dispersive X-ray Fluorescence Spectrometry

D4530 Test Method for Determination of Carbon Residue (Micro Method)

D4757 Test Method for Calculated Cetane Index by Four Variable Equation

D4865 Guide for Generation and Dissipation of Static Electricity in Petroleum Fuel Systems

D4951 Test Method for Determination of Additive Elements in Lubricating Oils by Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry

D5453 Test Method for Determination of Total Sulfur in Light Hydrocarbons, Spark Ignition Engine Fuel, Diesel Engine Fuel, and Engine Oil by Ultraviolet Fluorescence

D5771 Test Method for Cloud Point of Petroleum Products (Optical Detection Stepped Cooling Method)

D5772 Test Method for Cloud Point of Petroleum Products (Linear Cooling Rate Method)

D5773 Test Method for Cloud Point of Petroleum Products (Constant Cooling Rate Method)

D6217 Test Method for Particulate Contamination in Middle Distillate Fuels by Laboratory Filtration

D6450 Test Method for Flash Point by Continuously Closed Cup (CCCFP) Tester

D6469 Guide for Microbial Contamination in Fuels and Fuel Systems

D6584 Test Method for Determination of Total Monoglycerides, Total Diglycerides, Total Triglycerides, and Free and Total Glycerin in B-100 Biodiesel Methyl Esters by Gas Chromatography

D6890 Test Method for Determination of Ignition Delay and Derived Cetane Number (DCN) of Diesel Fuel Oils by Combustion in a Constant Volume Chamber

D7039 Test Method for Sulfur in Gasoline and Diesel Fuel by Monochromatic Wavelength Dispersive X-ray Fluorescence Spectrometry

D7307 Test Method for Cloud Point of Petroleum Products

² The last approved version of this historical standard is referenced on www.astm.org.

(Miniaturized Optical Method)

D7501 Test Method for Determination of Fuel Filter Blocking Potential of Biodiesel (B100) Blend Stock by Cold Soak Filtration Test (CSFT)

2.2 Government Standard:

40 CFR Part 79 Registration of Fuels and Fuel Additives—Section 211(b) Clean Air Act⁴

2.3 Other Documents:

AOCS Standard Procedure Ck 2-09⁵ Determination of Various Properties of Biodiesel by the QTA System Method⁶

UOP 389 Trace Metals in Oils by Wet Ashing and ICP-OES⁷

UOP 391-91 Trace Metals in Petroleum Products or Organics by AAS⁷

EN 14105 Fat and oil derivatives—Fatty Acid Methyl Esters (FAME)—Determination of free and total glycerol and mono-, di-, triglyceride contents (Reference method)⁸

EN 14110 Fat and oil derivatives—Fatty acid methyl esters (FAME)—Determination of methanol content⁸

EN 14112 Fat and oil derivatives—Fatty acid methyl esters (FAME)—Determination of oxidation stability (Accelerated oxidation test)⁸

EN 14538 Fat and oil derivatives—Fatty acid methyl esters (FAME)—Determination of Ca, K, Mg and Na content by optical emission spectral analysis with inductively coupled plasma (ICP OES)⁸

EN 15751 Automotive fuels - Fatty acid methyl ester (FAME) fuel and blends with diesel fuel - Determination of oxidation stability by accelerated oxidation method⁸

3. Terminology

3.1 Definitions:

3.1.1 *biodiesel, n*—fuel comprised of mono-alkyl esters of long chain fatty acids derived from vegetable oils or animal fats, designated B100.

3.1.1.1 *Discussion—biodiesel*, as defined above, is registered with the U.S. EPA as a fuel and a fuel additive under Section 211(b) of the Clean Air Act (40 CFR Part 79). There is, however, other usage of the term biodiesel in the marketplace. Due to its EPA registration and the widespread commercial use of the term biodiesel in the U.S. marketplace, the term biodiesel will be maintained for this specification.

3.1.1.2 *Discussion—Biodiesel* is typically produced by a reaction of a vegetable oil or animal fat with an alcohol such as methanol or ethanol in the presence of a catalyst to yield mono-alkyl esters and glycerol, which is removed. The finished biodiesel derives approximately 10 % of its mass from the reacted alcohol. The alcohol used in the reaction may or may not come from renewable resources.


⁴ Available from U.S. Government Printing Office, Superintendent of Documents, 732 N. Capitol St., NW, Mail Stop: SDE, Washington, DC 20401.

⁵ Available from AOCS Headquarters, 2710 S. Boulder, Urbana, IL 61802-6996. Download Product Code: MC-CE209 from www.aocs.org.

⁶ QTA is a registered trademark of the Cognis Corporation, 5051 Enterprise Drive, Cincinnati, OH 45232-1446.

⁷ Available from ASTM International, 100 Bar Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA. Visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org.

⁸ Available from the National CEN Members listed on the CEN website (www.cen.eu/en/cen) or from the CEN/TC19 secretariat (custm@cen.eu).

 D6751 - 12

3.1.2 *biodiesel blend (BXX)*, *n*—blend of biodiesel fuel with diesel fuel oils.

3.1.2.1 *Discussion*—In the abbreviation BXX, the XX represents the volume percentage of biodiesel fuel in the blend.

3.1.3 *biodiesel fuel*, *n*—synonym for *biodiesel*.

3.1.4 *diesel fuel*, *n*—middle petroleum distillate fuel.

3.1.5 *free glycerin*, *n*—a measure of the amount of glycerin remaining in the fuel.

3.1.6 *Grade S15 B100*, *n*—a grade of biodiesel meeting ASTM Specification D6751 and having a sulfur specification of 15 ppm maximum.

3.1.7 *Grade S500 B100*, *n*—a grade of biodiesel meeting ASTM Specification D6751 and having a sulfur specification of 500 ppm maximum.

3.1.8 *middle distillate fuel*, *n*—kerosines and gas oils boiling between approximately 150°C and 400°C at normal atmospheric pressure and having a closed-cup flash point above 38°C.

3.1.9 *monoglyceride*, *n*—a partially reacted fat or oil molecule with one long chain alkyl ester group on a glycerin backbone.

3.1.10 *total glycerin*, *n*—the sum of the free glycerin and the glycerin portion of any unreacted or partially reacted oil or fat.

4. Requirements

4.1 The biodiesel specified shall be mono-alkyl esters of long chain fatty acids derived from vegetable oils and animal fats.

4.2 Unless otherwise specified, samples for analysis shall be taken by the procedure described in Practices D4057 or D4177.

4.3 The biodiesel specified shall conform to the detailed requirements shown in Table 1.

Note 2—A considerable amount of experience exists in the U.S. with a 20% blend of biodiesel, primarily produced from soybean oil, with 80% diesel fuel (B20). Experience with biodiesel produced from animal fat and other oils is similar. Experience with B20 and lower blends in other applications is not as prevalent. Although biodiesel (B100) can be used, blends of over 20% biodiesel with diesel fuel (B20) should be evaluated on a case by case basis until further experience is available.

Note 3—The user should consult the equipment manufacturer or owner's manual regarding the suitability of using biodiesel or biodiesel blends in a particular engine or application.

5. Test Methods

5.1 The requirements enumerated in this specification shall be determined in accordance with the following methods.

5.1.1 *Flash Point*—Test Methods D93, except where other methods are prescribed by law. Test Methods D3828 or D6450 can also be used. The precision and bias of Test Methods D3828 and D6450 with biodiesel is not known and is currently under investigation. Test Methods D93 shall be the referee method.

5.1.2 *Water and Sediment*—Test Method D2709. Test Method D1796 may also be used. Test Method D2709 shall be the referee method. The precision and bias of these test methods with biodiesel is not known and is currently under investigation.

5.1.3 *Viscosity*—Test Method D445.

5.1.4 *Monoglycerides*—Test Method D6584, Test Method EN 14105, and AOCs Standard Procedure Ck 2-09 may be used. Test Method D6584 shall be the referee test method.

5.1.5 *Sulfated Ash*—Test Method D874.

5.1.6 *Oxidation Stability*—Test Method EN 15751. Test Method EN 14112 may also be used. See X1.19.1 for further information. Test Method EN 15751 shall be the referee test method.

5.1.7 *Sulfur*—Test Method D5453. Test Method D7039 may also be used. Other test methods may also be suitable for determining up to 0.05% (500 ppm) sulfur in biodiesel fuels such as Test Methods D1266, D2622, D3120 and D4294 but may provide falsely high results (see X1.5) although their precision and bias with biodiesel is unknown. Test Method D5453 shall be the referee test method.

5.1.8 *Corrosion*—Test Method D130, 3 h test at 50°C.

5.1.9 *Cetane Number*—Test Method D613. Test Method D6890 may also be used. Test Method D613 shall be the referee method.

5.1.10 *Cloud Point*—Test Method D2500. Test Method D5771, D5772, D5773, D7397, or AOCs Standard Procedure Ck 2-09 may also be used. Test Method D3117 may also be used because it is closely related. Test Method D2500 shall be the referee test method. The precision and bias of Test Method D3117 for biodiesel is not known and is currently under investigation.

5.1.11 *Acid Number*—Test Method D664. Test Methods D3242 or D974 may also be used. Test Method D664 shall be the referee test method.

5.1.12 *Carbon Residue*—Test Method D4530. A 100% sample shall replace the 10% residual, with percent residue in the original sample reported using the 10% residual calculation (see X1.9.1). Test Methods D189 or D524 may also be used. Test Method D4530 shall be the referee method.

5.1.13 *Total Glycerin*—Test Method D6584. AOCs Standard Procedure Ck 2-09 may also be used. Test Method D6584 is the referee method.

5.1.14 *Free Glycerin*—Test Method D6584. AOCs Standard Procedure Ck 2-09 may also be used. Test Method D6584 is the referee method.

5.1.15 *Phosphorus Content*—Test Method D4951.


5.1.16 *Disillation Temperature, Reduced Pressure*—Test Method D1160.

5.1.17 *Calcium and Magnesium, combined*—Test Method EN 14538. Test Method UOP 389 may also be used. Test Method EN 14538 shall be the referee test method.

5.1.18 *Sodium and Potassium, combined*—Test Method EN 14538. Test Method UOP 391 may also be used. Test Method EN 14538 shall be the referee test method.

5.1.19 *Cold Soak Filterability*—Test Method D7501. B100 intended for blending into diesel fuels that is expected to give satisfactory vehicle performance at fuel temperatures at or below -12°C shall comply with a cold soak filtration limit of 200 s maximum.

5.1.20 *Methanol Content*—Test Method EN 14110. AOCs Standard Procedure Ck 2-09 may also be used. Test Method EN 14110 shall be the referee test method.

 D6751 – 12
6. Workmanship

6.1 The biodiesel fuel shall be visually free of undissolved water, sediment, and suspended matter.

7. Keywords

7.1 alternative fuel; biodiesel fuel; diesel fuel oil; fuel oil; renewable resource

APPENDIXES

(Nonmandatory Information)

XI. SIGNIFICANCE OF PROPERTIES SPECIFIED FOR BIODIESEL FUEL**X1.1 Introduction**

X1.1.1 The properties of commercial biodiesel fuel depends upon the refining practices employed and the nature of the renewable lipids from which it is produced. Biodiesel, for example, can be produced from a variety of vegetable oils or animal fats which produce similar volatility characteristics and combustion emissions with varying cold flow properties.

X1.1.2 The significance of the properties in this appendix are based primarily on the commercial use of biodiesel in on-road and off-road diesel engine applications. Some of the properties may take on other significance if biodiesel is used as a fuel or blending component in other applications. See the respective finished product specifications for additional information on significance of properties of those applications.

X1.2 Flash Point

X1.2.1 The flash point, as specified, is not directly related to engine performance. It is, however, of importance in connection with legal requirements and safety precautions involved in fuel handling and storage that are normally specified to meet insurance and fire regulations.

X1.2.2 The flash point for biodiesel has been set at 93°C (200°F) minimum, so biodiesel falls under the non-hazardous category under National Fire Protection Association codes.

X1.3 Viscosity

X1.3.1 For some engines it may be advantageous to specify a minimum viscosity because of power loss due to injection pump and injector leakage. Maximum allowable viscosity, on the other hand, is limited by considerations involved in engine design and size, and the characteristics of the injection system. The upper limit for the viscosity of biodiesel (6.0 mm²/s at 40°C) is higher than the maximum allowable viscosity in Specification D975 Grade 2-D and 2-D low sulfur (4.1 mm²/s at 40°C). Blending biodiesel with diesel fuel close to its upper limit could result in a biodiesel blend with viscosity above the upper limits contained in Specification D975.

X1.4 Sulfated Ash

X1.4.1 Ash-forming materials may be present in biodiesel in three forms: (1) abrasive solids, (2) soluble metallic soaps, and (3) unremoved catalysts. Abrasive solids and unremoved catalysts can contribute to injector, fuel pump, piston and ring wear, and also to engine deposits. Soluble metallic soaps have little effect on wear but may contribute to filter plugging and engine deposits.

X1.5 Sulfur

X1.5.1 The effect of sulfur content on engine wear and deposits appears to vary considerably in importance and depends largely on operating conditions. Fuel sulfur can also affect emissions control systems performance and various limits on sulfur have been imposed for environmental reasons. B100 is essentially sulfur-free.

NOTE X1.1.—Test Method D2453 should be used with biodiesel. Use of other test methods may provide falsely high results when analyzing B100 with extremely low sulfur levels (less than 5 ppm). Biodiesel sulfur analysis from RR.D02.1480⁵, *Biodiesel Fuel Cetane Number Testing Program, January-April, 1999*, using Test Method D2622 yielded falsely high results due to the presence of the oxygen in the biodiesel. Sulfur results using Test Method D2622 were more accurate with B20 than with B100 due to the lower oxygen content of B20. Potential improvements to Test Method D2622 may provide more accurate values in the future.

X1.6 Copper Strip Corrosion

X1.6.1 This test serves as a measure of possible difficulties with copper and brass or bronze parts of the fuel system. The presence of acids or sulfur-containing compounds can tarnish the copper strip, thus indicating the possibility for corrosion.

X1.7 Cetane Number


X1.7.1 Cetane number is a measure of the ignition quality of the fuel and influences white smoke and combustion roughness. The cetane number requirements depend on engine design, size, nature of speed and load variations, and on starting and atmospheric conditions.

X1.7.2 The calculated cetane index, Test Methods D976 or D4737, may not be used to approximate the cetane number with biodiesel or its blends. There is no substantiating data to support the calculation of cetane index with biodiesel or biodiesel blends.

X1.8 Cloud Point

X1.8.1 Cloud point is of importance in that it defines the temperature at which a cloud or haze of crystals appears in the fuel under prescribed test conditions which generally relates to the temperature at which crystals begin to precipitate from the fuel in use. Biodiesel generally has a higher cloud point than petroleum based diesel fuel. The cloud point of biodiesel and its impact on the cold flow properties of the resulting blend

⁵ Supporting data have been filed at ASTM International Headquarters and may be obtained by requesting Research Report RR.L02.1480.

 D6751 - 12

should be monitored by the user to ensure trouble-free operation in cold climates. For further information, consult Appendix X4 of Specification D975.

X1.9 Carbon Residue

X1.9.1 Carbon residue gives a measure of the carbon depositing tendencies of a fuel oil. While not directly correlating with engine deposits, this property is considered an approximation. Although biodiesel is in the distillate boiling range, most biodiesels boil at approximately the same temperature and it is difficult to leave a 10 % residual upon distillation. Thus, a 100 % sample is used to replace the 10 % residual sample, with the calculation executed as if it were the 10 % residual. Parameter E (final weight flask charge/original weight flask charge) in 8.1.2 of Test Method D4530-93 is a constant 20/200.

X1.10 Acid Number

X1.10.1 The acid number is used to determine the level of free fatty acids or processing acids that may be present in biodiesel. Biodiesel with a high acid number has been shown to increase fueling system deposits and may increase the likelihood for corrosion.

NOTE X1.2—Acid number measures a different phenomenon for biodiesel than petroleum based diesel fuel. The acid number for biodiesel measures free fatty acids or degradation by-products not found in petroleum based diesel fuel. Increased recycle temperatures in new fuel system designs may accelerate fuel degradation which could result in high acid values and increased filter plugging potential.

X1.11 Free Glycerin

X1.11.1 The free glycerin method is used to determine the level of glycerin in the fuel. High levels of free glycerin can cause injector deposits, as well as clogged fueling systems, and result in a buildup of free glycerin in the bottom of storage and fueling systems.

X1.12 Total Glycerin

X1.12.1 The total glycerin method is used to determine the level of glycerin in the fuel and includes the free glycerin and the glycerine portion of any unreacted or partially reacted oil or fat. Low levels of total glycerin ensure that high conversion of the oil or fat into its mono-alkyl esters has taken place. High levels of mono-, di-, and triglycerides can cause injector deposits and may adversely affect cold weather operation and filter plugging.

X1.13 Monoglycerides

X1.13.1 See information provided in Appendix X3.

X1.14 Phosphorus Content

X1.14.1 Phosphorus can damage catalytic converters used in emissions control systems and its level must be kept low. Catalytic converters are becoming more common on diesel-powered equipment as emissions standards are tightened, so low phosphorus levels will be of increasing importance. Biodiesel produced from U.S. sources has been shown to have low phosphorus content (below 1 ppm) and the specification value of 10 ppm maximum is not problematic. Biodiesel from

other sources may or may not contain higher levels of phosphorus and this specification was added to ensure that all biodiesels, regardless of the source, has low phosphorus content.

X1.15 Reduced Pressure Distillation

X1.15.1 Biodiesel exhibits a boiling point rather than a distillation curve. The fatty acids chains in the raw oils and fats from which biodiesel is produced are mainly comprised of straight chain hydrocarbons with 16 to 18 carbons that have similar boiling temperatures. The atmospheric boiling point of biodiesel generally ranges from 350 to 357°C, thus the specification value of 360°C is not problematic. This specification was incorporated as an added precaution to ensure the fuel has not been adulterated with high boiling contaminants.

NOTE X1.3—The density of biodiesel meeting the specifications in Table 1 falls between 0.86 and 0.90, with typical values falling between 0.88 and 0.89. Since biodiesel density falls between 0.86 and 0.90, a separate specification is not needed. The density of raw oils and fats is similar to biodiesel, therefore use of density as an expedient check of fuel quality may not be as useful for biodiesel as it is for petroleum based diesel fuel. This section has been added to provide users and engine interests with this information.

NOTE X1.4—In certain items of fuel injection equipment in compression ignition engines, such as rotary/distributor fuel pumps and injectors, the fuel functions as a lubricant as well as a source for combustion. Blending biodiesel fuel with petroleum based compression-ignition fuel typically improves fuel lubricity.

X1.16 Alcohol Control

X1.16.1 Alcohol control is to limit the level of unreacted alcohol remaining in the finished fuel. This can be measured directly by the volume percent alcohol or indirectly through a high flash point value.


X1.16.2 The flash point specification, when used for alcohol control for biodiesel, is intended to be 100°C minimum, which has been correlated to 0.2 vol % alcohol. Typical values are over 160°C. Due to high variability with Test Method D93 as the flash point approaches 100°C, the flash point specification has been set at 150°C minimum to ensure an actual value of 100°C minimum. Improvements and alternatives to Test Method D93 are being investigated. Once complete, the specification of 100°C minimum may be reevaluated for alcohol control.

X1.17 Calcium and Magnesium

X1.17.1 Calcium and magnesium may be present in biodiesel as abrasive solids or soluble metallic soaps. Abrasive solids can contribute to injector, fuel pump, piston, and ring wear, as well as to engine deposits. Soluble metallic soaps have little effect on wear, but they may contribute to filter plugging and engine deposits. High levels of calcium and magnesium compounds may also be collected in exhaust particulate removal devices, are not typically removed during passive or active regeneration, and can create increased back pressure and reduced time to service maintenance.

X1.18 Sodium and Potassium

X1.18.1 Sodium and potassium may be present in biodiesel as abrasive solids or soluble metallic soaps. Abrasive solids can

 D6751 – 12

contribute to injector, fuel pump, piston and ring wear, and also to engine deposits. Soluble metallic soaps have little effect on wear, but they may contribute to filter plugging and engine deposits. High levels of sodium or potassium compounds may also be collected in exhaust particulate removal devices, are not typically removed during passive or active regeneration, and they can create increased back pressure and reduced period to service maintenance.

X1.19 Oxidation Stability

X1.19.1 Products of oxidation in biodiesel can take the form of various acids or polymers, which, if in high enough

concentration, can cause fuel system deposits and lead to filter clogging and fuel system malfunctions. Additives designed to retard the formation of acids and polymers can significantly improve the oxidation stability performance of biodiesel. See Appendix X2 for additional information on long-term storage. It is recommended that EN 15751 be utilized for measurement of biodiesel oxidation stability, because EN 14112 may be withdrawn in the future as an option for testing biodiesel and biodiesel blends.

X2. LONG-TERM STORAGE OF BIODIESEL

X2.1 Scope

X2.1.1 This appendix provides guidance for consumers of biodiesel (B100) who may wish to store quantities of fuels for extended periods. Consistently successful long-term fuel storage requires attention to fuel selection, storage conditions, and monitoring of properties prior to and during storage. This appendix is directed toward biodiesel (B100) and may be more or less applicable to blends of biodiesel with petroleum based diesel fuel.

X2.1.2 Normally produced biodiesel has adequate stability properties to withstand normal storage without the formation of troublesome amounts of insoluble degradation products, although data suggests some biodiesel may degrade faster than petroleum based diesel fuel. Biodiesel that is to be stored for prolonged periods should be selected to avoid formation of sediments, high acid numbers, and high viscosities that can clog filters, affect fuel pump operation or plug combustor nozzles or injectors. The selection of biodiesel should result from supplier-user discussions.

X2.1.3 These suggested practices are general in nature and should not be considered substitutes for any requirement imposed by the warranty of the distillate fuel equipment manufacturers or by federal, state, or local government regulations. Although they cannot replace knowledge of local conditions or good engineering and scientific judgment, these suggested practices do provide guidance in developing an individual fuel management system for the biodiesel fuel user. They include suggestions in the operation and maintenance of existing fuel storage and handling facilities and for identifying where, when, and how fuel quality should be monitored.

X2.2 Terminology

X2.2.1 *bulk fuel*—fuel in the storage facility in quantities over 50 gallons.

X2.2.2 *combustor fuel*—fuel entering the combustion zone of the burner or engine after filtration or other treatment of bulk fuel.

X2.2.3 *fuel contaminants*—foreign materials that make fuel less suitable or unsuitable for the intended use. Fuel contaminants include materials introduced subsequent to the manufacture of fuel and fuel degradation products.

X2.2.4 *fuel-degradation products*—those materials formed in fuel after it is produced. Insoluble degradation products may combine with other fuel contaminants to reinforce deleterious effects. Soluble degradation products (acids and gums) may be more or less volatile than the fuel and may cause an increase in injector and nozzle deposits. The formation of degradation products may be catalyzed by contact with metals, especially those containing copper and, to a lesser extent, iron.

X2.2.5 *long-term storage*—storage of fuel for longer than 6 months after it is received by the user.

X2.3 Fuel Selection

X2.3.1 The stability properties of biodiesel are not fully understood and appear to depend on the vegetable oil and animal fat sources, severity of processing, and whether additional production plant treatment has been carried out or stability additives are present.

X2.3.2 The composition and stability properties of biodiesel produced at specific production plants may be different. Any special requirements of the user, such as long-term storage, should be discussed with the supplier.


X2.4 Fuel Additives

X2.4.1 Available fuel additives appear to improve the long term storage of biodiesel. Most additives should be added as close to the production site as possible to obtain maximum benefits.

X2.4.2 Biocides or biostats destroy or inhibit the growth of fungi and bacteria which can grow at fuel-water interfaces to give high particulate concentrations in the fuel. Available biocides are soluble in the fuel phase or the water phase, or both. Refer to Guide D6469 for a more complete discussion.

X2.5 Tests for Fuel Quality

X2.5.1 Test methods for estimating the storage stability of biodiesel (B100) are being developed. Modifications of Test Method D2274 to use glass fiber filters, varying times and temperatures, and the measurement of pre-test and post-test acid number and viscosity appear promising. However, correlation of this test with actual storage stability is unknown, and may depend upon field conditions and fuel composition.

 D6751 - 12

X2.5.2 Performance criteria for accelerated stability tests that ensure satisfactory long-term storage of biodiesel (B100) have not been established.

X2.6 Fuel Monitoring

X2.6.1 A plan for monitoring the quality of bulk fuel during prolonged storage is an integral part of a successful monitoring program. A plan to replace aged fuel with fresh product at established intervals is also desirable.

X2.6.2 Stored fuel should be periodically sampled and its quality assessed. Practice D4057 provides guidance for sampling. Fuel contaminants and degradation products may settle to the bottom of a quiescent tank although detrimental changes to biodiesel can occur (rising acid value) without causing sediment formation. A *Bottom or Clearance* sample, as defined in Practice D4057, should be included in the evaluation along with an *All Level* sample.

X2.6.3 The quantity of insoluble fuel contaminants present in biodiesel can be determined using Test Method D6217 with glass fiber filters and abundant washing although no precision or bias testing has been performed with biodiesel using Test Method D6217.

X2.6.4 The acid value of biodiesel appears to exceed its specified maximum before other deleterious fuel property changes occur. A conscientious program of measuring the acid value of biodiesel may be sufficient for monitoring biodiesel stability.

X2.7 Fuel Storage Conditions

X2.7.1 Contamination levels in fuel can be reduced by storage in tanks kept free of water, and tankage should have provisions for water draining on a scheduled basis. Water promotes corrosion, and microbiological growth may occur at a fuel-water interface. Refer to Guide D6469 for a more complete discussion. Underground or isothermal storage is preferred to avoid temperature extremes; above-ground storage tanks should be sheltered or painted with reflective paint. High storage temperatures accelerate fuel degradation. Fixed roof tanks should be kept full to limit oxygen supply and tank breathing. The use of airtight sealed containers, such as drums or totes, can enhance the storage life of biodiesel.

X2.7.2 Copper and copper-containing alloys should be avoided with biodiesel due to increased sediment and deposit formation. Contact with lead, tin, and zinc can also cause increased sediment levels that can rapidly plug filters and should be avoided.

X2.7.3 Appendix X3 of Specification D2880 discusses fuel contaminants as a general topic. The discussion in Specification D2880 pertains to gas turbine combustion which may or may not be applicable to diesel engine combustion.

X3. LOW TEMPERATURE OPERABILITY OF BIODIESEL BLENDS

X3.1 General Considerations

X3.1.1 The cold flow properties of biodiesel (B100) meeting Specification D6751 depend mainly on the number of carbons in the fatty acid chains, the degree of saturation of the fatty acid chains, and the alcohol to which the fatty acid chains are esterified. Residual constituents from biodiesel raw materials and production processes can affect fuel filter operation with biodiesel and biodiesel blends as fuel temperatures become colder, as can contaminants that accumulate during fuel storage and distribution. The concentration of biodiesel inclusion can also affect the cold flow properties of the finished blend.

X3.1.2 It is unrealistic to specify low temperature properties of biodiesel blends that will ensure satisfactory operation at all ambient conditions in all storage situations. In general, cloud point, Low Temperature Flow Test (LTFT), and Cold Filter Plugging Point (CFPP) might be used as estimates of operating temperature limits for biodiesel blends, although precision data may not be available for biodiesel blends in all of these test methods. However, equipment design, operating conditions, and the use of flow-improver additives can allow satisfactory operation of the biodiesel blend below its cloud point.


X3.1.3 Due to fuel delivery system, engine design, and test method differences, low temperature operability tests may not provide the same degree of protection in all biodiesel blend

applications or storage situations. Appropriate low temperature operability properties should be agreed upon between the fuel supplier and purchaser for the intended use of the biodiesel blend and the expected ambient temperatures.

X3.2 Influence of Residual Constituents and Contaminants

X3.2.1 Residual non-mono-alkyl ester constituents in biodiesel that remain from biodiesel raw materials and production processes can contribute to fuel filter fouling over time especially if biodiesel blends are stored at low temperatures. Certain residual constituents have been found on fouled biodiesel blend filters in the field. For example, sterol glucosides, monopalmitin, and monostearin have been identified in elevated quantities on biodiesel blend dispenser filters that fouled at temperatures above the cloud point of the blended fuel. Water in poorly maintained diesel distribution systems can interact with the residual constituents in biodiesel to increase the likelihood of filter clogging.

X3.2.2 Specification D6751 on B100 blend stock restricts some residual constituents and contaminants either directly or indirectly. The limit on Test Method D6584 total glycerin indirectly controls monoglycerides and related derivatives. Limits on Test Method D874 sulfated ash and EN 14538 for combined calcium/magnesium and combined sodium/potassium indirectly control soap levels. Test Method D2709

 D6751 – 12

limits water and sediment content. Additionally, Test Method D7501 is a performance based filtration test that provides an assessment of the aggregate impact of residual constituents and contaminants on the filter clogging potential of the finished blend.

X3.2.5 Fuel contaminants found in distribution systems can also contribute to low temperature filter clogging with biodiesel and biodiesel blends.

X3.3 Low Temperature Operability Considerations

X3.3.1 In establishing low temperature operability requirements for biodiesel and biodiesel blends, consideration should be given to the following factors:

X3.3.1.1 Temperature guidelines such as those in Specification D975, Appendix X5, Tenth Percentile Minimum Ambient Air Temperatures for the United States (Except Hawaii).

X3.3.1.2 Short term local weather conditions (unusual cold periods do occur).

X3.3.1.3 Elevation (high locations are usually colder than surrounding lower areas).

X3.3.1.4 Specific engine design or other application.

X3.3.1.5 Fuel system design (for example, fuel recirculation rate, filter location, filter capacity, filter porosity).

X3.3.1.6 Fuel viscosity at low temperatures.

X3.3.1.7 The specific characteristics of the middle distillate fuel with which the biodiesel will be blended.

X3.3.1.8 Type of blending that will be used (in-line or splash).

X3.3.1.9 Temperature and volume of both the diesel and biodiesel to be blended.

X3.3.1.10 Equipment add-ons (engine heaters, radiator covers, fuel line and fuel filter heaters, exterior fuel filters, etc.).

X3.3.1.11 Types of operation (extensive idling, engine shut-down, or unusual operation).

X3.3.1.12 Low temperature flow improver additive effectiveness.

X3.3.1.13 Geographic area for fuel use and movement between geographic areas.

X3.3.1.14 General housekeeping (dirt, water, or both, in fuel or fuel supply system).

X3.3.1.15 Impact of failure for engine to start or run effectively (critical vs. non-critical application).

X3.3.2 Some biodiesel residual constituents might not come out of solution in a biodiesel blend unless exposed to cold temperature for an extended period of time. These constituents may come out of solution above the measured cloud point of the blend and might or might not go back into solution when the blend is warmed to a higher temperature. Specification D6751 contains requirements such as cold soak filterability and total glycerin to reduce the potential influence of such constituents on low temperature operability.

X3.3.3 Work in the area of low temperature operability is ongoing by several organizations in 2010, such as the Coordinating Research Council (CRC) Diesel Performance Group and the ASTM Biodiesel Task Force. These groups include representatives from the engine and filter equipment manufacturers, fuel injection equipment manufacturers, fuel producers and additive suppliers. These groups are investigating field reports involving filter plugging of distribution system filters and vehicle filters, causal factors for filter plugging with biodiesel blends, and controlled laboratory analysis of vehicle performance under cold conditions.

SUMMARY OF CHANGES

Subcommittee D02.E0 has identified the location of selected changes to this standard since the last issue (D6751-11b) that may impact the use of this standard. (Approved Aug. 1, 2012.)


- | | |
|--|---|
| (1) Added two new grades of biodiesel to the standard. | (5) Updated and editorially reformatted Table 1. |
| (2) Updated the Scope. | (6) Add AOCS Ck 2-09 test method as option for Monoglyceride content. |
| (3) Added EN 14105 to the Referenced Documents and text. | |
| (4) Added monoglyceride definition to Terminology. | |

Subcommittee D02.E0 has identified the location of selected changes to this standard since the last issue (D6751-11a) that may impact the use of this standard. (Approved July 15, 2011.)

- | | |
|--|---|
| (1) Added AOCS Standard Procedure Ck 2-09 test method as option for Cloud Point. | (2) Added AOCS Standard Procedure Ck 2-09 test method as option for free glycerin and total glycerin content. |
|--|---|

Subcommittee D02.E0 has identified the location of selected changes to this standard since the last issue (D6751-11) that may impact the use of this standard. (Approved Feb. 15, 2011.)

- (1) Deleted Cold Soak Laboratory Filterability Annex A1, and replaced every reference with Test Method D7501.

 **D6751 – 12**

Subcommittee D02.E0 has identified the location of selected changes to this standard since the last issue (D6751-10) that may impact the use of this standard. (Approved Jan. 15, 2011.)

- (1) Added AOCS Standard Procedure Ck 2-09 as an option for methanol content. (2) Added new, nonmandatory Appendix X3, Low Temperature Operability of Biodiesel Blends.

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every two years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19380-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-632-9685 (phone), 610-632-9655 (fax), or service@astm.org (e-mail), or through the ASTM website (www.astm.org). Permission rights to photocopy this standard may also be secured from the ASTM website (www.astm.org/COPYRIGHT).

Bibliografía

Resumen

British Petroleum, 2013. BP Statistical Review of World Energy June 2013. [En línea]

Available at:

http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/statistical-review/statistical_review_of_world_energy_2013.pdf [Último acceso: 21 Enero 2015].

Secretaría de Economía, 2014. Energías Renovables. [En línea]

Available at:

http://mim.promexico.gob.mx/work/sites/mim/resources/LocalContent/42/3/FC_Energias_Renovables_ES.pdf [Último acceso: 20 Enero 2015].

Justificación

CHEMICAL EDUCATION MATERIAL STUDY, 1987. *Química. Una ciencia experimental*. 1ra ed. Barcelona: Editorial Reverté.

DeBoer, G. E., 1991. *A History of Ideas in Science Education: Implications for Practice*. 1st ed. New York: Teachers College Press.

Pienta, N. J., Cooper, M. M. & Greenbowe, T. J., 2005. *Chemists' Guide to Effective Teaching*. 1st ed. United States of America: Pearson Prentice Hall.

Schunk, D., 2012. *Teorías del aprendizaje, una perspectiva educativa*. 6ta. ed. México: PEARSON EDUCACIÓN.

Introducción

Legislatura, A. L. d. D. F. I., 2014. [En línea]

Available

at: <http://docs.mexico.justia.com.s3.amazonaws.com/estatales/distrito-federal/lev-de-la-universidad-autonoma-de-la-ciudad-de-mexico.pdf>

Primer Consejo Universitario, UACM s.f. *Universidad Autónoma de la Ciudad de México*. [En línea]

Available

at: <http://www.uacm.edu.mx/uacm/Portals/0/Estructura/Informativa/ESTATUTO%20GENERAL%20ORGANICO%20DE%20LA%20UACM.pdf>

[Último acceso: 02 Febrero 2014].

Capítulo 1

Ahmad, M., Ajab Khan, M., Zafar, M. & Sultana, S., 2013. *Practical Handbook on Biodiesel Production and Properties*. 1st ed. Boca Raton, FL: CRC Press.

Ahmann, D. & Dorgan, J., 2009. *Bioengineering For Pollution Prevention*. 1st ed. New York: Nova Science Publishers, Inc..

AI P y E, 2011. *Asociación de Instituciones de Promoción y Educación*. [En línea]

Available

at: http://www.aipe.org.bo/public/1st_publicaciones_aipe/LST_PUBLICACIONES_AIPE_agrocombustibles_es.pdf [Último acceso: 02 Mayo 2011].

Anon., 1978. IUPAC-IUB, Comisión sobre la Nomenclatura. *Biochem. J.*, pp. 171: 21-35.

ARPEL IICA, 2009. *Manual de biocombustibles*. [En línea]

Available

at: http://www.olade.org/sites/default/files/CIDA/IICA/Manual_Biocombustibles_ARPEL_IICA.pdf [Último acceso: 9 Febrero 2014].

ASTM D6751-12, 2012. *Standard Specification for Biodiesel Fuel Blend Stock (B100) for Middle Distillate Fuels*, s.l.: "Especificación estándar para mezclas combustibles biodiesel (B100) para los combustibles los destilados medios", United States of America, ASTM.

Atlas Oil Company, 2014. *Safety Data Sheet*. [En línea]

Available at: http://www.atlasoil.com/images/pdfs/safety-data-sheets/Marathon/Marathon_Petroleum_Biodiesel_B100.pdf [Último acceso: 11 Noviembre 2014].

Bajpai, R., Prokop, A. & Zappi, M., 2014. *Algal Biorefineries, Volume 1: Cultivation of Cells and Products*. 1st ed. London: Springer-Verlag.

Barker, A. J., 1975. *La guerra del Yom Kippur*.

Enfrentamiento arabe-israeli, 1973. 1ra. ed.

España(Madrid): LIBRERIA EDITORIAL SAN MARTIN.

- Bart, J., Palmeri, N. & Cavallaro, S., 2010. *Biodiesel science and technology From soil to oil*. 1st ed. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Baskar, C., Baskar, S. & Dhillon, R., 2012. *Biomass Conversion, The Interface of Biotechnology, Chemistry and Materials Science*. 1st ed. London: Springer-Verlag.
- Bassam, N., 2010. *Handbook of Bioenergy Crops. A Complete Reference to Species, Development and Applications*. India: Earthscan Ltd.
- Basu, P., 2010. *Biomass Gasification and Pyrolysis Practical Design and Theory*. 1st ed. Netherlands: Elsevier.
- BGroysman, A., 2014. *Corrosion in Systems for Storage and Transportation of Petroleum Products and Biofuels, Identification, Monitoring and Solutions*. 1st ed. London: Springer-Verlag.
- Bhatia, S., 2014. *Advanced Renewable Energy Systems 2 Vols*. 1st ed. Philadelphia: Woodhead Publishing.
- Borowitzka, M. & Moheimani, N., 2013. *Algae for Biofuels and Energy*. 1st ed. London: Springer-Verlag.
- Bozbas, K., 2005. Biodiesel as an alternative motor fuel: Production and policies in the European Union. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volumen XX, p. 1–12.
- Bravo, E., 2007. [En línea]
Available
at: <http://www.reformaagrariaemdados.org.br/sites/default/files/Agrocombust%C3%ADveis,%20cultivos%20energ%C3%A9ticos%20e%20Soberania%20Alimentar%20na%20Am%C3%A9rica%20Latina%20-%20Elizabeth%20Bravo%20-%20Express%C3%A3o%20Popular,%202007.pdf>
[Último acceso: 14 Enero 2014].
- Brown, T. L., LeMay, H. E. J., Bursten, B. E. & Burdge, J. R., 2004. *Química La ciencia central*. 9na ed. Ciudad de México: PERSON EDUCACIÓN.
- Brown, W. H., Iverson, B. L., Anslyn, E. V. & Foote, C. S., 2014. *Organic Chemistry*. 1st ed. Belmont, California: Cengage Learning.
- Bundschuh, J. & Chen, G., 2014. *Sustainable Energy Solutions*. 1st ed. London: CRC Press.
- Cancio, J. L., 2003. *Química General*. 1ra ed. Ciudad de México: Grupo Editorial Iberoamericano.
- Chang, R., 2010. *Química*. 10 ed. México: mcGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES.
- Demirbas, 2008. *Biodiesel. A Realistic Fuel Alternative for Diesel Engines*. 1st ed. London: Springer-Verlag.
- Demirbas, A., 2009. *Biofuels, Securing the Planet's Future Energy Needs*. 1st ed. London(Springer-Verlag): s.n.
- Demirbas, A. & Demirbas, M., 2010. *Algae Energy Algae as a New Source of Biodiesel*. 1st ed. London(Springer-Verlag): Springer-Verlag .
- Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina, 2012. *Bioenergy Chances and Limits*. [En línea]
Available
at: http://www.leopoldina.org/uploads/tx_leopublication/201207_Stellungnahme_Bioenergie_LAY_en_final_01.pdf
[Último acceso: 04 Febrero 2014].
- Drapcho, M., Nhuan, N. & Walker, T., 2008. *Biofuels Engineering Process Technology*. 1st ed. New York: McGraw-Hill.
- Elsevier Inc, 2009. *Renewable Energy Focus Handbook e-Mega Reference*. 1st ed. United States of America: Elsevier Inc.
- Erhan, S., 2005. *Industrial uses of vegetable oils*. 1st ed. Champaign, Illinois: AOCS Press.
- FAO, 2012. *Grasas y ácidos grasos en nutrición humana, Consulta de expertos 91*. 1st ed. Granada: FAO.
- GEIGY, 1965. *Tablas Científicas*. 6ta ed. Barcelona: Geigy.
- Gikonyo, B., 2014. *Advances in biofuel production algae and aquatic plants*. 1st ed. Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Gouveia, L., 2011. *Microalgae as a feedstock for biofuels*. 1st ed. London(Springer-Verlag): s.n.
- Gunstone, F. D., Harwood, J. L. & Dijkstra, A. J., 2007. *The lipid handbook with CD-ROM*. 3th ed. Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Gupta, R. & Demirbas, A., 2010. *Gasoline Diesel and Ethanol Biofuels From Grasses and Plants*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Gupta, V. y otros, 2014. *Bioenergy research. Advances and applications*. 1st ed. Great Britain: Elsevier.
- Gustone, F., 2004. *The Chemistry of Oils and Fats Sources, Composition, Properties, and Uses*. 1st ed. Garsington Road, Oxford: Blackwell Publishing Ltd.
- Harvey, B. J. & Brita, B., 2009. *The Complete Idiot's Guide to Renewable Energy for Your Home*. Nueva York: Alpha Books.
- Holum, J. R., 1997. *Química Orgánica, Curso Breve*. 1997 ed. Ciudad de México: LIMUSA.
- Hu, J., Du, Z., Li, C. & Min, E., 2005. Study on the lubrication properties of biodiesel as fuel lubricity enhancers. *Fuel*, 2005(84), p. 1601–1606.
- IICA, 2010. *Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura*. [En línea]
Available
at: <http://www.iica.int/Esp/organizacion/LTGC/agroenergia/Documentos%20Agroenergia%20y%20Biocombustibles/B1884e.pdf>
[Último acceso: 3 Marzo 2014].
- IIED, 2010. *International Institute for Environment and Development*. [En línea]
Available
at: http://www.globalbioenergy.org/uploads/media/1011_IIED_-_Biofuels_production_trade_and_sustainable_development.pdf
[Último acceso: 24 Febrero 2014].
- IMechE, 2011. *Internal Combustion Engines: Improving Performance, Fuel Economy and Emissions*. 1st ed. s.l.:Woodhead Publishing.
- Jin, G. & Bierma, T. J., 2010. *Whole-cell Biocatalysts for Producing Biodiesel from Waste Greases*. [En línea]
Available
at: http://www.istc.illinois.edu/info/library_docs/rr-117.pdf
[Último acceso: 04 Diciembre 2014].
- Kapilan, N., Babu, T. & Reddy, R., 2009. Aspectos técnicos de Biodiesel y su estabilidad a la oxidación. *Revista Internacional de Investigación ChemTech*, 1(2), pp. 278-282.
- Kaufman, P. & Kirakosyan, A., 2009. *Recent Advances in Plant Biotechnology*. 1st ed. New York: Springer.
- Khanal, S. K. y otros, 2010. *Bioenergy and Biofuel from Biowastes and Biomass*. 1st ed. Reston, Virginia: American Society of Civil Engineers.
- Kiss, A., 2014. *Process Intensification Technologies for Biodiesel Production. Reactive Separation Processes*. 1st ed. Arnhem, The Netherlands: Springer.
- Kiss, A. A., 2014. *Process intensification technologies for biodiesel production. Reactive separation processes*. 1st ed. DOI 10.1007/978-3-319-03554-3: Springer.
- Knothe, G. & Steidley, K. R., 2005. Lubricity of Components of Biodiesel and Petrodiesel The Origin of Biodiesel Lubricity. *Energy & Fuels*, Issue 19, pp. 1192-1200.
- Koizumi, T., 2014. *Biofuels and Food Security. Biofuel Impact on Food Security in Brazil, Asia and Major Producing Countries*. 1st ed. London: Springer-Verlag.
- Lee, J., 2013. *Advanced Biofuels and Bioproducts*. 1st ed. Norfolk, Virginia: Springer.
- Lee, S., Speight, J. & Loyalka, S., 2014. *Handbook of Alternative Fuel Technologies*. 2nd ed. Boca Raton(Florida): CRC Press.
- Lotero, E. y otros, 2005. Synthesis of Biodiesel via Acid Catalysis. *Ind. Eng. Chem. Res.*, Issue 44, pp. 5353-5363.
- Luque [Ed], R. & Melero [Ed], J. A., 2012. *Advances in biodiesel production. Processes and technologies*. 1st ed. Padstow, Cornwall, UK: Woodhead Publishing.
- Manzanera, M., 2011. *Alternative Fuel*. 1st ed. Croatia: InTech.
- Marshall Cavendish Corporation, 2008. *Inventos and Inventions*. 1st ed. Malaysia: Marshall Cavendish Corporation.
- McGraw-Hill, 2007. *McGraw-Hill Encyclopedia of Science & Technology (10th Ed)*. 10th ed. USA: McGraw-Hill.
- Medina, R. y otros, 2012. Biodiesel, un combustible renovable. *Investigación y Ciencia*, mayo-agosto, 20(55), pp. 62-70.

- Melo, V. & Cuamatzi, O., 2007. *Bioquímica de los procesos metabólicos*. 2da ed. México: Reverté.
- Michaelides, E., 2012. *Alternative Energy Sources*. 1st ed. London: Springer-Verlag.
- Mielenz, J. R., 2009. *Biofuels, Methods and Protocols (Methods in Molecular Biology)*. 1st ed. London: Humana Press.
- Nag (Ed), A., 2008. *Biofuels Refining and Performance*. 1st ed. New York: McGraw-Hill.
- National Reserch Council of the Natonal Academies, 2012. *Sustainable Development of Algal Biofuels in the United States*. 1st ed. Washington: The National Academies Press.
- NREL, 2004. *Biodiesel Analytical Methods NREL/SR-510-36240*. [En línea]
Available at: <http://www.nrel.gov/docs/fy04osti/36240.pdf>
[Último acceso: 06 Febrero 2014].
- NREL, 2006. *Biodiesel Handling and Use Guidelines*. [En línea]
Available at: <http://www.nrel.gov/docs/fy06osti/40555.pdf>
[Último acceso: 4 Marzo 2014].
- Oregon State University, 2008. *Economics of Oilseed Crops and Their Biodiesel Potential in Oregon's Willamette Valley*. [En línea]
Available at: http://ir.library.oregonstate.edu/xmlui/bitstream/handle/1957/8503/SR_no.1081_ocr.pdf
[Último acceso: 03 Diciembre 2014].
- Pandey, A., Lee, D., Christy, Y. & Soccol, C., 2014. *Biofuels from Algae*. 1st ed. Great Britain: Elsevier.
- Perry, R. H. & Green, D. W., 2008. *Perry's Chemical Engineers' Handbook Eighth Edition*. 8th ed. United States of America: Mc Graw-Hill.
- Petro Canada, 2014. *Material Safety Data Sheet*. [En línea]
Available at: <http://carleton.ca/mae/wp-content/uploads/Diesel2.pdf>
[Último acceso: 11 Noviembre 2014].
- Petrucchi, R., Harwood, W. & Herring, G., 2003. *Química General*. 8va ed. Madrid: PEARSON EDUCATION.
- Pimentel, D., 2008. *Biofuels, Solar and Wind as Renewable Energy Systems, Benefits and Risks*. 1st ed. London: Springer-Verlag.
- Pinderhughes, R., 2004. *Alternative Urban Futures: Planning for Sustainable Development in Cities throughout the World*. s.l.:s.n.
- Randolph, J. & Masters, G. M., 2008. *Energy for sustainability technology, planning, policy*. United States of America: Island Press.
- Regulation 1907/2006/EC, 2014. *Fuels, diesel CAS 68334-30-5*. [En línea]
Available at: <http://www.shell.com/content/dam/shell-new/local/corporate/trading-shiping/downloads/ms&s/in-country/netherlands-str/md-b5-b7-cas-68334-30-5---str--en.pdf>
[Último acceso: 11 Noviembre 2014].
- REMBIO, 2010. *Red Mexicana de Bioenergias A.C.* [En línea]
Available at: <http://www.rembio.org.mx/2011/Documentos/Cuadernos/CT2.pdf>
[Último acceso: 16 Febrero 2014].
- Romano, S. & Sorichetti, P., 2011. *Dielectric Spectroscopy in Biodiesel Production and Characterization*. 1st ed. London: Springer-Verlag.
- RTCA, 2007. *Legal Office FAOLEX, FAO*. [En línea]
Available at: <http://faolex.fao.org/docs/pdf/nic98568.pdf>
[Último acceso: 28 Enero 2007].
- Sarin, A., 2012. *Biodiesel, Production and Properties*. 1st ed. Cambridge: RSC Publishing.
- Scragg, A., 2009. *Biofuels, Production, Application and Development*. 1st ed. Cambridge: Cambridge University Press..
- Shahidi, F., 2005. *Bailey's Industrialoil and Fat Products*. 6th ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons.
- Silvério da Silva, S. & Kumar, A., 2014. *Biofuels in Brazil, Fundamental Aspects, Recent Developments, and Future Perspectives*. 1st ed. London: Springer-Verlag.

Sims (Ed.), R., 2004. *Bioenergy options for a cleaner environment in developed and developing countries*. 1st ed. Netherlands: Elsevier Ltd.

Smith, E. C., 1938. *A Short History of Naval and Marine Engineering*. 1st ed. Cambridge: Cambridge University Press.

Società Italiana di Agronomia, 2011. *Handbook on Biofuels and Family Agriculture in Developing Countries*. [En línea] Available

at: http://www.siaagr.org/public/news/Handbook_Biofuels.pdf

[Último acceso: 17 Febrero 2014].

Soetaert, W. & Vandamme, E., 2008. *Biofuels*. 1st ed. Chippenham, Wiltshire: John Wiley & Sons.

Spivey [Ed], J. & Dooley, K., 2006. *Catalysis Volumen 19*. 1st ed. Dorchester, Dorset, UK: The Royal Society of Chemistry.

THE NATIONAL ACADEMIES, 2008. *Inspired by biology from molecules to materials to machines*. 1st ed. United States of America: THE NATIONAL ACADEMIES PRESS.

Timberlake, K. C., 2011. *Química. Una introducción a la Química General, Orgánica y Biológica*. 10ma ed. Madrid: PEARSON EDUCACION.

Tomes, D., Lakshmanan, P. & Songstad, D., 2011. *Biofuels, Global Impact on Renewable Energy Production Agriculture and Technological Advancements*. 1st ed. London: Springer.

Torossi, F. D. B., 2006. Reacciones en contexto: la transesterificación en la producción de biodiésel a partir de aceite de fritura usado. *Anales de la Real Sociedad Española de Química*, Volumen 102, pp. 43-49.

Wade, L., 2004. *Química Orgánica*. 5ta ed. Madrid: PEARSON EDUCACION, S.A..

Walker, S. & McMahon, D., 2008. *Biochemistry Demystified*. 1st ed. USA: McGraw-Hill.

Yan, S.-T. [, El-ENshasy, H. A. & Nuttha, T., 2013. *Bioprocessing Technologies in Biorefinery for Sustainable Production of Fuels, Chemicals, and Polymers*. 1st ed. Printed in the United States of America: John Wiley & Sons, Inc.

Capítulo 2

Academia del CECyT "Miguel de Otón de Mendizal", 1998. *Técnica Instrumental I*. 1ra ed. Distrito Federal, México: Instituto Politécnico Nacional.

Adholeya, A. & Dadhich, P. K., 2009. *Production and Technology of Bio-diesel: seeding a change*. 1st ed. New Delhi; India: The Energy and Resources Institute (TERI).

Anderson, R. J., Bendell, D. J. & Grounwater, P. W., 2004. *Organic Spectroscopic Analysis*. 1st ed. Milton Road, Cambridge: Royal Society of Chemistry.

ARPEL IICA, 2009. *Manual de biocombustibles*. [En línea] Available

at: http://www.olade.org/sites/default/files/CIDA/IICA/Mannual_Biocombustibles_ARPEL_IICA.pdf

[Último acceso: 9 Febrero 2014].

ASTM D 93 – 07, 2007. *Standard Test Methods for Flash Point by Pensky-Martens Closed Cup Tester*, s.l.: "Prueba Estándar para la Determinación del Punto de Inflamación con el Instrumento de Copa Cerrada Pensky-Martens" United States of America, ASTM.

ASTM D130-94, 2006. *Standard Test Method for Corrosiveness to Copper from Petroleum Products by Copper Strip Test*, s.l.: "Método de Prueba Estándar para la Corrosividad del Cobre a Partir de Productos Derivados del Petróleo por Tira de Prueba de Cobre", United States of America, ASTM.

ASTM D2500-05, 2005. *Standard Test Method for Cloud Point of Petroleum Products*, s.l.: "Método de prueba estándar para el punto de enturbiamiento de Productos del Petróleo", United States of America, ASTM.

ASTM D2709-96, 2006. *Standard Test Method for Water and Sediment in Middle Distillate Fuels by Centrifuge*. s.l.: "Método de prueba estándar para el agua y los sedimentos en combustibles destilados medios por Centrifuga", United States of America, ASTM.

ASTM D445-06, 2006. *Standard Test Method for Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids (and Calculation of Dynamic Viscosity)*, s.l.: Método De Prueba Estándar Para La Viscosidad Cinemática de Líquidos

Transparentes Y Opacos (y Cálculo de La Viscosidad Dinámica), United States of America, ASTM.

ASTM D4530-06, 2006. *Standard Test Method for Determination of Carbon Residue (Micro Method)*, s.l.: "Método de prueba estándar para la determinación del residuo carbonoso (Método Micro)", United States of America, ASTM.

ASTM D4951-06, 2006. *Standard Test Method for Determination of Additive Elements in Lubricating Oils by Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry*, s.l.: "Método de prueba estándar para la determinación del Aditivo Elementos en aceites lubricantes por plasma acoplado inductivamente espectrometría de emisión atómica", United States of America, ASTM.

ASTM D5453 – 06, 2006. *Standard Test Method for Determination of Total Sulfur in Light Hydrocarbons, Spark Ignition Engine Fuel, Diesel Engine Fuel, and Engine Oil by Ultraviolet Fluorescence*, s.l.: "Método de prueba estándar para la determinación de azufre total en Hidrocarburos ligeros Combustibles y aceites para motor de ignición a chispa de combustible, combustible y aceite motores diésel, por fluorescencia ultravie United States of America, ASTM.

ASTM D613-05, 2007. *Standard Test Method for Cetane Number of Diesel Fuel Oil*, s.l.: "Método de prueba estándar para EL Número de cetano de combustible Diésel.", United States of America, ASTM.

ASTM D6584-07, 2007. *Standard Test Method for Determination of Total Monoglycerides, Total Diglycerides, Total Triglycerides, and Free and Total Glycerin in B-100 Biodiésel Methyl Esters by Gas Chromatography*, s.l.: "Método de prueba estándar para la determinación del total monoglicéridos, diglicéridos totales, triglicéridos totales, y glicerina libre y total en la B-100 Biodiésel ésteres metílicos por cromatografía de gases", United States of America, ASTM.

ASTM D664–07, 2007. *Standard Test Method for Acid Number of Petroleum Products by Potentiometric Titration.*, s.l.: "Método de prueba estándar para el Índice de acidez de Productos de Petróleo por valoración potenciométrica.", United States of America, ASTM.

ASTM D6751-12, 2012. *Standard Specification for Biodiesel Fuel Blend Stock (B100) for Middle Distillate Fuels*, s.l.:

"Especificación estándar para mezclas combustibles biodiesel (B100) para los combustibles los destilados medios", United States of America, ASTM.

ASTM D874 – 07, 2007. *Standard Test Method for Sulfated Ash from Lubricating Oils and Additives*, s.l.: "Método de Prueba Estándar para Cenizas Sulfatadas De Aceites y Aditivos Lubricantes", United States of America, ASTM.

Ayres, G. H., 1970. *Análisis Químico Cuantitativo*. 1ra ed. Madrid: Harper & Row Publishers.

Azam, M., Waris, A. & Nahar, N., 2005. Prospects and potential of fatty acid methyl esters of some non-traditional seed oils for use as biodiesel in India. *Biomass and Bioenergy*, Issue 29, p. 293–302.

Babu, M. K. G. & Subramanian, K. A., 2013. *Alternative Transportation Fuels. Utilisation in Combustion Engines*. 1st ed. Boca Raton, Florida: CRC Press.

Bansal, R. K., 2009. *Laboratory Manual of Organic Chemistry*. 5th ed. Daryaganj, New Delhi: New Age International (P) Ltd.

Bart, J., Palmeri, N. & Cavallaro, S., 2010. *Biodiesel science and technology From soil to oil*. 1sr ed. Boca Raton, FL: CRC Press.

Beran, J. A., 2014. *laboratory manual for principles of general chemistry*. 10 ed. United States of America: John Wiley & Sons, Inc.

Borowitzka, M. & Moheimani, N., 2013. *Algae for Biofuels and Energy*. 1st ed. London: Springer-Verlag.

Brady, R. N., 1997. *Mamual moderno de tecnologia diesel, Tomo I*. 1ra ed. México: Prentice-Hall Hispanoamericana.

BRITISH STANDARD BS EN 14112:2003 , 2014. *Fat and oil derivatives. Fatty Acid Methyl Esters (FAME). Determination of oxidation stability (accelerated oxidation test)*. [En línea]

Available

at: http://img1.chem17.com/5/2008/63355081947796750_0.pdf

[Último acceso: 21 Marzo 2014].

Cannon Instrument Company, 2014. *Viscosímetro Automático, Cannon Instrument Company, modelo: CAV-2100*. [En línea]

Available

at: <https://www.cannoninstrument.com/Images/ProductImages/CAV.jpg>

[Último acceso: 17 Marzo 2014].

Carta, G. & Jungbauer, A., 2010. *Protein Chromatography. Process-Development and Scale-Up*. 1st ed. Federal Republic of Germany: WILEY-VCH Verlag.

Caterpillar Inc, 2003. *Los combustibles diesel y su motor*. 1st ed. United States of America: Caterpillar Inc.

CENNATEK Bioanalytical Services, 2014. *Probador de residuos productos derivados del petróleo automático, Shenkai, SKY1011-I*. [En línea]

Available at: <http://cennatek.ca/wp-content/uploads/2011/07/Carbon-Residue.jpg>

[Último acceso: 20 Marzo 2014].

CENNATEK Bioanalytical Services, 2014. *Probador de residuos productos derivados del petróleo automático, Shenkai, SKY1011-I*. [En línea]

Available

at: <http://www.shenkai.com/sken/productsdetail.php?bigid=107&pid=20281>

[Último acceso: 20 Marzo 2014].

Christian, G. D., 2006. *Química Analítica*. 6ta ed. Ciudad de México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA.

Clarkson Laboratory and Supply Inc, 2014. *Centrifuga automatizada para aceite con montaje de rotor de tubo largo de 115V, Koehler, modelo K60002*. [En línea]

Available

at: <http://store.clarksonlab.com/images/products/detail/K60002.jpg>

[Último acceso: 17 Marzo 2014].

Clarkson Laboratory and Supply Inc, 2014. *Centrifuga automatizada para aceite con montaje de rotor de tubo largo de 115V, Koehler, modelo K60002*. [En línea]

Available

at: <http://store.clarksonlab.com/search.aspx?find=K60002>

[Último acceso: 14 Marzo 2014].

Compass Instruments, 2014. *CFRFS Cetane Method Diesel Fuel Rating Unit*. [En línea]

Available at: http://www.compass-instruments.com/downloads/waukesha_cfr_pdfs/M884_F

[5.pdf](#)

[Último acceso: 19 Marzo 2014].

Compass Instruments, 2014. *Unidad de clasificación de cetano, Waukesha, modelo: CFR F-5*. [En línea]

Available at: <http://www.compass-instruments.com/waukesha.shtml>

[Último acceso: 19 Marzo 2014].

Compton, R. G., Laborda, E. & Ward, K. R., 2014. *Understanding voltammetry simulation of electrode processes*. 1st ed. Singapore: Imperial College Press.

Conalep, s.f. *Análisis químico de la materia. Manual Técnico para la(s) carrera(s): Profesional Técnico y Profesional Técnico Bachiller en la carrera Química industrial*. s.l.:Conalep.

Creemers, D. A. & Radziemski, L. J., 2013. *Handbook of Laser-Induced Breakdown Spectroscopy*. 2nd ed. West Sussex, United Kingdom: John Wiley & Sons, Ltd.

Czichos, H., Saito, T. & Smith, L., 2006. *Springer Handbook of Materials Measurement Methods*. Stürtz AG, Würzburg: Springer-Verlag.

D1160-06, A., 2006. *Standard Test Method for Distillation of Petroleum Products at Reduced Pressure*, s.l.: "Método de prueba estándar para la destilación de productos derivados del petróleo a presión reducida", United States of America, ASTM.

Dass, C., 2007. *Fundamentals of contemporary mass spectrometry*. 1st ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons.

Davletshina, T. A. & Cheremisinoff, N. P., 1999. *Fire and Explosion Hazards Handbook of Industrial Chemicals*. 1st ed. Westwood, New Jersey: Noyes Publications.

Direct Industry, 2004. *Espectrómetro ICP-OES: analizador de metales para biocombustibles Teledyne Leeman Labs modelo FuelPron*. [En línea]

Available

at: http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/espectrometros-icp-oes-analizadores-metales-biocombustibles-25247-2842445.jpg

[Último acceso: 15 Marzo 2014].

- Direct Industry, 2014. *Baño para viscosímetro, Koehler Instrument Company, modelo: K23376 KV1000*. [En línea] Available at: www.directindustry.es/prod/koehler-instrument/banos-viscosimetros-28315-635192.html [Último acceso: 18 Marzo 2014].
- Direct Industry, 2014. *Baño para viscosímetro, Koehler Instrument Company, modelo: K23376 KV1000*. [En línea] Available at: http://img.directindustry.es/images_di/photo-mg/banos-viscosimetros-28315-2559123.jpg [Último acceso: 18 Marzo 2014].
- Direct Industry, 2014. *Espectrómetro ICP OES Horiba Scientific modelo Activa S*. [En línea] Available at: http://img.directindustry.es/images_di/photo-mg/espectrometros-icp-oes-25366-2651063.jpg [Último acceso: 15 Marzo 2014].
- Direct Industry, 2014. *Espectrómetro ICP OES Horiba Scientific modelo Activa S*. [En línea] Available at: <http://www.directindustry.es/prod/horiba-scientific/espectrometros-icp-oes-25366-165248.html> [Último acceso: 15 Marzo 2014].
- Direct Industry, 2014. *Espectrómetro ICP-OES: analizador de metales para biocombustibles Teledyne Leeman Labs modelo FuelPron*. [En línea] Available at: <http://www.directindustry.es/prod/teledyne-leeman-labs/espectrometros-icp-oes-analizadores-metales-biocombustibles-25247-358449.html> [Último acceso: 15 Marzo 2014].
- Direct Industry, 2014. *Medidor Automático de Punto de Inflamación Pensky-Martens Copa Cerrada, Koehler Instrument Company, modelo K87100*. [En línea] Available at: <http://www.ptec.com.co/productos/medidor-automatico-de-punto-de-inflamacion-pensky-martens-copa-cerrada-jpg> [Último acceso: 17 Marzo 2014].
- Direct Industry, 2014. *Medidor Automático de Punto de Inflamación Pensky-Martens Copa Cerrada, Koehler Instrument Company, modelo K87100*. [En línea] Available at: <http://www.ptec.com.co/esp/aplicaciones/derivados-del-petroleo-y-biocombustibles/punto-de-inflamacion/medidor-automatico-de-punto-de-inflamacion-pensky-martens-copa-cerrada-30> [Último acceso: 17 Marzo 2014].
- Direct Industry, 2014. *Trace elemental analyzer vertical systems NSX-2100V*. [En línea] Available at: www.rafer.es/pdf/mitsubishi_NSX-2100V.pdf [Último acceso: 19 Marzo 2014].
- Direct Industry, 2014. *Trace elemental analyzer vertical systems NSX-2100V*. [En línea] Available at: www.rafer.es/pdf/mitsubishi_NSX-2100V.pdf [Último acceso: 19 Marzo 2014].
- Dispositivos de medición de la oxidación a la estabilidad, LEWLER, modelos: 321-2 y 321-4, 2014. [En línea] Available at: http://www.lawlercorp.com/bio_oxi.html [Último acceso: 20 Marzo 2014].
- DOE, DOE/GO-102006-2358, 2006. *Biodiesel Handling and use guidelines*. [En línea] Available at: <http://www.osti.gov/scitech/servlets/purl/893000> [Último acceso: 30 Marzo 2014].
- Drews [Ed], A. W., 1996. *Manual on Hydrocarbon Analysis*. 6th ed. United States of America: ASTM International.
- Dryden, H. L., 1964. *Fuels and New Propellants*. 1st ed. Milan: PERGAMON PRESS.
- Ebdon, L., Evans, E., Fisher, A. & Hill, S., 1998. *An Introduction to Analytical Atomic Spectrometry*. 1st ed. Court Road, London: John Wiley & Sons Ltd.
- Elsevier Inc, 2009. *Renewable Energy Focus Handbook e-Mega Reference*. 1st ed. United States of America: Elsevier Inc.
- EN 14538, 2006. *Fat and oil derivatives - Fatty acid methyl ester (FAME). Determination of Ca, K, Mg and Na content by optical emission spectral analysis with inductively coupled plasma (ICP-OES)*, s.l.: Productos derivados de grasas y aceites. Ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME). Determinación del contenido de Ca, K, Mg y Na por análisis espectral de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (ICP-OES).
- Figueruelo, J. E. A. & Marino, M. D., 2004. *Química Física del Ambiente y de los Procesos Medioambientales*. 1ra ed. Barcelona, España: EDITORIAL REVERTE.

- García, J. m. C. & Laborda, G. J. á., 2014. *Biocarburantes líquidos, biodiésel y bioetanol*. [En línea]
Available
at: http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/VT/vt4_Biocarburantes_liquidos_biodiesel_y_bioetanol.pdf
[Último acceso: 15 Enero 2014].
- GenTech Scientific, 2014. *Cromatógrafo de gases, Shimadzu, modelo: GC-2010*. [En línea]
Available
at: <http://www.gentechscientific.com/images/gallery/6c156713cccd945622125b8c0bbeb2b1.jpg>
[Último acceso: 20 Marzo 2014].
- GenTech Scientific, 2014. *Cromatógrafo de gases, Shimadzu, modelo: GC-2010*. [En línea]
Available at: <http://www.gentechscientific.com/shimadzu-gc-systems/product/10034/shimadzu-gc-2010-for-biodiesel-analysis-astm-d6584>
[Último acceso: 20 Marzo 2014].
- González, C. P., s.f. *Introducción y Conceptos Generales*. [En línea]
[Último acceso: 05 Diciembre 2014].
- Groisman, A., 2014. *Corrosion in Systems for Storage and Transportation of Petroleum Products and Biofuels*. 1st ed. DOI 10.1007/9789400778849: Springer.
- Grupo Avanti, 2014. *Curso combustible maquinaria pesada caterpillar*. [En línea]
Available at: <http://www.grupoavanti.com.pe/libros/curso-combustible-maquinaria-pesada-caterpillar.pdf>
[Último acceso: 05 Marzo 2014].
- Gulf Oil Argentina, 2014. *Manual técnico Gulf*. [En línea]
Available
at: http://www.gulfoil.com.ar/faq/manual_tecnico.pdf
[Último acceso: 19 Marzo 2014].
- Gupta, V. y otros, 2014. *Bioenergy research. Advances and applications*. 1st ed. Great Britain: Elsevier.
- Harris, D. C., 2012. *Análisis Químico Cuantitativo*. 3ra ed. Distrito Federal; México: REVERTÉ.
- Herbert, C. G. & Johnstone, R. A., 2003. *Mass spectrometry basics*. Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Hirayama, K., 1967. *Handbook of Ultraviolet and Visible Absorption Spectra of Organic Compounds*. 1st ed. United States of America: Plenum Press Data Division.
- Hoskin Scientific, 2014. *Micro probador de residuos de carbono, Tanaka, modelo: ACR-M3*. [En línea]
Available
at: http://www.hoskin.ca/catalog/images/Cannon_ACR-M3.jpg
[Último acceso: 20 Marzo 2014].
- Hoskin Scientific, 2014. *Micro probador de residuos de carbono, Tanaka, modelo: ACR-M3*. [En línea]
Available
at: http://www.hoskin.ca/catalog/index.php?main_page=product_info&products_id=1360
[Último acceso: 20 Marzo 2014].
- Hou, C. & Shaw, J.-F., 2009. *Biocatalysis and bioenergy*. 1st ed. United States of America: John Wiley & Sons.
<http://www.mastrad.com/oiltest.htm>, 2014. *Centrifugadora prueba de aceite de Seta Oil, modelo 90000-2*. [En línea]
Available at: <http://www.mastrad.com/oiltest.htm>
[Último acceso: 17 Marzo 2014].
- Ibargüengoitia, M. E. C., Cornejo, J. G. I. & García, E. P., 2005. *Química en microescala 1*. 1ra ed. Distrito Federal, México: Universidad Iberoamericana.
- Instrumentación Analítica, 2014. *Viscosímetro Automático, Cannon Instrument Company, modelo: CAV-2100*. [En línea]
Available
at: http://www.instru.es/product_details.php?id=104&id_parrant=34&id_grandpa=15
[Último acceso: 17 Marzo 2014].
- IQBAL, S. & SATAKE, M., 1999. *An Introduction to Analytical Chemistry*. 1st ed. Daryaganj, New Delhi: Discovery Publishing House.
- Issaq & J., H., 2002. *A century of separation science*. 1st ed. UNITED STATES OF AMERICA: Marcel Dekker, Inc.
- Izutsu, K., 2009. *Electrochemistry in Nonaqueous Solutions*. 2nd ed. Federal Republic of Germany: WILEY-VCH Verlag.
- Kalra, Y. P., 1998. *Handbook of reference methods for plant analysis, 1574441248*. 1st ed. Boca Raton, Florida: CRC Press.

Keese, R., Müller, R. & Toube, T., 1990. *Métodos de laboratorio para Química Orgánica*. 1ra ed. Distrito Federal, México: Noriega Editores / Editorial Limusa.

Kegl, B., Kegl, M. & Pehan, S., 2013. *Green Diesel Engines. Biodiesel Usage in Diesel Engines*. 1st ed. London: Springer-Verlag.

Kenkel, J., 2003. *Analytical chemistry for technicians*. 3th ed. Boca Raton, Florida: CRC Press.

Khanal, S. K. y otros, 2010. *Bioenergy and Biofuel from Biowastes and Biomass*. 1st ed. Reston, Virginia: American Society of Civil Engineers.

Knothe, G. & Steidley, K. R., 2005. Kinematic viscosity of biodiesel fuel components and related compounds. Influence of compound structure and comparison to petrodiesel fuel components.. *Fuel* 84, Volumen 84, p. 1059–1065.

Koehler Instrument Company, 2014. *Horno mufla programable, Koehler Instrument Company, modelo: K24100*. [En línea]
Available at: <http://www.koehlerinstrument.com/images/kicproducts/K24130.jpg>
[Último acceso: 19 Marzo 2014].

Koehler Instrument Company, 2014. *Horno mufla programable, Koehler Instrument Company, modelo: K24100*. [En línea]
Available at: <http://www.koehlerinstrument.com/viscosity-index.html>
[Último acceso: 18 Marzo 2014].

Koehler Instrument, 2014. *Equipo de detección automática de puntos de congelación, KOEHLER, modelo: KLA-3TS*. [En línea]
Available at: <http://www.koehlerinstrument.com/images/kicproducts/sbjg/KLA-3TS.jpg>
[Último acceso: 19 Marzo 2014].

Koehler Instrument, 2014.
<http://www.koehlerinstrument.com/products/KLA-3TS.html>. [En línea]

Available at: <http://www.koehlerinstrument.com/products/KLA-3TS.html>

[Último acceso: 19 Marzo 2014].

Kole, C., Joshi, C. P. & Shonnard, D. R., 2012. *Handbook of bioenergy crop plants*. 1st ed. Boca Raton, Florida: CRC Press.

Koul, A. y otros, 2008. *Laboratory Manual Chemistry Class XI*. [En línea]

Available at: <http://ncertbooks.prashanthellina.com/uploads/2012/04/11/kelm2dd.zip>

[Último acceso: 05 Febrero 2014].

LABGULF FZC, 2014. [En línea]
Available at: www.labgulf.com/pdf/brochure-1372688817-anhope-Seta.pdf
[Último acceso: 19 Marzo 2014].

LABGULF FZC, 2014. *Probador de la calidad de ignición (IQT), EAT, modelo: 92000-3*. [En línea]
Available at: <http://www.labgulf.com/resized/product/product/product-1373644846-IQT.jpg>
[Último acceso: 19 Marzo 2014].

Laborat, 2014. *Baño de precisión para viscosímetros, Selecta grup modelo: VB-1423*. [En línea]
Available at: <http://www.laborat.com/images/Ba%C3%B1o%20de%20precisi%C3%B3n%20para%20viscos%C3%ADmetros%20VB1423%20SELECTA.JPG>
[Último acceso: 18 Marzo 2014].

Laborat, 2014. *Baño de precisión para viscosímetros, Selecta grup modelo: VB-1423*. [En línea]
Available at: <http://www.laborat.com/bano-de-precision-para-viscosímetros-vb-1423>
[Último acceso: 18 Marzo 2014].

Lackner, M., Palotás, Á. B. & Winter, F., 2013. *Combustion From Basics to Application*. 1st ed. Singapore: Wiley-VCH Verlag.

Lakowicz, J. R., 1999. *Principles of Fluorescence Spectroscopy*. 2nd ed. Spring Street, New York: Kluwer Academic.

- Lambert, J. B. & Mazzola, E. P., s.f. *Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy*. 1st ed. River, New Jersey: Pearson - Prentice Hall.
- Lawler Manufacturing Corporation, 2014. *Dispositivos de medición de la oxidación a la estabilidad, LEWLER, modelos: 321-2 y 321-4*. [En línea]
Available at: http://www.lawlercorp.com/images/bio_oxv.jpg
[Último acceso: 20 Marzo 2014].
- Lawler Manufacturing Corporation, 2014. *Equipo para la prueba de corrosión de las tiras de cobre, Lawler, modelos 280-4 y 280-8*. [En línea]
Available at: <http://www.lawlercorp.com/images/d130.jpg>
[Último acceso: 19 Marzo 2014].
- Lawler Manufacturing Corporation, 2014. *Equipo para la prueba de corrosión de las tiras de cobre, Lawler, modelos 280-4 y 280-8*. [En línea]
Available at: <http://www.lawlercorp.com/catalogs.html>
[Último acceso: 19 Marzo 2014].
- Ledgard, J. B., 2010. *King's Chem Guide*. 2nd ed. s.l.:UVKCHEM, inc.
- Lindsay, S. & Kealey, D., 1987. *High performance liquid chromatography*. 1st ed. London, Great Britain: Analytical Chemistry by Open Learning ACOL.
- Luque [Ed], R. & Melero [Ed], J. A., 2012. *Advances in biodiesel production. Processes and technologies*. 1st ed. Padstow, Cornwall, UK: Woodhead Publishing.
- Mandel Scientific Company Inc, 2014. *Analizador elemental para traza de sólidos, líquidos y gases con horno horizontal, Mitsubishi Chemical Analytech modelo NSX-2100H*. [En línea]
Available at: http://www.mandel.ca/products/analytical/Sulfur_Chlorine_Halogen_Analyzers/Model_NSX2100H/index.html
[Último acceso: 19 Marzo 2014].
- Mandel Scientific Company Inc, 2014. *Analizador elemental para traza de sólidos, líquidos y gases con horno horizontal, Mitsubishi Chemical Analytech modelo NSX-2100H*. [En línea]
Available at: http://www.mandel.ca/products/analytical/Sulfur_Chlorine_Halogen_Analyzers/Model_NSX2100H/NSX2100H.jpg
[Último acceso: 19 Marzo 2014].
- Marcíán, V. M., Peidro, J. M., Tormos, B. m. & Olmeda, P. G., 2005. *Mantenimiento de motores diesel*. 1ra ed. Distrito Federal, México: ALFAOMEGA GRUPO EDITOR.
- Marcu, L., French, P. M. W. & Elson, D. S., 2014. *Fluorescence Lifetime Spectroscopy and Imaging. Principles and Applications in Biomedical Diagnostics*. 1st ed. Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Mayo, D. W., Pike, R. M. & Forbes, D. C., 2011. *Microscale organic laboratory with multistep and multiscale*. 5th ed. United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
- McMahon, G., 2007. *Analytical Instrumentation: A Guide to Laboratory, Portable and Miniaturized Instruments*. 1st ed. West Sussex, England: John Wiley & Sons, Ltd.
- Mollenhauer, K. & Tschoeke, H., 2010. *Handbook of Diesel Engines*. 1st ed. Berlin: Springer-Verlag Bosch.
- Nadkarni, R. A., 2007. *Guide to ASTM test methods for the analysis of petroleum products and lubricants*. 2nd ed. City, Month: ASTM International.
- Nafie, L. A., 2011. *Vibrational Optical Activity. Principles and Applications*. 1st ed. s.l.:John Wiley & Sons.
- Nelis, T. & Payling, R., 2003. *Glow discharge optical emission spectroscopy. A practical guide*. 1st ed. Milton Road, Cambridge: The Royal Society of Chemistry.
- Noria Latín América, 2014. [En línea]
Available at: <http://www.noria.mx/nla/images/articulo-estandares-del-ensayo-de-corrosion-lubetips17.jpg>
[Último acceso: 19 Marzo 2014].
- NREL, 2009. *Biodiesel Handling and Use Guide Fourth Edition*. [En línea]
Available at: <http://www.nrel.gov/vehiclesandfuels/pdfs/43672.pdf>
[Último acceso: 21 Marzo 2014].
- Omadisa industrias del laboratorio, 2014. *Baño termostático para ensayo de corrosión, OMADISA , 38.525.01*. [En línea]
Available at: <http://www.omadisa.net/index.html>
[Último acceso: 19 Marzo 2014].

- Omadasa industrias del laboratorio, 2014. *Baño termostático para ensayo de corrosión, OMADISA*, 38.525.01. [En línea]
Available at: <http://www.omadasa.net/d0wnl01ds/petroleos.pdf> [Último acceso: 19 Marzo 2014].
- Palfrey, S. M., 1999. *Clinical Applications of Capillary Electrophoresis*. 1st ed. Totowa, New Jersey: Humana Press.
- Pandey [Ed], A., 2009. *Handbook of plant-based biofuels*. 1st ed. Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Pandey, A., Lee, D., Christy, Y. & C., y. S., 2014. *Biofuels from Algae*. 1st ed. Great Britain: Elsevier.
- Passman [Ed], F. J., 2003. *Fuel and Fuel System. Microbiology, Fundamentals, Diagnosis, and Contamination Control*. 1st ed. West Conshohocken, Pensilvania: ASTM Internatinal.
- Pataki, L. & Zapp, E., 1980. *Basic Analytical Chemistry*. 1st ed. Hungary: Pergamon Press Ltd.
- Peters, K. E., Walters, C. C. & Moldowan, J. M., 2005. *The biomarker guide. Biomarkers and Isotopes in the Environment and Human Volumen 1*. 2nd ed. Cambridge; United Kingdom: Cambridge University Press.
- Petro Industry News, 2014. *Dispositivo de medición de estabilidad a la oxidación para el Biodiésel, Metrohm, modelo: Rancimat 873*. [En línea]
Available at: http://www.petro-online.com/assets/file_store/pr_files/3218/images/thumb_nails/360w-0108_dosb.jpg [Último acceso: 20 Marzo 2014].
- Petro Industry News, 2014. *Dispositivo de medición de estabilidad a la oxidación para el Biodiésel, Metrohm, modelo: Rancimat 873*. [En línea]
Available at: http://www.petro-online.com/news/analytical-instrumentation/11/metrohm/determining_the_oxidation_stability_of_biodiesel_according_to_en_14112/3218/ [Último acceso: 20 Marzo 2014].
- Petroleum Total Equipment, 2014. *Medidor Manual de Punto de Inflamación Pensky-Martens Copa* Cerrada, Koehler Instrument Company, modelo K16200. [En línea]
Available at: <http://www.pte.com.co/productos/medidor-manual-de-punto-de-inflamacion-pensky-martens-copa-cerrada.jpg> [Último acceso: 17 Marzo 2014].
- Petroleum Total Equipment, 2014. *Medidor Manual de Punto de Inflamación Pensky-Martens Copa* Cerrada, Koehler Instrument Company, modelo K16200. [En línea]
Available at: http://www.pte.com.co/esp/aplicaciones/derivados-del-petroleo-y-biocombustibles/punto-de-inflamacion/medidor-manual-de-punto-de-inflamacion-pensky-martens-copa-cerrada_25 [Último acceso: 17 Marzo 2014].
- Petrozzi, S., 2013. *Practical Instrumental Analysis Methods, Quality Assurance and Laboratory Management*. 1st ed. Singapore: WILEY-VCH Verlag.
- Radiometer analytical, 2014. *Estación de trabajo de valoración potenciométrica, TitrLab, modelo: 845*. [En línea]
Available at: <http://www.radiometer-analytical.com/images/product/titralab845.jpg> [Último acceso: 20 Marzo 2014].
- Radiometer analytical, 2014. *TitraLab 840 and 845 Titration Workstations*. [En línea]
Available at: www.radiometer-analytical.com/forms/all_down.asp?lien=pdf/titralab/titralab840_845_en.pdf&loc=p2 [Último acceso: 20 Marzo 2014].
- Radojevik, M. & Bashkin, V. N., 1999. *Practical Environmental Analysis*. 1st ed. Cambridge: The Royal Society of Chemistry.
- Radwag Balances and Scales, 2014. *Balanza semi-micro 100 gramos de capacidad, RADWAG, modelo: XA 110.3Y*. [En línea]
Available at: http://www.radwag.com/spanish/images/xay_b.jpg [Último acceso: 18 Marzo 2014].
- Radwag Balances and Scales, 2014. *Balanza semi-micro 100 gramos de capacidad, RADWAG, modelo: XA 110.3Y*. [En línea]

- Available at: <http://www.radwag.com/en/>
[Último acceso: 18 Marzo 2014].
- Rand [Ed], S. J., 2003. *Significance of Tests for Petroleum Products*. 7th ed. s.l.:ASTM International.
- Red Náutica (<http://187.141.81.212/>), 2014. *Motores de Combustion Interna*. [En línea]
Available
at: http://187.141.81.212/biblioteca/MAQUINAS/Combustion_Teoria%20de%20Motores%20de%20Combustion%20Interna.pdf
[Último acceso: 25 Marzo 2014].
- Robinson, J. W., Frame, E. M. S. & Frame II, G. M., 2005. *Undergraduate Instrumental Analysis*. 6th ed. Madison Avenue, New York: Marcel Dekker.
- Rolle, K. C., 2006. *Termodinámica*. 6ta. ed. México: PEARSON EDUCACIÓN,.
- Romano, S. & Sorichetti, P., 2011. *Dielectric Spectroscopy in Biodiesel Production and Characterization*. 1st ed. London: Springer-Verlag.
- Sarin, A., 2012. *Biodiesel, Production and Properties*. 1st ed. Cambridge: RSC Publishing.
- SATANHOPE-SETA, 2014. *Centrifugadora prueba de aceite de Seta Oil, modelo 90000-2*. [En línea]
Available at: http://www.stanhope-seta.co.uk/3943/product_info.asp
[Último acceso: 17 Marzo 2014].
- Scientific Equipment Source , 2014. *Cromatógrafo de gases, Agilent Technologies, modelo: Agilent 6890*. [En línea]
Available at: <http://www.gclctoronto.com/agilent6890.htm>
[Último acceso: 20 Marzo 2014].
- Scientific Equipment Source, 2014. *Cromatógrafo de gases, Agilent Technologies, modelo: Agilent 6890*. [En línea]
Available at: <http://www.gclctoronto.com/agilent6890.htm>
[Último acceso: 20 Marzo 2014].
- Scientific Glass & Instruments, 2014. *GI Model 8441 Vacuum Distillation Apparatus*. [En línea]
Available at: www.sginstr.com/8441-06-2014-bd-np.pdf
[Último acceso: 20 Marzo 2014].
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2006. *NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005, ESPECIFICACIONES DE LOS COMBUSTIBLES FÓSILES PARA LA PROTECCIÓN AMBIENTAL*. [En línea]
Available
at: <http://www.sedema.df.gob.mx/sedema/images/archivos/sedema/leyes-reglamentos/normas/federales/NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005.pdf>
[Último acceso: 07 Febrero 2014].
- Sica Medición, 2014. *Analizador Automático del Punto de Ecurrimiento y Nublamiento HERZOG, modelo: HCP 852*. [En línea]
Available
at: <http://sicamedicion.com.mx/productos/home/art/93>
[Último acceso: 19 Marzo 2014].
- Sica Medición, 2014. *Analizador Automático del Punto de Ecurrimiento y Nublamiento HERZOG, modelo: HCP 852*. [En línea]
Available
at: sicamedicion.com.mx/productos/app/webroot/pdf/HCP852.pdf
[Último acceso: 19 Marzo 2014].
- SICA MEDICIÓN, 2014. *Viscosímetro Multi Rango, Herzog, modelo HVM 472 No. de Parte 04721-000-00*. [En línea]
Available
at: <http://sicamedicion.com.mx/productos/img/articulos/1358202941.jpg>
[Último acceso: 17 Marzo 2014].
- SICA MEDICIÓN, 2014. *Viscosímetro Multi Rango, Herzog, modelo HVM 472 No. de Parte 04721-000-00*. [En línea]
Available
at: <http://sicamedicion.com.mx/productos/home/art/102>
[Último acceso: 17 Marzo 2014].
- Simpson, M. J. & Simpson, A. J., 2014. *NMR Spectroscopy A Versatile Tool for Environmental Research*. 1st ed. Singapore: John Wiley & Sons Ltd.
- SIMAX, 2014. *Kavalier*. [En línea]
Available at: <http://www.kavalier.cz/virtual/laboratory-glass2014.pdf>
[Último acceso: 03 Febrero 2014].
- Skoog, D. A., West, D. M., Holler, J. F. & Crouch, S. R., 2010. *Fundamentos de Química Analítica*. 8va ed. Distrito Federal; México: CENGAGE Learning.

- Speight, J. G., 2005. *Environmental Analysis and Technology for the Refining Industry*. 1st ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons.
- Speight, J. G., 2011. *Handbook Of Industrial Hydrocarbon Processes*. 1st ed. USA: Gulf Professional Publishing.
- Speight, J. G., 2011. *The Biofuels Handbook*. Milton Road, Cambridge: Royal Society of Chemistry.
- Stolten [Ed], D. & Scherer [Ed], V., 2013. *Transition to Renewable Energy Systems*. 1st ed. Federal Republic of Germany: Wiley-VCH Verlag.
- Summerfield, S., 2010. *Introduction to Analytical Chemistry*. [En línea]
[Último acceso: 04 Diciembre 2014].
- Theophanides, T., 2012. *Infrared Spectroscopy – Materials Science, Engineering and Technology*. 1st ed. Rijeka, Croatia: InTech.
- Thomas, F. G. & Henze, G., 2001. *Introduction to Voltammetric Analysis. Theory and Practice*. 1st ed. Collingwood, Australia: CSIRO Publishing.
- Thompson, R. B., 2008. *Illustrated Guide to Home Chemistry Experiments*. 1st ed. Sebastopol, California: O'Reilly books.
- Torres, S., 1994. *Introducción a la Cromatografía*. 1ra ed. Universidad Nacional de Colombia: Bogotá, Colombia.
- Totten [Ed], G. E., 2003. *Fuels and lubricants handbook. Technology, Properties, Performance and Testing*. 1st ed. West Conshohocken, Pensilvania: ASTM International.
- Totten, G. E., 2006. *Handbook of lubrication and tribology. Volume I application and maintenance..* 2da ed. Boca Raton, Florida: CRC Press,.
- Valls, O. & Del Castillo, B., 2010. *Técnicas Instrumentales en Farmacia y Ciencias de la Salud*. 1ra ed. México: Colegio nacional de químicos farmacéuticos biólogos México, A.C. .
- Van Grieken, R. E. & Markowicz, A. A., 2002. *Handbook of X-Ray Spectrometry*. 2nd ed. Madison Avenue, New York: Marcel Dekker, Inc..
- Waldron, K., 2014. *Advances in Biorefineries. Biomass and Waste Supply Chain Exploitation*. 1st ed. United Kingdom: Woodhead Publishing Limited.
- Wang, J., 2006. *Analytical Electrochemistry*. 3th ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc..
- Watson, J. T. & Sparkman, O. D., 2007. *Introduction to Mass Spectrometry. Instrumentation, Applications and Strategies for Data Interpretation*. 4th ed. London: John Wiley & Sons Ltd.
- Wiley-VCH Verlag, 1987. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. s.l.:Wiley-VCH Verlag.
- Willard, H. H., Merritt, L. I. & Dean, J. a., 1977. *Métodos Instrumentales de Análisis*. 9na ed. México Compañía Editorial Continental S.A. CECSA.
- Wu, C.-s., 2005. *Handbook of Size Exclusion Chromatography and Related Techniques*. 2nd ed. UNITED STATES OF AMERICA: Marcel Dekker, Inc.
- Yareth Químicos Ltda, 2014. *Agitador Magnético con calentamiento, CORNING, modelo PC420D Kit*. [En línea] Available
at: <http://www.yarethquimicos.com/images/PRODUCTOS%20YARETH%20QUIMICOS/AGITADORES%20Y%20PLANCHAS/AGITADOR%20MAGNETICO%20PC420D%20%282%29%20CORNING.jpg>
[Último acceso: 20 Marzo 2014].
- Yareth Químicos Ltda, 2014. *Agitador Magnético con calentamiento, CORNING, modelo PC420D Kit*. [En línea] Available
at: http://www.yarethquimicos.com/Agitador_magnetico_con_calentamiento_PC420D_CORNING_Yareth_Quimicos_Ltda.html
[Último acceso: 20 Marzo 2014].

Capítulo 3

Bermejo, F. M., Bermejo, M. d. P. B. & Bermejo, A. B., 1991. *Química analítica general cuantitativa e instrumental Volumen I*. 7ma ed. EDITORIAL PARANINFO: Madrid.

Conalep, 2014. *Análisis químico de la materia*. [En línea] Available at: http://sied.conalep.edu.mx/bv3/Biblioteca/Area/Carrera/Modulo/Recurso/379/mt_aquim00_int.pdf [Último acceso: 1 Abri 2014].

CUADROS, L. R., GÁMIZ, L. G. & CARRACO, A. P. R. C. S., 2013. *Glosario de términos analíticos*. 1ra ed. España: Grupo Regional Andaluz de la Sociedad Española de Química Analítica, GRASEQA,.

Kenkel, J., 2003. *Analytical chemistry for technicians*. 3th ed. Boca Raton, Florida: CRC Press.

Patnaik, P., 2004. *Dean's Analytical Chemistry Handbook*. 2da ed. United States of America: McGraw-Hill Professional.

Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 2014. *RACEFN Glosario de Geología*. [En línea] Available at: http://www.ugr.es/~agcasco/personal/rac_geologia/rac.htm [Último acceso: 02 Abril 2014].

Rouessac, F. & Rouessac, A., 2004. *Analyse Chimique Méthodes et techniques instrumentales modernes*. 6me ed. Paris: Dunod.

Skoog, D. A., West, D. M., Holler, J. F. & Crouch, S. R., 2010. *Fundamentos de Química Analítica*. 8va ed. Distrito Federal; México: CENGAGE Learning.

UACM, Ing. en Sistemas Energéticos, 2011. *UACM*. [En línea] Available at: http://issuu.com/dragondrache/docs/programa_est_lis_e_mejorado?e=0 [Último acceso: 21 Enero 2015].

UACM, Ingeniería en Sistema de Transporte Urbano, 2006. *Ingeniería en Sistema de Transporte Urbano*. [En línea] Available at: http://issuu.com/dragondrache/docs/ing_sistemas_tra nsporte_urbano?e=0 [Último acceso: 21 Enero 2015].

Worsfold [Ed], P., Townshend [Ed], A., Poole, J. C. & 2005, 2005. *Encyclopedia of Analytical Science*,. 2nd ed. s.l.:Elsevier.

Índice

(9 Z) – Ácido Octadecenoico. Véase Ácido Oleico,
Véase Ácido Oleico
(9Z, 12Z)-9, 12- Ácido Octadecadienoico. Véase Ácido
Linoleico

A

AAS. Véase Espectroscopia de absorción atómica
aceite de árbol de Mu, 20
Aceite de árbol de Tung, 20
Aceite de semilla de uva, 24
aceites vegetales, XV, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 19,
32, 33, 34, 57, 69, 87, 102, 105, 150
Ácido Acético. Véase Ácido Etanoico
Ácido Butanoico, IX, 25
Ácido Esteárico. Véase Ácido Octadecanoico
Ácido Etanoico, 25
Acido Fórmico. Véase Ácido Metanoico
Ácido Hexadecanoico, IX, 29
Ácido Linoleico, IX, 29
Ácido Metanoico, IX, 25
Ácido n-butílico. Véase Ácido Butanoico
Ácido Octadecanoico, IX, 29
Ácido Oleico, IX, 29
Acido Palmítico. Véase Ácido Hexadecanoico
Ácido Propanoico, 25
Ácido propílico. Véase Ácido Propanoico
Ácidos grasos, XV, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 12, 24, 27, 28, 31,
32, 33, 34, 58, 59, 63, 65, 90, 98, 107, 108, 114, 163
Agua y Sedimentos, 65
Alexander Smith, XXV
Algodón, 2, 9, 12, 19, 20
Algodón, 21
Altramuz blanco, 22
Amapola, 19
Ambreta, 20
Anarcardo, 20
ASTM, X, XV, xvi, xvii, XVIII, XXII, XXIII, 1, 2, 4, 13, 33, 55,
56, 59, 61, 63, 64, 67, 70, 72, 76, 80, 84, 87, 89, 96,
99, 100, 105, 106, 107, 108, 110, 111, 114, 116, 141,
145, 146, 150, 153, 154, 155, 156, 157, 167

ASTM D1160-06, prueba estándar para la destilación de
productos derivados del petróleo a presión reducida,
110
ASTM D130-94, toma para la prueba estándar para la
corrosividad del Cobre a Partir de Productos
Derivados del Petróleo, xvi, 84
ASTM D2709-96 toma para la prueba de agua y
sedimentos, XV, 67
ASTM D445-06, toma para la prueba de para la
Viscosidad Cinemática de líquidos transparentes y
opacos, XV, 70
ASTM D4530-06, para la prueba estándar para la
determinación del residuo carbonoso (Método
Micro), xvi, 96
ASTM D5453-06, toma para la prueba estándar para la
determinación del azufre, XV, 80
ASTM D613-05, para la prueba estándar para el
número de cetano de combustible diésel, 87, 92
ASTM D6584-07, glicerina libre y total en la B-100
Biodiésel, xvii, 104
ASTM D664-07, para la prueba estándar para la
determinación del índice de acidez, 100
ASTM D6751-12 Standard Specification for Biodiesel
Fuel Blend Stock (B100) for Middle Distillate Fuels,
157
ASTM D874-07, toma para la prueba de Cenizas
Sulfatadas de Aceites y Aditivos Lubricantes, XV, 76
ASTM D93-07, Prueba Estándar para la Determinación
del Punto de Inflamación con el Instrumento de
Copa Cerrada Pensky-Martens, 62
Atomic Absorption Spectroscopy. Véase Espectroscopia
de absorción atómica
Azufre, 11, 13, 56, 74, 78, 80, 82, 142, 150

B

Bario, 74
Biodiésel, IV, XV, XIX, XXII, XXIII, XXIV, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7,
9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 24, 32,
33, 34, 36, 55, 56, 57, 58, 59, 61, 65, 69, 70, 74, 78,
82, 86, 87, 90, 94, 98, 102, 105, 108, 112, 116, 117,
141, 142, 147, 150, 152, 153, 154, 155, 156
Brasil, 9

BS EN 14112 2003, Determinación de la estabilidad frente a la oxidación Ensayo de oxidación acelerada, 114

Butanol, 7

C

Cacahuete, 9, 19, 20

Calabaza búfalo, 21

Calcio, 56, 57, 59

Cañaño, 19

CE. Véase Electroforesis Capilar

Ceiba, 21

Cenizas sulfatadas, 74

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, XXI

Ch

China, 9

C

Clasificación de los métodos

Métodos físico químico, 38

Métodos gravimétricos, 37

Métodos volumétricos, 38

Clasificación de los métodos Ventajas e inconvenientes de los métodos instrumentales

Inconvenientes, 40

Ventajas, 39

Cloro, 74, 80, 135, 142

CO. Véase monóxido de carbono

CO₂. Véase dióxido de carbono

Coco, 21

Colza, 1, 4, 6, 11, 12, 19, 35, 112

Combustible, XV, xvi, XXII, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 33, 56, 57, 58, 61, 65, 67, 69, 70, 74, 78, 80, 82, 84, 86, 87, 89, 90, 94, 96, 98, 102, 108, 110, 112, 136, 146, 150, 155, 165

Comisión Federal de Electricidad, XXI

Conductimetría, 46

Constructivismo, XXV

Corona de arveja, 21

Corrosión de tira cobre, 82

Cromatografía de exclusión por tamaño, 44

Cromatografía de filtración en gel. Véase Cromatografía de exclusión por tamaño

Cromatografía de gases, 44

Cromatografía de líquidos de alta eficiencia, 43

Cromatografía de permeación en gel. Véase

Cromatografía de exclusión por tamaño

Cromatografía en intercambio iónico, 44

Cromatografía plana, 44

D

Descarga luminiscente espectroscopia de emisión óptica, 41

Destilación a presión reducida, 108

Día del Biodiésel, 9

Dióxido de carbono, 13, 15, 37

Dispersión rotatoria óptica, 41

E

E. Duffy, 9

Electroforesis Capilar, 42

Electroforesis proteica, 44

Espectrofotometría. Véase Espectroscopia de fluorescencia

Espectrometría de emisión, 42, 45

Espectrometría de masas, 44

Espectroscopia de absorción atómica, 45

Espectroscopia de fluorescencia, 46

Espectroscopia de plasma inducido por ruptura láser, 45

Espectroscopia de rayos X, 42

Espectroscopia de resonancia magnética nuclear, 42

Espectroscopia infrarroja, 42

Espectroscopia ultravioleta-visible, 42

Estabilidad de Oxidación, 112

Estados Unidos, XXIII, 9, 12, 14, 19, 56, 105

Estaño, 74

Esteárico, 27, 32, 33

Etanol, 5, 7, 19, 25, 34, 35, 61, 80, 92, 100, 102

F

FAME. Véase - Fatty acid methyl ester

Fatty acid methyl ester, 59

Flash point. Véase Punto de Inflamación

Fluometría. Véase Espectroscopia de fluorescencia

Fluorímetro, 46

Fluorómetro, 46

Ford, 9

Fósforo, 74, 105

FRyEE. Véase Maestría en Fuentes Renovables de Energía y Eficiencia Energética

Frijol arroz, 24

Frijol ayocote, 23

Frijol chino, 24

Frijol de soya, 21

Frijol Tepary, 23

G

GC. Véase Cromatografía de gases

GDOES. Véase Descarga luminiscente espectroscopia de emisión óptica

Girasol, 4, 6, 11, 12, 19, 20

Glicerina, xvi, xvii, 4, 7, 102, 145

Glicerol. Véase glicerina

Grasas animales, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 19, 57

Guar, 21

H

HAP. Véase polycyclic aromatic hydrocarbons

HC. Véase hidrocarburos

Hexadecano. Véase Número de Cetano

Hidrocarburos, 2, 3, 6, 12, 13, 14, 16, 32, 33, 64, 78, 80, 108, 136

Hierba de la pradera Baker, 22

Hierba de la pradera Douglas, 22

HPLC. Véase Cromatografía de líquidos de alta eficiencia

I

Índice de acidez, xvi, 98

Ingeniería en Sistemas de Transporte Urbano, XXII, 152, 154

Instalaciones disponibles

Agua potable, 144

El local, 143

Electricidad, 144

Red de Voz y Datos, 144

Instituto Politécnico Nacional, XXI, 166

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, XXI

Instrumentación y equipos

Agitador Magnético con calentamiento, X, 100, 143

Analizador elemental para traza de sólidos, líquidos y gases, X, 80, 142

Balanza semimicro 100 gramos de capacidad, IX, 76, 142

Centrifugadora prueba de aceite, IX, 67, 141

Cromatógrafo de gases, X, 104, 143, 145

Destilador al vacío, X, 143

Dispositivo de medición de estabilidad a la oxidación para el biodiésel, 143

Equipo de detección automática de puntos de congelación, X, 92, 142

Equipo para determinación de la corrosión del cobre por productos petrolíferos, 142

Espectrómetro ICP-OES, IX, 59, 141

Estación de trabajo de valoración potenciométrica, X, 100, 143

Horno mufla programable, IX, 76, 142

Medidor de Punto de Inflamación Pensky-Martens Copa Cerrada, 141

Micro probador de residuos de carbono, X, 96, 142

Probador de la calidad de ignición, X, 89, 142

Viscosímetro, IX, XIII, 54, 72, 129, 141, 174

Interés Industrial e Investigación de las Técnicas Instrumentales, 41

Isomería estructural, 7

Isopropanol, 7

IUPAC. Véase Unión Internacional de Química Pura y Aplicada

J

J. Patrick, 9

Jean Piaget, XXV

L

LAB. Véase Laboratorio de Aplicaciones Bioenergéticas

Laboratorio de Aplicaciones Bioenergéticas, XIV, XIX, XXIII, XXIV, XXVI, 116, 147, 149, 152, 154, 155

Cristalería y equipamiento básico, XXII, 117

Equipos y aditamentos, 131

Equipos y aditamentos, 107

Instalaciones disponibles, 143

Instrumentación y equipos, 141

Material de laboratorio, Cristalería, 121

Material de laboratorio, Utensilios de sostén o soporte, 117

Operaciones Básicas, 136

Requisitos auxiliares necesarios, 144

Lenteja, 22

Leonardo Da Vinci, XXV

Lev Vygotski, XXV
 LIBS). Véase Espectroscopia de plasma inducido por
 ruptura láser
 Linaza, 22
 Lino,, 19
 Linoleico, 27, 32, 33, 112
 Lípidos, XXII, 1, 2, 3, 5, 7, 29, 55, 56
 Loto corniculado, 22

M

Maestría en Fuentes Renovables de Energía y Eficiencia
 Energética, XVIII, XX, XXIV, 154
 Magnesio, 57, 59, 76
 Maíz, 12, 19
 Metanol, 1, 2, 3, 5, 6, 7, 12, 14, 33, 34, 35, 56, 61, 63,
 92, 102
 Métodos del análisis cuantitativo, 37
 Clasificación de los métodos, 37
 México, XVIII, XX, XXI, XXIII, 2, 20, 55, 90, 116, 146, 156,
 163, 164, 165, 170, 171, 175
 Monóxido de carbono, 12, 13, 15
 Mostaza Negra, 20
 Mostaza Verde, 20
 Motores diésel, 2, 3, 4, 5, 19, 57, 105

N

Nabo, 20
 Nitrated polycyclic aromatic hydrocarbons, 16
 Nomenclatura ácidos
 sistema delta, 31
 Norma EN 14538 2006 Productos derivados de grasas y
 aceites, 57
 Norma Oficial Mexicana NOM-086-SEMARNAT-SENER-
 SCFI-2005, XVIII, 55
 nPAH. Véase nitrated polycyclic aromatic hydrocarbons
 Número de Cetano, 11, 86, 150

O

Objetivo General, XXIV
 Objetivos Particulares, XXIV
 Oleico, 27, 32
 Operaciones Básicas
 Ablación (láser), 136
 Adsorción, 137
 Atomización, 137
 Atrapamiento, 137

Calcinación, 137
 Centrifugado, 137
 Condensación, 137
 Cristalización, 137
 Decantación, 137
 Descomposición, 138
 Desorción, 138
 Destilación, VII, 108, 138
 Digestión, 138
 Electrolisis, 138
 Evaporación, 138
 Extracción, 138
 Filtración, 139
 Floculación, 139
 Fusión, VII, 26, 30, 139
 Ionización, 139
 Levigación, 139
 Licuefacción, 139
 Neutralización, 139
 Oxidación, 139
 Precipitación, 37, 139
 Recristalización, 140
 Reducción, 16, 67, 140
 Secado, 72, 140
 Sedimentación, 140
 Sublimación, 140
 Valorización, 140
 Vaporización, 140

P

Palma, 1, 4, 6, 12, 19, 20, 21, 29, 33, 102, 112
 Palmítico, 27, 29, 32
 Petróleos Mexicanos, XXI
 Piñón de Indias, 21
 polycyclic aromatic hydrocarbons, 16
 Potasio, 57, 59, 100
 Potenciometría, 43
 Propanol, 7
 Punto de combustión, 61
 Punto de enturbiamiento, 90
 Punto de Inflamación, IX, XV, 26, 30, 61, 63, 64, 166

R

R.M.N. Véase Espectroscopia de resonancia magnética
 nuclear
 Recipientes, 48, 121
 Requisitos auxiliares necesarios

Almacén de reactivos, cristalería y equipos, 147
 Auxiliares, 145, 147
 Condiciones ambientales, 145, 147
 Electricidad de Emergencia, 144
 Electricidad Regulada, 144
 Gases Auxiliares, 146
 Generales, 147
 Sección Eléctrica, 146
 Sección Mecánica, 146
 Seguridad, 16, 147
 Residuo de Carbono, 94
 Ricino, 23
 Rudolf Diesel, 9

S

SEC. Véase Cromatografía de exclusión por tamaño
 Sodio, 56, 57, 59
 soja, 1, 4, 6, 9, 12, 14, 15, 19, 32, 69, 112

T

temperatura de autoignición, 61
 Tep, XVIII
 Terbutanol, 7
 Transesterificación, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 33, 34, 35
 Triglicéridos, 1, 2, 3, 7, 12, 32, 33, 34, 35, 102, 145, 155
 Tsubaki, 21

U

UACM, XXI, XXII, XXIII, 36, 117, 131, 143, 144, 152, 153, 154, 162, Véase Universidad Autónoma de la Ciudad de México, Véase Universidad Autónoma de la Ciudad de México, Véase Universidad Autónoma de la Ciudad de México
 Unión Europea, 10, 15, 19
 Unión Internacional de Química Pura y Aplicada, 27
 Universidad Autónoma de la Ciudad de México, XX, XXIV, 154, 156, 162
 Universidad Autónoma Metropolitana, XXI
 Universidad Nacional Autónoma de México, XXI
 Utensilios de Sostén, 46
 Utensilios de uso específico, 50
 Utensilios Volumétricos, 49, 121
 UV-Vis. Véase Espectroscopia ultravioleta-visible

V

Ventajas e inconvenientes de los métodos instrumentales, 39
 Viscosidad, XV, 11, 13, 26, 30, 56, 69, 70, 129, 150
 Volatilización
 Volatilización, 37, 140, 141
 Voltametrías, 43

Z

Zinc, 74

Coordinación de Certificación y Registro

UACM

Universidad Autónoma
de la Ciudad de México

Nada Humano me es ajeno



Trabajo realizado en talleres Jagus-Emi

Empastamos todo tipo de trabajos, impresión de calidad!!!

Servicios: impresión en lona, papel, plotter offset, offset digital, serigrafía , impreso en tela etc.... **Trabajamos todo el año**

Trabajos garantizados

AV. DE LOS MAESTROS NUM. 21-7 COL. SANTO TOMAS DEL. MIGUEL HIDALGO

TEL. 53961528 /5533143715 E-MAIL jagus_tesis@hotmail.com

www.facebook.com/JagusEmiAltaDefinicionEnImpresion?ref=hl

www.google.com.mx/maps/place/JAGUS+-+EMI+Impresión+y+Encuadernación+de+Tesis