

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR



**UNIVERSIDAD
INTERNACIONAL
DEL ECUADOR**

Facultad de Ingeniería Automotriz

**TESIS DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

TEMA:

**“INVESTIGACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE UNA MEZCLA HOMOGÉNEA
PARA GRUPOS ELECTRÓGENOS DE 1.7 MW”**

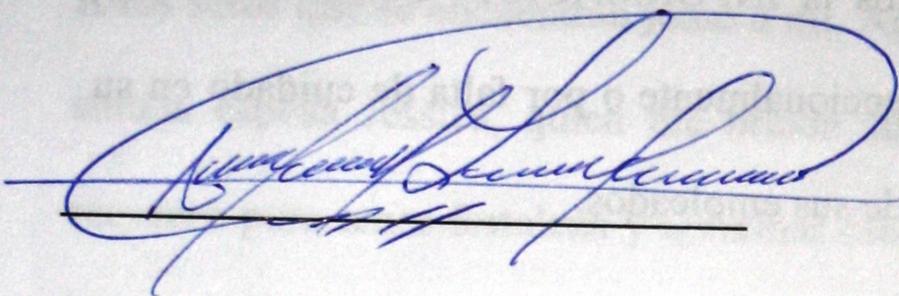
Marco Alfonso Zambrano Burneo

Director: Ing. Diego Pérez D. MBA

Abril 2014
Quito, Ecuador

CERTIFICACIÓN

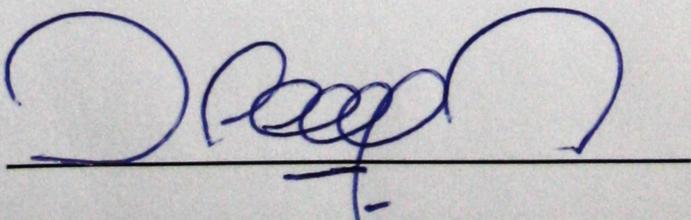
Yo, Marco Alfonso Zambrano Burneo declaro que soy el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal mía. Todos los efectos académicos y legales que se desprendan de la presente investigación serán de mi exclusiva responsabilidad.



Marco Alfonso Zambrano Burneo

CI: 1717823205

Yo, Diego Pérez D. declaro que, en lo que yo personalmente conozco, el señor, Marco Alfonso Zambrano Burneo, es el autor exclusivo de la presente investigación y que esta es original, auténtica y personal suya.



Ing. Diego Pérez D. MBA
Director

ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD

La biblioteca de la Universidad Internacional del Ecuador se compromete a:

1. No divulgar, no utilizar, ni revelar a otros la INFORMACION CONFIDENCIAL obtenida en el presente trabajo, ya sea intencionalmente o por falta de cuidado en su manejo, en forma personal o bien a través de sus empleados.
2. Manejar la información de la misma manera en que se maneja la información propia de carácter confidencial, la cual bajo ninguna circunstancia podrá estar por debajo de los estándares aceptables de debida diligencia y prudencia.

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECA

DEDICATORIA

A Dios, quien me da fe, fortaleza, salud y esperanza para terminar mis estudios, este trabajo y me apoya para cumplir las metas que me impongo, para bien mío y de las personas que están junto a mí.

A los seres que se encuentran junto a mí. Agradezco a una persona muy destacada que es mi amada esposa Jessica, quien me brinda su amor, estímulo, comprensión y el apoyo que requiero para tener fortaleza y culminar esta etapa importante de mi vida, acciones que son evidencia de su gran amor. ¡Gracias!

A mis adorados y amados padres,

Marco Zambrano Orejuela quien es mi inspiración y mi mentor quien me da la pauta para triunfar en la vida con honestidad y respeto.

Maria Burneo López quien me da la fuerza para sobresalir ante cualquier desafío y con sus palabras me ha dado el impulso para seguir adelante.

A mis queridas hermanas, Mónica y Gina, quienes apoyaron siempre mis ideales dándome el ánimo para realizar mis numerosas aventuras mientras realizaba mis estudios.

Marco Alfonso

AGRADECIMIENTO

Deseo realizar mi agradecimiento en primera instancia a Dios quien me permitió alcanzar este anhelo de graduarme como Ingeniero, y que se vuelve una realidad tangible con este proceso que estoy siguiendo. A mis padres, quienes permanentemente me apoyaron con espíritu alentador, y a mi Esposa Jessica, que contribuyó con apoyo incondicional para que pueda lograr mis metas y objetivos propuestos.

Agradezco a la Ing. Gabriela Torres quien me ha orientado y motivado en todo momento en la realización de este proyecto y cuyas aportaciones ayudaron a que pueda culminar esta tesis.

Además, agradezco a los docentes que me han acompañado durante el largo camino, brindándome siempre su orientación con profesionalismo ético en la adquisición de conocimientos y afianzando mi formación como estudiante universitario.

Con mucho cariño,

Marco Alfonso

SÍNTESIS

La Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC tiene instalado en el país varias centrales termoeléctricas accionadas por motores de combustión interna, las cuales utilizan como combustible una mezcla de fuel-oil y diésel. Al momento el resultado de esta mezcla no arroja un producto homogéneo, lo que causa una inestabilidad operativa. En algunos casos, esta situación produce altas temperaturas en los motores generando un desgaste acelerado de material de los motores y por lo tanto a una disminución de su vida útil. Por lo expuesto, esta tesis busca determinar una nueva metodología de mezclado que permita tener una proporción adecuada y un producto homogéneo con características cercanas a las del combustible de diseño. Así, en su desarrollo se cubren procedimientos como: establecer y controlar la proporción de cada componente de la mezcla, alcanzar una buena calidad de mezcla (proporciones constantes en su masa) y determinar la temperatura adecuada, para obtener la viscosidad del combustible solicitada por el fabricante del equipo, la cual está entre 12 a 18 cst.

PALABRAS CLAVES: Mezcla, Combustibles

SYNTHESIS

CELEC (Corporación Eléctrica del Ecuador) is a corporation with a large number of thermoelectric stations powered by internal combustion engines, which use as a combustible a mixture of fuel-oil and diesel. At the time, the mixture's results are not showing a homogeneous product, causing operative instability. In some cases, it produces high temperatures in the engines. Situation that carries to an accelerated waste of material with consequent lost on working life time. By the above, this thesis is looking to determinate a new methodology of mixing, that obtains an adequate proportion and homogeneous product with characteristics as close as designed. In its development the next procedures are perform: establishment and control of the proportions of each component in the mixture, reaching a mixture with the adequate quality (constant proportions on its mass) and attain the right temperature to obtain the viscosity requested by the equipment manufacturer, which is between 12 and 18 cSt.

KEYWORDS: Mixture, Combustible.

INDICE GENERAL

Contenido

CAPITULO 1	1
1 GENERALIDADES	1
1.1. ANTECEDENTES.....	1
1.1.1 Políticas para el uso de combustibles en el Ecuador.....	2
1.1.2 Características de los combustibles.....	3
1.1.3 Plantas de Generación eléctricas operadas por CELEC.....	4
1.1.4 Planta de Generación de CELEC-TERMOPICHINCHA en Sacha	9
A continuación se describe las principales características de la plan de Generación de Termopichincha en la Ciudad de Sacha:	9
1.2. JUSTIFICACIÓN	11
1.2.1.- Justificación Teórica.....	11
1.2.2.- Justificación Metodológica	12
1.2.3.-Justificación Práctica.....	12
1.2.4.- Delimitación Geográfica	12
1.3. OBJETIVO.....	13
1.3.1. General.....	13
1.3.2. Específicos.....	13
1.4 ALCANCE	14
1.4.1. Descripción de los conceptos de mezcla y sus controles	14
1.4.2. Determinar las características del combustible del fabricante.	14
1.4.3. Exponer el sistema actual de mezclado de combustibles	14
1.4.4. Establecer Procedimientos de mezclado y su control	14
1.4.5. Determinar nuevo sistema de mezclado de los combustibles	15
CAPÍTULO 2	16
2 MARCO TEÓRICO.....	16
2.1. MARCO TEÓRICO	16
2.1.1. Introducción.....	16
2.1.2. Tipos de mezclas (Mezclas, 2013).....	17
2.1.3. Control de la mezcla.....	18
2.1.4. Tipos de mezcladores de líquidos (Scribd.com).....	20
2.1.5. Equipos de mezclado	22
2.2. MARCO CONCEPTUAL	27
CAPÍTULO 3	38

MEZCLA DE COMBUSTIBLE PARA GRUPOS ELECTROGENOS DE 1.7 MW

3.1	DISEÑO Y PROTOCOLO.....	38
3.1.1.	Sistema de recepción y trasiego de combustibles.....	39
3.1.2.	Descripción técnica de la Planta.....	43
3.1.3.	Sistema de mezclado de combustible.....	44
3.2.	PROTOCOLO DE PRUEBAS.....	46
3.2.1.-	Procedimiento 1.- Determinación del GRADO DE LA MEZCLA.....	46
3.2.2.-	Procedimiento 2.- Mezcla buscada.....	54
3.3	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	60
3.3.1.	Infraestructura actual de la Planta de CELEC en Sacha:.....	60
3.3.2.	Conclusión del análisis:.....	61
3.4	SOLUCIONES PARA OBTENER UNA MEZCLA ÓPTIMA.....	61
3.4.1.-	Proporciones pre establecidas de Diesel y Fuel Oil.....	62
3.4.2.-	Calidad de mezcla:.....	64
3.4.3.-	Condiciones de Viscosidad:.....	65
CAPÍTULO 4.....		67
4.- IMPACTO TÉCNICO AMBIENTAL.....		67
4.1.	IMPACTO TÉCNICO.....	67
4.2.	IMPACTO AMBIENTAL.....	67
4.2.1.-	Línea Base:.....	67
4.2.2.-	Impacto esperado:.....	69
CAPÍTULO 5.....		70
5. ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO.....		70
5.1.	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	70
5.2.	ANALISIS FINACIERO.....	74
6.- RESUMEN.....		75
7.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		76
7.1.	CONCLUSIONES:.....	76
7.2.	RECOMENDACIONES:.....	76
8.- BIBLIOGRAFÍA.....		78
9.- GLOSARIO:.....		79
10.- ANEXOS:.....		84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Descripción	Pag. No.
Tabla 1	Características del Fuel Oil (Crudo Reducido) CIS.....	3
Tabla 2	Características del Diesel.....	3
Tabla 3	Poder Calorífico de varios combustibles	28
Tabla 4	Tanques de Almacenamiento Planta Sacha	43
Tabla 5	Volumen, Densidad Mezcla.....	49
Tabla 6	Tipos de Mezcla.....	50
Tabla 7	Grado API de muestras tomadas en un tanque	51
Tabla 8	Características de los combustibles y su objetivo.....	54
Tabla 9	Costo de Combustible.....	55
Tabla 10	Relación de Poder Calorífico.....	55
Tabla 11	Viscosidad del Fuel-Oil y Diesel	56
Tabla 12	Cálculos para mezcla de 40 por ciento de Diésel y diferentes temperaturas	58
Tabla 13	Viscosidad en cSt de Varias Mezclas a Diferentes Temperaturas	59
Tabla 14	Lineamientos establecidos en el TULAS.....	68
Tabla 15	Límites Máximos Permisibles de Emisiones al Aire	68
Tabla 16	Parámetros ambientales de la Central de Sacha.....	69
Tabla 17	Costos de trabajos de rutinas de los motores Hyundai.....	70
Tabla 18	Costos de trabajos de Descarbonizado de los motores Hyundai.....	71
Tabla 19	Costos de trabajos de Reparaciones medias de los motores Hyundai.....	71
Tabla 20	Costos de trabajos de Overhault de los motores Hyundai.....	72
Tabla 21	Información consolidada de mantenimientos	72
Tabla 22	Costo de Operación.....	73
Tabla 23	Inversiones Esperadas en la Implantación del Proyecto	73
Tabla 24	Análisis económicos	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Descripción	Pag. No.
Figura 1	Vista General de la Planta Termoeléctrica de Sacha	6
Figura 2	Especificaciones Fuel Oil	10
Figura 3	Consumo combustible Central Sacha	11
Figura 4	Agitador de aspas.....	22
Figura 5	Agitadores de paletas típicos	23
Figura 6	Agitador de Turbina.....	24
Figura 7	Campos de velocidades por agitación axial(A) y radial (B).....	26
Figura 8	Corrosión de válvula por el azufre del combustible	30
Figura 9	Viscosidad del petróleo en función de la temperatura.....	32
Figura 10	Variación de la viscosidad de los aceites con la temperatura	33
Figura 11	Curva viscosidad cinemática vs temperatura (Biodiesel).....	34
Figura 12	Mezclador en Línea Silverson	35
Figura 13	Diagrama de mezclado en línea etanol-gasolina	36
Figura 14	Homogenización del mezclado por recirculación.....	37
Figura 15-	Ubicación Sacha en Ecuador.....	38
Figura 16	Ubicación Planta en Sacha	38
Figura 17	Diagrama de flujo del combustible en la Planta	39
Figura 18	Bomba de Recepción de Fuel-Oil.....	40
Figura 19	Bomba de Recepción de Diesel	40
Figura 20	Bomba de Trasiego de Fuel Oil.....	41
Figura 21	Bomba de Trasiego de Diesel.....	41
Figura 22	Tanque de Fuel-Oil.....	42
Figura 23	Tanque de Diésel	42
Figura 24	Esquema del sistema de mezclado de la Central de Sacha.....	44
Figura 25	Descripción del mezclador usado en la Central de Sacha	45
Figura 26	Sistema de calentamiento y mezcla usado en la Central de Sacha	45
Figura 27	Toma Muestra.....	47
Figura 28	Hidrómetros API para petróleos	48
Figura 29	Variación de la Mezcla vs porcentaje Diésel.....	50
Figura 30	Viscosidad de los Combustibles vs Temperatura	57
Figura 31	Sistema de Control para regular el porcentaje de mezcla, (TIT) Transmisor e indicador de temperatura, (FV) Válvula de control con indicador de flujo, (FIT) trasmisor e indicador de flujo, (PLC) Controlador lógico programable.	63
Figura 32	Recirculación para mejorar la mezcla y temperatura.....	65
Figura 33	Mezclador de pared para tanques	66

CAPITULO 1

1 GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES

La Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC, 2012) tiene instalado en el país varias centrales eléctricas conformadas por motores de combustión interna, los cuales requieren usar un combustible con características diferentes a los producidos en el país, por lo que utilizan como combustible una mezcla de fuel-oil con diesel, siendo el primero una fracción del petróleo que se obtiene como residuo en la destilación fraccionada.

Como se indicó, CELEC con la finalidad de tener un combustible con características cercanas al combustible de diseño, en sus plantas realiza la mezcla del fuel-oil con diesel, con el inconveniente que la metodología utilizada lleva a obtener mezclas con proporciones variables y no homogéneas, produciendo inestabilidad operativa que en algunos casos llega a presentar altas temperaturas en los motores, produciendo por lo tanto un desgaste acelerado de material con una reducción de su vida útil (CELEC&Sacha, 2010).

Esta situación plantea la necesidad de disponer de una mezcla de los combustibles base en una proporción adecuada que sea homogénea, pudiéndose así garantizar características y condiciones deseadas del producto mezcla, llevando de esta forma a una mejora en la vida del equipo y en la operación de la Planta.

Por lo expuesto, se espera que los resultados alcanzados en el desarrollo de esta tesis apoyen en la determinación de la proporción para la mezcla ideal entre los combustibles fuel- oil y diesel bajo conceptos técnicos y económicos, así como establecer una metodología que permita alcanzar un alto grado de mezclado, es decir que llegue a tener una

homogeneidad de la proporción de la mezcla del combustible que es abastecido al motor, el cual debe cumplir con las características de viscosidad y temperatura que requiere el fabricante de los motores (CELEC&Sacha, 2010).

En consideración de las ventajas operativas que brinda tener una operación de generación eléctrica estable, la cual se consigue principalmente al tener un combustible dentro de especificaciones en forma sostenida, se dio la facilidad de obtener la información para el desarrollo de este trabajo, es por esto que, la investigación se concentra en tener una mezcla óptima y homogénea.

1.1.1 Políticas para el uso de combustibles en el Ecuador.

El Estado Ecuatoriano considerando que es deficitario de diesel y que dispone de otros combustibles producidos en el país de bajo precio, implemento una política para el uso de combustibles que señala el uso de combustibles para generación eléctrica en el siguiente orden:

- Gas asociado en el petróleo
- Residuo de refinerías o Fuel-Oil
- Petróleo pesado
- Petróleo mediano y liviano
- Diesel (como último recurso o última alternativa).

Nota: este orden está en relación directa con su precio.

El abastecimiento de combustible para las centrales térmicas, se realiza a través de la empresa estatal EP PETROECUADOR. Los tipos de combustibles más utilizados son el diesel, que se importa en su mayor parte, el bunker de producción nacional y la nafta, que igualmente se importa (CONELEC, 2012).

1.1.2 Características de los combustibles

Considerando que la Tesis en desarrollo está relacionada con la mezcla de combustibles Fuel-Oil y Diesel, a continuación se presenta las características principales de estos combustibles:

Tabla 1 Características del Fuel Oil (Crudo Reducido) CIS

PARAMETROS	UNIDAD	METODO	RESULTADO
API 15.6 / 15.6 °C (60°F)		ASTM D-287	15.2
GRAVEDAD ESPECIFICA 15.6 / 15.6 °C		ASTM D-287	0.9646
VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL a 50°C	SSF	INEM-1981	512
VISCOSIDAD REDWOOD-1 a 37.78 °C	RW1	INEM-1981	11567
PUNTO DE INFLAMACION	°C	ASTM D-93	108.6
CENIZAS	% P	D-4422	1.4873
AZUFRE	% P	ASTM D-4294	1.7097
VISCOSIDAD CENTISTOKES a 50 °C	Cst	INEM-810	1033

CIS= Centro Industrial de Shushufindi – EP Petroecuador

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad de la Refinería de Shushufindi- Anexo 1

Tabla 2 Características del Diesel

PARÁMETRO	UNIDADES	NORMA ASTM-D	M-1
Densidad (15 °C)	g/ml	1298	0.8453
Gravedad API			35.75
Viscosidad (40°C)	cSt	445	4.1
Contenido de agua	% v/v	95	< 0.05
Contenido de sedimentos	% p/p		< 0.05
Punto Inflamación	°C	92	65
Carbono Residual	%	524	0.97
Poder Calorífico	Kcal/Kg	4809	10528
Azufre	% p/p	6728	0.56

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad de la Refinería de Shushufindi- Anexo 2

1.1.3 Plantas de Generación eléctricas operadas por CELEC.

La Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC, 2012) es una compañía estatal encargada de generar y de abastecer de energía eléctrica al país bajo el control del Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC).

La corporación comprende a siete empresas, seis de generación (Hidropaute, Hidroagoyán, Hidropastaza, Electroguayas, Termopichincha, Termoesmeraldas), más la empresa transmisora de electricidad Transelectric.

La CELEC tiene una capacidad instalada de 1.941 megavatios (MW) mientras que su producción de energía es de alrededor de 9.825 gigavatios hora al año (GW h/año) lo que representa el 61 por ciento del consumo nacional.

TERMOPICHINCHA:

Es una unidad de negocios de CELEC cuya Visión es: “Contribuimos al bienestar y desarrollo nacional, mediante la producción de energía eléctrica con altos índices de disponibilidad, confiabilidad y eficiencia, con su talento humano comprometido y competente, actuando responsablemente con la comunidad y el ambiente”.

Termopichincha cuenta con varias centrales de Generación, las cuales se describe a continuación:

Guangopolo

Se encuentra ubicada en el Valle de los Chillos, Provincia de Pichincha. Inició su operación en generación termoeléctrica en abril de 1977. Contando con una potencia instalada de 31.2MW, distribuida en 6 unidades marca Mitsubishi MAN. En agosto de 2006, se inicia una nueva etapa de crecimiento para TERMOPICHINCHA S.A, con la instalación

de una unidad de 1.8 MW marca Wartsila, para una potencia total instalada de 33 MW. Las unidades de generación de la Central para su operación utilizan residuo de la Refinería Shushufindi. La producción de la Central se entrega al Sistema Nacional Interconectado a través de la Subestación Vicentina.

Santa Rosa

Inició su operación en marzo de 1981, se encuentra ubicada en la ciudad de Quito, en el km. 17 de la Panamericana Sur, sector de Cutuglahua. Cuenta con una potencia instalada de 51 MW, distribuida en 3 turbinas que funcionan como generadores. Dos de las tres unidades de generación operan como Compensadores Sincrónicos. La energía reactiva generada es entregada al Sistema Nacional Interconectado y sirve para mejorar la calidad de la energía. La Central utiliza para su operación diésel.

Sacha

El 16 de febrero de 2009 se suscribió el Convenio de Cooperación Específica Interinstitucional entre los gobiernos de Ecuador y Cuba, encargando a la Corporación Eléctrica del Ecuador, CELEC E.P. el desarrollo del proyecto. Debido al alcance y desarrollo del Proyecto para la instalación de 40.8 MW en el Ecuador, se encarga a la Unidad de Negocio Termopichincha la instalación de dos centrales de 20.4 MW cada una, con grupos electrógenos de potencia de 1.7 MW, en las ciudades de Manta y Sacha.

La Central Termoeléctrica Sacha se encuentra ubicada en el Cantón La Joya de los Sachas, Provincia de Orellana.

Datos Técnicos Proyecto SACHA:

- Inversión: US\$ 27.000,000
- Capacidad 20.4 MW
- Combustible Fuel Oil

- Fecha de ingreso enero 2011



Figura 1 Vista General de la Planta Termoeléctrica de Sacha
Fuente: CELEC- “Informe de rendición de cuentas 2012” y web de CELEC

Secoya

El 31 de marzo de 2009, la Corporación Eléctrica del Ecuador, CELEC E.P. y Petroproducción firmaron un contrato para la provisión de 14 MW de energía eléctrica para el funcionamiento de las torres de perforación y reacondicionamiento en los campos de Sacha con una capacidad de 10 MW, e inicialmente en Secoya con 4 MW, lo que permitirá en un futuro incrementar la potencia de entrega hasta 7,5 MW. La firma de este contrato de participación de servicios y apoyo son alianzas estratégicas de las instituciones estatales para fortalecimiento y optimización de los recursos del Estado. El 11 de marzo de 2010 esta Central inició su operación comercial.

Isla Puná

El 14 de mayo del 2009, la Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC E.P. y la Corporación Nacional de Electricidad CNEL E.P. Guayas-Los Ríos, suscribieron un Convenio de Cooperación Interinstitucional cuyo objeto principal es la ejecución de

proyectos para abastecer de energía en la Isla Puná. Al amparo del Convenio antes citado, la Unidad de Negocio TERMOPICHINCHA ha ejecutado varias acciones que han permitido incrementar el servicio de energía de 4 horas a 24 horas diarias para las poblaciones de Puná Nuevo y Campo Alegre; y, 18 horas para la Comunidad de Cauchiche.

Central Térmica Puna Nuevo

La Unidad de Negocio TERMOPICHINCHA rehabilitó las unidades generadoras de la Central Térmica, luego, adquirió, instaló y puso en operación una nueva unidad de 1 MW. Actualmente dispone de tres unidades generadoras, con una potencia total de 2,2 MW, que prestan servicio las 24 horas del día.

Central Térmica Campo Alegre

La Unidad de Negocio TERMOPICHINCHA diseñó y construyó una nueva casa de máquinas. Recibió de PDVSA un grupo IVECO de 0.150 MW e instaló en la nueva Central. Actualmente dispone de dos unidades generadoras, prestando así, el servicio las 24 horas diarias.

Central Térmica Cauchiche

La Unidad de Negocio TERMOPICHINCHA, instaló dos grupos generadores marca Deutz, actualmente presta el servicio de energía eléctrica de 18 horas diarias.

Quevedo II

El 4 y 11 de diciembre de 2009, para suplir el desabastecimiento de energía, el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, suscribió contratos de arrendamiento, suministro, instalación de equipos, puesta en marcha y operación comercial de grupos diésel con las Empresas APR ENERGY LLC y Energy International de Estados Unidos de

América, para ser instalados en las subestaciones de: Santa Elena, 60 und. Módulos de Generación modelo 9H21/32, que proporcionan una potencia efectiva de 102MW; y Quevedo, 60 und, Módulos de Generación modelo 9H21/32 que proporciona una potencia efectiva de 102 MW.

Jivino

Mediante Resolución Nro. 0036/2010 de 1 de septiembre de 2010, el Directorio de la empresa Pública Estratégica Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC EP, autorizó al Gerente General llevar a cabo el procedimiento pertinente para la contratación, suministro e instalación de Centrales Termoeléctricas con una potencia efectiva de 190MW para incorporarse al Sistema Nacional Interconectado del Ecuador.

Luego del proceso correspondiente, el Gerente General de CELEC EP mediante Resolución No. CELEC EP-GG-077-11 de 24 de marzo de 2011, adjudicó al oferente Consorcio Generación Ecuador Equitec, el contrato en el capítulo "JIVINO" de una potencia efectiva de 40MW, incluidos los auxiliares y obras civiles asociadas; adjudicación que fue notificada el 24 de marzo de 2011.

La Central Jivino, a cargo de CELEC EP Unidad de Negocio TERMOPICHINCHA está ubicada en SUCUMBIOS e integrada por 4 unidades termoeléctricas marca WARTSILA, modelo V46, con una potencia unitaria nominal de 10 MW, velocidad 514 RPM.

Fuente: (CELEC, 2012), La información del punto 1.1.3. se tomó del “Informe de rendición de cuentas 2012” y web de CELEC.

1.1.4 Planta de Generación de CELEC-TERMOPICHINCHA en Sacha

A continuación se describe las principales características de la plan de Generación de Termopichincha en la Ciudad de Sacha:

- Capacidad de generación: 20.4 MW
- 12 Unidades de generación compuesta de:
 - Motor de combustión interna
 - Marca Hyundai
 - Potencia 1,8 MW cada unidad
 - Tipo de Motor 9H21/32
 - Combustible, fuel oil clase 6
 - Revoluciones 900 rpm
 - Orden de encendido 1-3-5-7-9-8-6-4-2
 - Generador
 - Marca Hyundai
 - Potencia 1,7 MW
 - Voltaje 4,16 KV
 - 60Hz
 - Combustible

El combustible de diseño usado en los motores Hyundai esta descrito por los fabricantes, cuya información esta descrita en el dossier de este equipo, cuya hoja descriptiva se presenta a continuación:

HYUNDAI		PROJECT GUIDE		H25/33S	
Fuel System		Fuel Oil Specification		Sheet No.	Page
				P.05.300	1 / 1
Heavy Fuel Oil			Diesel Fuel Oil		
<p>The engine together with proper external feed system can be operated on heavy fuel oil of viscosity up to 700 cSt at 50 °C, which corresponds to the grades of CIMAC H700 (CIMAC Recommendation No. 21, 2003). However, the fuel should be cleaned and preheated before entering the engine with following specifications at least.</p>			<p>The quality requirements for MDO shall be in accordance with CIMAC DA, DB, DC grade. If the engine is run on blended MDO(A-bunker diesel), i.e. CIMAC DC grade, a centrifugal treatment system should be prepared. For reference, specification for CIMAC DC is as follows:</p>		
Properties	Unit	Limit	HFO (CIMAC H700)	MDO (CIMAC DC)	
Kinematic viscosity	mm ² /s(cSt)	max	700 at 50°C Range 12-18 (**)	1.5-14.0 at 40°C Range 6-14 (**)	
Density at 15 °C	kg/m ³	max	991.0 1010.0 (*)	920.0	
Flash point	°C	min	60	60	
Pour point (Winter quality)	°C	max	30	0	
Carbon Residue	% mass	max	22 15 (**)	2.5	
Asphaltenes	% mass	max	8	-	
Ash	% mass	max	0.15 0.03 (**)	0.03 (**)	
Total sediment, potential	% mass	max	0.10	-	
Total sediment, existent	% mass	max	-	0.10	
Water	% volume	max	0.5 0.2 (**)	0.3 0.2 (**)	
Sulfur	% mass	max	4.50 3.50 (**)	2.00	
Vanadium	mg / kg	max	600 150 (**)	100	
Sodium	mg / kg	max	100 30 (**)	50 30 (**)	
Aluminum+Silicon	mg / kg	max	80 15 (**)	25 15 (**)	
Solid Particles	mg / kg	max	20 (**)	20 (**)	
	µm	max	5 (**)	5 (**)	
<p>(*) : Adequate purifying equipment for high density is required. (**): Limited value before engine inlet for economical operation. Note 1: The following kinds of fuel are not to be used: 1) Bunker fuel including cat-fines 2) Bunker fuel including land-used lubricating oil waste 3) Bunker fuel including alkylation bottom oil (total acid<3, strong acid=0) Note 2: Additional properties are specified by the engine manufacturer, which are not included in the CIMAC fuel quality. (CIMAC Recommendation No. 21, 2003)</p>					
<p>HYUNDAI HEAVY INDUSTRIES CO., LTD. Engine & Machinery Division Rev. 05.01/KCM</p>					

Figura 2 Especificaciones Fuel Oil

Fuente: (CELEC, Manual de Operación y Mantenimiento Hyundai para 1700 KW Packaged Power Station, 2010)

A más de ello, la información técnica del combustible descrita en el anexo 3, del cual se puede extraer algunos condicionantes importantes exigidos por el fabricante del equipo, lo cual se describe a continuación:

- *Viscosidad al ingreso al motor debe estar entre 12-18 cst*
- *Densidad menor a 991 Kg/m3 a 15°C*
- *Temperatura del combustible menor a 155°C*

Cantidad de combustible utilizado

Tomando la información de la Central de Generación de Sacha relacionada con el consumo de combustible, se elabora el siguiente gráfico, en el que se aprecia una etapa inicial con un consumo de aproximadamente 9000 galones día, luego de lo cual se estabiliza un consumo de aproximadamente 16,000 galones por día.

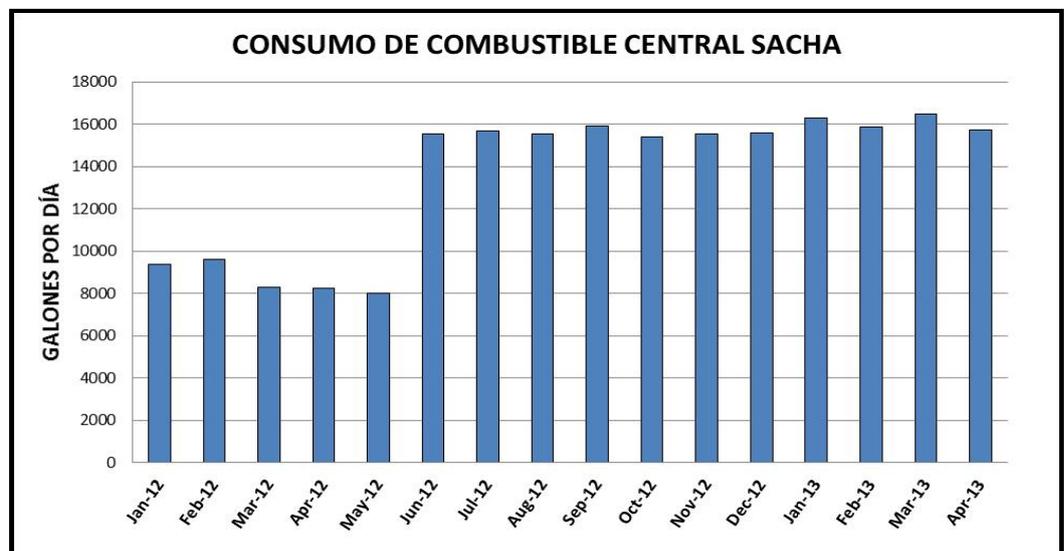


Figura 3 Consumo combustible Central Sacha
Fuente: (CELEC&Sacha, 2010)

1.2. JUSTIFICACIÓN

1.2.1.- Justificación Teórica

El resultado de esta tesis determina una nueva metodología de mezclado de los combustibles base (fuel-oil y diesel), mediante la cual se mantiene una proporción definida de estos componentes y su producto mezcla alcanza las condiciones de viscosidad y temperatura exigidas por el fabricante, mejorando substancialmente las condiciones actuales del producto final, causando una mejora en la vida del equipo y en la operación de la Planta.

1.2.2.- Justificación Metodológica

Con la finalidad de tener una Tesis práctica y aplicable, el trabajo de investigación se desarrolló limitado a definir una mezcla de los combustibles Fuel- Oil y Diesel producidos en el país, enfocando su uso para la Central de Generación Termoeléctrica de CELEC EP TERMOPICHINCHA ubicado en la Joya de los Sachas en la Provincia de Orellana, cuyo combustible deseado está definido por el fabricante de los Motores Hyundai de 1.7 MW.

1.2.3.-Justificación Práctica

La investigación o el estudio a realizarse ayudará a solucionar el problema que se tiene al momento en la mezcla de combustible de la planta de Sacha, ya que la mezcla actual produce un producto no homogéneo que causa problemas de inestabilidad en la operación y calentamiento temporal del motor.

1.2.4.- Delimitación Geográfica

Como se ha indicado el estudio estará limitado a la Planta de Sacha, la misma que se encuentra a una altura de 300 metros sobre el nivel del mar, y tiene una distancia aproximada de 40 Km a la refinería de Shushufindi de destilación atmosférica de 20,000 Bls de capacidad, la cual está ubicada en la población de Shushufindi.

1.2.5.- Delimitación del Contenido

El desarrollo de la Tesis se enmarca a establecer una mezcla exclusiva de los combustibles de Fuel-Oil y Diesel de producción nacional (Refinería de Shushufindi), enfocada a buscar el combustible requerido por los motores Hyundai de 1.7 MW, cuya mezcla sea homogénea y su sistema permita una regulación del mezclado para obtener parámetros cercanos a los índices solicitados por el fabricante.

1.3. OBJETIVO

1.3.1. General

Investigar la manera óptima para obtener una mezcla de combustibles Fuel-Oil y Diesel, con una proporción previamente establecida, que sea homogénea y que tenga la viscosidad y las condiciones principales exigida por los fabricantes de los motores Hyundai 9H21/32 de 1.7 MW.

1.3.2. Específicos

Investigación bibliográfica

- a) Identificar las características de los combustibles Fuel-Oil y Diesel producidos en el país.
- b) Identificar las características del combustible usado para el diseño de los Motores Hyundai 9H21/32 de 1.7 MW.

Investigación de campo

- a) Describir el sistema de mezclado que dispone CELEC Sacha.
- b) Especificar la homogeneidad de la mezcla resultante y sus efectos en la operación de los equipos.

Mezclas óptima para grupos electrógenos.

- a) Controlar el porcentaje de cada componente de la mezcla.
- b) Homogenizar de la mezcla.
- c) Aplicar parámetros básicos que mejoran la mezcla.

1.4 ALCANCE

1.4.1. Descripción de los conceptos de mezcla y sus controles

El desarrollo de esta Tesis está enfocado a la mezcla de líquidos, por lo tanto en su inicio se explicará los conceptos de mezclas, describiendo sus fundamentos, tipos, formas de control, mecanismos de mezclado, tipos de mezcladores, impacto del calentamiento, mezclado en línea y otros.

1.4.2. Determinar las características del combustible del fabricante.

Considerando que el objetivo de la mezcla es buscar un combustible que cumpla las exigencias del fabricante de los motores Hyundai 9H21/32 de 1.7 MW, el estudio partirá con la determinación de esos parámetros.

1.4.3. Exponer el sistema actual de mezclado de combustibles

Para el análisis de las operaciones de mezclado, se considerará el sistema usado al momento en la Planta de CELEC en Sacha, en cuyo análisis se buscará detectar las debilidades del sistema, de tal forma de poder plantear las posibles soluciones de acuerdo al avance del desarrollo de la Tesis.

1.4.4. Establecer Procedimientos de mezclado y su control

El desarrollo de esta Tesis lleva al análisis de los porcentajes de Fuel-Oil y Diesel que deben entrar en el mezclado así como en la homogeneidad de su resultado, alcanzando las condiciones de viscosidad y temperatura exigidas por el fabricante, para lo cual se realizan procedimientos que permiten y aseguran controlar la obtención de los parámetros deseados en la mezcla buscada de los combustibles.

1.4.5. Determinar nuevo sistema de mezclado de los combustibles

En base a la información levantada de la infraestructura usada para la mezcla de combustible en la Planta de Sacha y el análisis comparativo con los procedimientos planteados, se buscara una nueva infraestructura que minimice las debilidades encontradas en la infraestructura actual y se incremente los factores de control que aseguren alcanzar en la mezcla buscada los parámetros principales exigida por el fabricante de los equipos así como las limitaciones, logrando de esta manera mejorar la operación de la planta y aumentando la vida de los equipos que la conforman.

CAPÍTULO 2

2 MARCO TEÓRICO

2.1. MARCO TEÓRICO

El tema de la mezcla es un tema tan antiguo como la humanidad, ya que este tema es muy habitual dentro de la vida cotidiana, el cual como ejemplo se puede ver la mezcla de agua, café, azúcar para formar una taza de café, hasta eventos más complejos como por ejemplo la mezcla de arena, piedra y cemento para formar una masa de hormigón que se endurece en el tiempo.

2.1.1. Introducción

El mezclado y/o agitación de líquidos miscibles (forman fácilmente mezclas estables) o de sólidos en líquidos se efectúa con el objeto de lograr una distribución uniforme de los componentes entre sí por medio del flujo. Dicho flujo es producido por medios mecánicos generalmente cuando se mezclan líquidos miscibles o sólidos en líquidos se puede lograr un mezclado íntimo, pero con líquidos inmiscibles y materiales muy viscosos o pastosos el grado de mezclado logrado es menor.

La eficiencia del proceso de mezclado depende de una efectiva utilización de la energía que se emplea para generar el flujo de los componentes. Para lograr proporcionar un suministro de energía adecuado hay que considerar las propiedades físicas de los componentes, el diseño del agitador que transmite la energía y la configuración del tanque de mezclado.

Otra definición de mezclado señala que partiendo de dos fases individuales, tales como un fluido y un sólido pulverizado o dos fluidos, se logre que ambas fases se distribuyan al azar entre sí.

FUNDAMENTOS DE MEZCLADO

Siempre que un producto contenga más de un componente será necesario que pase por una fase de mezclado o combinación durante su proceso de preparación o fabricación.

La función de estas mezclas consiste en asegurar una distribución de los componentes en forma homogénea para lo cual se debe buscar el lugar adecuado y la velocidad deseada para su mezcla.

Mezcla: Definición

El mezclado es una operación cuyo objetivo fundamental es conseguir la máxima interposición entre varios componentes, que inicialmente se encuentran separados o parcialmente mezclados, y alcanzar una distribución lo más homogénea posible de los mismos. Si ello se consigue, se producirá una situación teórica ideal, mezcla perfecta.

2.1.2. Tipos de mezclas (Mezclas, 2013)

Mezclas Positivas:

Están formadas por materiales, que se mezclan de forma espontánea e irreversible por difusión, y que tienden a aproximarse a la mezcla perfecta. Cuando el tiempo de mezclado es ilimitado, no es necesario aplicar energía para conseguir mezclas positivas, aunque si se puede aplicar la energía si se desea acortar el intervalo preciso para obtener el grado de mezcla deseado. En general, los materiales que forman las mezclas positivas no plantean problemas durante su mezclado.

Mezclas Negativas:

En este tipo de mezcla, los componentes tienden a separarse, si ello ocurre con rapidez, será necesario un aporte continuo de energía para mantener la dispersión adecuada de los componentes como sucede con las suspensiones y emulsiones o en una dispersión de sólidos en un líquido de escasa viscosidad. En otras mezclas negativas, los componentes

tienden a separarse con gran lentitud, por ejemplo las emulsiones, cremas, y suspensiones viscosas. Las mezclas negativas son más difíciles de producir y mantener, y requieren un grado mayor de eficiencia de mezclado que las mezclas positivas

Mezclas Neutras:

Este tipo de mezclas se caracterizan por que los componentes no se mezclan espontáneamente, tampoco tienen separarse espontáneamente, como ejemplo la mezcla de la mayoría de los polvos, es decir son las que tienen un comportamiento estático, de forma que sus componentes no tienden a mezclarse de forma espontánea, ni a segregarse una vez lograda la mezcla.

Mezclas Reales:

En la práctica el tipo de mezcla puede cambiar durante el procesamiento, por ejemplo, si la viscosidad aumentara, la mezcla podría cambiar de negativa a neutra, de la misma forma si varía el tamaño de las partículas o la tensión superficial del líquido.

La situación ideal o muestra perfecta, sería el estado en que cada partícula se encontrara junto a una partícula del otro componente, es decir que cada partícula está en la vecindad más íntima posible con una partícula del otro componente. Esta situación, se presenta si se han distribuido de la forma más homogénea posible.

En la práctica, es probable que los componentes del mejor tipo de mezcla factible aparecieran distribuidos de una forma aleatoria.

2.1.3. Control de la mezcla

Grado de mezcla: (Grado.Mezclado, 2002),(Wikipedia, 2013)

El grado de mezcla alcanzado en el proceso o el grado de homogeneidad se mide utilizando la Desviación Estándar de la media de un número de muestras suficientemente elevado.

Valoración del grado de mezcla

Los fabricantes de productos que se conforman por varios elementos necesitan algún medio para controlar el proceso de mezclado, entre las que se encuentran las siguientes:

- Indicar el grado/magnitud del mezclado
- Controlar el proceso de mezclado
- Indicar el momento en que el mezclado se considera suficiente
- Valorar la eficiencia de un mezclado
- Determinar el tiempo de mezclado necesario para un proceso concreto

Mecanismos de mezclado:

Los tres mecanismos por los que se mezclan los líquidos son:

- Transporte de volumen
- Mezcla por turbulencia
- Difusión molecular

Transporte de volumen

Es similar a la mezcla por convección de los polvos e implica el movimiento de una cantidad relativamente grande de material de una posición a otra dentro de la mezcla.

Por ejemplo: por acción de la pala de un mezclador, también tiende a producir una gran cantidad de mezclado con bastante rapidez, pero sin dejar de mezclar el líquido del material que se mueve.

Mezcla por turbulencia

Son consecuencia del movimiento aleatorio de las moléculas cuando se ven forzadas a desplazarse de manera turbulenta. Los cambios constantes de velocidad y dirección del movimiento hacen que la turbulencia inducida sea un mecanismo de mezclado muy efectivo.

Sin embargo, dentro de un líquido turbulento se forman pequeños conjuntos de moléculas que se mueven formando unidades llamadas remolinos. Estos remolinos tienden a disminuir de tamaño y acaban por desintegrarse para ser sustituidos por otros nuevos. Por tanto, la mezcla por turbulencia sola, puede contener pequeñas áreas no mezcladas en el interior de los remolinos y en las áreas próximas a la superficie del envase, en las que se produce una corriente de flujo laminar.

Difusión molecular

Esta ocurre en los líquidos miscibles siempre que existe un gradiente de concentración y acaba por dar lugar a un producto bien mezclado, aunque para ello se precisará un tiempo considerable, si este es el único mecanismo de mezcla.

Mezcladores reales:

En la mayoría de los mezcladores suceden los tres mecanismos; el transporte de volumen y la turbulencia se deben al movimiento de un agitador o de una pala mezcladora programados a una velocidad adecuada.

2.1.4. Tipos de mezcladores de líquidos (Scribd.com)

Antes de describir los mezcladores, es importante conocer que los líquidos móviles de escasa viscosidad se mezclan fácilmente entre sí, de igual forma, las partículas sólidas se suspenden con facilidad en los líquidos móviles, aunque es probable que también sedimente con rapidez cuando se interrumpe el mezclado.

Por otro lado los líquidos viscosos son más difíciles de agitar y mezclar, pero la velocidad de sedimentación de las partículas suspendidas en ellos es menor.

Mezcladores de propulsión

Un equipo de uso frecuente para mezclar líquidos a escala media es el agitador propulsor, que puede adaptarse al borde de un recipiente. El propulsor tiene hojas anguladas que obligan al líquido a circular en dirección tanto AXIAL como RADIAL, un dispositivo descentrado dificulta la formación de remolinos, que pueden aparecer cuando el agitador se monta en el centro del recipiente, los remolinos aparecen cuando la fuerza centrífuga aplicada al líquido por las hojas del propulsor hace que aquel se aplique a la pared del vaso y cree una depresión central, cuando la velocidad de rotación aumenta, el líquido puede aspirar aire al formar el remolino, dando lugar a la formación de espuma y a una posible oxidación. Otros métodos para evitar la formación de remolinos consiste en colocar deflectores verticales en el recipiente o vaso, esto no sucederá si el líquido es lo bastante viscoso, los remolinos se presentan cuando se produce un flujo rápido de líquido hacia el propulsor y ello solo podrá suceder si el líquido es de baja viscosidad.

Mezcladores de turbinas

Los mezcladores de turbinas pueden usarse para líquidos más viscosos, en donde el impulsor tiene cuatro hojas planas rodeadas por un anillo difusor interno y otro externo. El impulsor rotatorio dirige al líquido hacia la cabeza del mezclador y lo fuerza a pasar a través de las perforaciones con una velocidad radial considerable, suficiente para suspender la inercia viscosa de la masa del líquido. Un inconveniente es la ausencia de componente axial, pero si se desea puede adaptarse una cabeza diferente con las perforaciones apuntadas hacia arriba. Los mezcladores de este tipo suelen adaptarse a los recipientes o vasos utilizados para la producción a gran escala de emulsiones.

Mezcladores en línea

Como alternativa a la mezcla de líquidos en recipientes o vasos usando la modalidad de lote tras lote, los componentes miscibles móviles pueden añadirse a través de un

mezclador “en línea” diseñado para crear turbulencia en la corriente de un líquido que fluye, de este modo es posible lograr un proceso de mezclado continuo.

2.1.5. Equipos de mezclado

Generalmente los líquidos se agitan en un recipiente cilíndrico que puede estar cerrado o abierto. La altura del líquido debe equivaler en forma aproximada al diámetro del tanque, y disponen de un motor eléctrico que impulsa al propulsor agitador que está montado en un eje.

Agitador propulsor de tres aspas

Es uno de los más conocidos, hay de tipo marino, similar al de la hélice de un motor fuera de borda para lanchas. El agitador puede ser móvil para introducirlo lateralmente en el tanque o estar montado en la pared de un tanque abierto, en posición desplazada del centro. Estos agitadores giran a velocidades de 400 a 1750 rpm y son apropiados para líquidos de baja viscosidad.

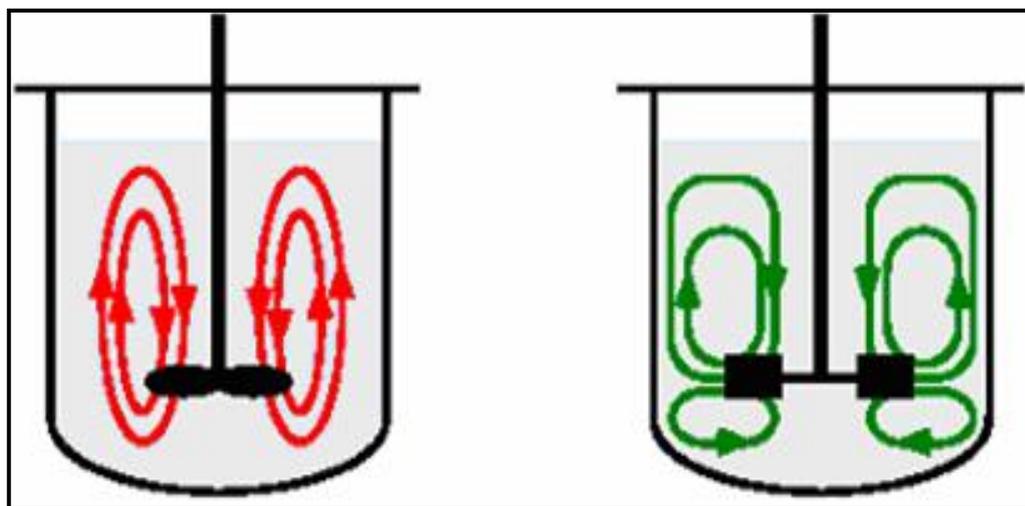


Figura 4 Agitador de aspas

Fuente: <http://www.unizar.es/dctmf/jblasco/AFTAgitacion.htm>

Agitadores de paletas

Para velocidades de 20 a 200 rpm se emplean diversos tipos de paletas. Se tienen sistemas de dos a cuatro paletas planas. La longitud total del propulsor de paletas mide del 60 al 80 por ciento del diámetro del tanque y la anchura de la paleta es de 1/6 a 1/10 de su longitud. A bajas velocidades se consigue una agitación suave en un recipiente sin deflectores. A velocidades más altas se usan deflectores ya que sin ellos el líquido hace remolinos y casi no se mezcla.

El agitador de paletas no es efectivo para sólidos en suspensión porque aunque hay un buen flujo radial, hay un poco de flujo axial o vertical. Se suele usar una paleta de ancla o compuerta, la cual barre o raspa las paredes del tanque y a veces su fondo. Es empleado con líquidos viscosos que pueden generar depósitos en las paredes y para mejorar la transferencia de calor hacia las mismas, pero no es un buen mezclador.

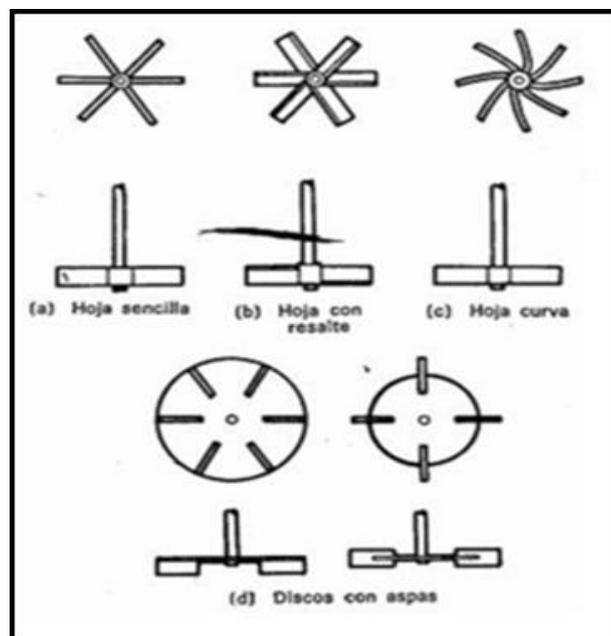


Figura 5 Agitadores de paletas típicos
 Fuente: <http://simulacionprocesos.wikispaces.com/Agitadores>

Agitadores de turbina

Cuando se procesan líquidos con amplia diversidad de viscosidades se usan turbinas semejantes a un agitador de paletas múltiples con aspas más cortas. El diámetro de una turbina suele medir del 30 al 50 por ciento del diámetro del tanque. Normalmente las turbinas tienen cuatro o seis aspas.

Las turbinas con aspas planas producen un flujo radial. Para dispersar un gas en un líquido, el gas puede hacerse penetrar justo por debajo del propulsor de la turbina en su eje; de esa manera las paletas dispersan el gas en muchas burbujas finas.

La turbina de hojas inclinadas con las aspas a 45 grados, se imparte cierto flujo axial, de modo que hay una combinación de flujos radial y axial. Este tipo es útil para sólidos en suspensión, ya que las corrientes fluyen hacia abajo y luego levantan los sólidos depositados.

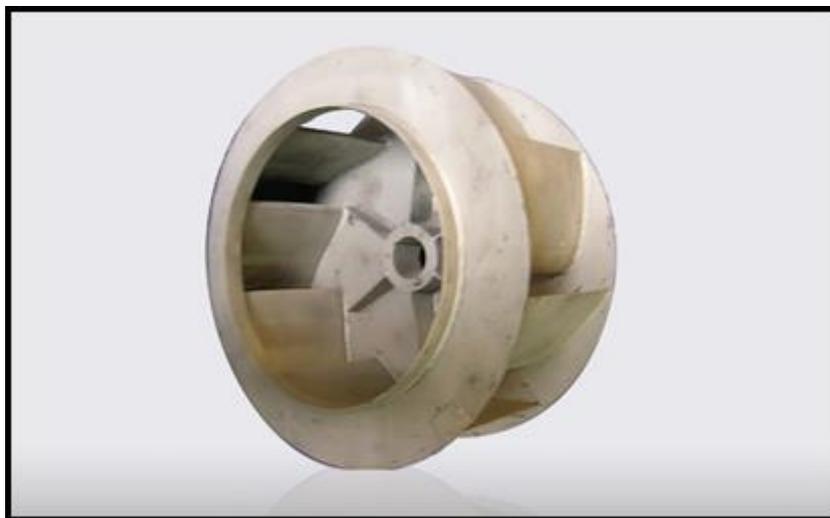


Figura 6 Agitador de Turbina

Fuente: <https://www.balanceodinamicoksi.com.ar/servicios.html>

Agitadores de banda helicoidal

Este tipo de agitadores se usa para soluciones sumamente viscosas y opera a pocas rpm, en la región laminar. La banda se forma en una trayectoria helicoidal y está unida a un eje central. El líquido se mueve en una trayectoria de flujo tortuosa hacia abajo en el centro y hacia arriba a los lados, con movimiento de giro. Otros tipos semejantes son el de banda helicoidal doble y el de banda helicoidal con tornillo.

Selección del agitador e intervalos de viscosidad

La viscosidad del flujo es uno de los diferentes factores que influyen en la selección del tipo de agitador. Los propulsores se usan para viscosidades del fluido inferiores a 3 Pa.s (3000cp); las turbinas pueden usarse por debajo de unos 100 Pa.s (100000 cp); las paletas modificadas como los agitadores tipo ancla se pueden usar desde más de 50 Pa.s hasta unos 500 Pa.s (500000 cp); los agitadores helicoidales y de tipo banda se suelen usar desde arriba de este intervalo hasta cerca de 1000Pa.s y se han utilizado hasta para más de 25000 Pa.s. Para viscosidades mayores de unos 2.5 a 5 Pa.s (5000 cp) o más, los deflectores no se necesitan porque hay poca turbulencia.

AGITACIÓN

Descripción

La agitación se utiliza normalmente para la preparación de disoluciones (sólidos disueltos en un líquido), emulsiones (mezcla de líquidos no solubles entre sí) y suspensiones (sólidos insolubles en un líquido). El proceso de mezclado con agitación tiene lugar en un depósito que contiene un vigoroso mecanismo de agitación con el cual se puede preparar mezclas de alta viscosidad elevada.

Para analizar la agitación se utiliza algunos parámetros que señalamos a continuación:

- Campos de velocidades al utilizar distintos agitadores.

- Mecanismo de agitación y potencia utilizada.
- Tiempo de mezclado
- Influencia de la temperatura en el proceso de mezclado

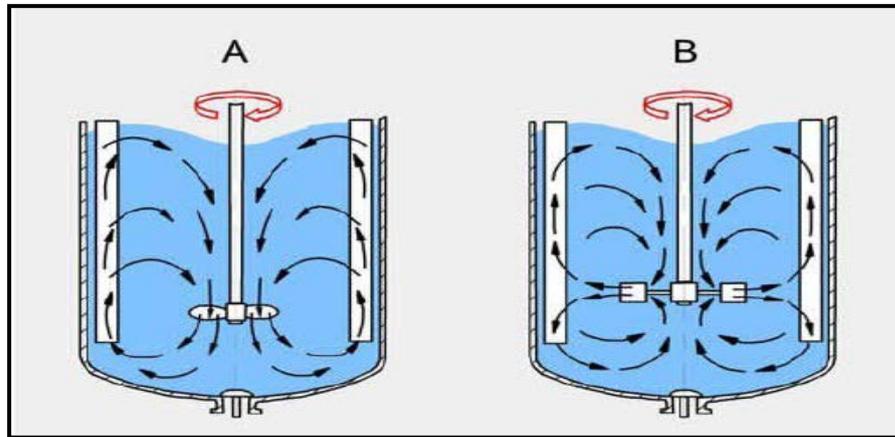


Figura 7 Campos de velocidades por agitación axial(A) y radial (B)
Fuente: <http://www.unizar.es/dctmf/jblasco/AFTAagitacion.htm>

Mezcla de Combustibles:

Como se ha explicado, la mezcla ha sido bien analizada y experimentada, dentro de ella la mezcla de combustibles ha sido tratada con intensidad por el sector automotriz así como por la industria de generación eléctrica en la preparación de combustible para el consumo de motores de combustión interna, que es tema que nos interesa, los cuales tiene una alta miscibilidad, siendo este último un término usado en química que se refiere a la propiedad de algunos líquidos para mezclarse en cualquier proporción, formando una mezcla estable.

La industria ha desarrollado varios métodos para conseguir mezclas de combustibles, los cuales son variados y dependen de su aplicación y al cumplimiento del objetivo.

Fuente: (Scribd.com), Temas de Mezcla en General

2.2. MARCO CONCEPTUAL

Dentro de este punto también se definirá el significado de los términos técnicos que se utilizará en el desarrollo de la tesis.

Combustible:

Es cualquier material capaz de liberar energía cuando se oxida de forma violenta con desprendimiento de calor poco a poco. Supone la liberación de una energía de su forma potencial (energía de enlace) a una forma utilizable sea directamente (energía térmica) o energía mecánica (motores térmicos) dejando como residuo calor (energía térmica), dióxido de carbono y algún otro compuesto químico.

Viscosidad:

Es la oposición de un fluido a las deformaciones tangenciales. La viscosidad sólo se manifiesta en líquidos en movimiento.

Peso específico:

Es la relación entre el peso de una sustancia y su volumen, su expresión de cálculo es:

$$\gamma = \frac{P}{V} = \frac{m g}{V} = \rho g$$

Siendo,

- γ , el peso específico;
- P , el peso de la sustancia;
- V , el volumen de la sustancia;
- ρ , la densidad de la sustancia;
- m , la masa de la sustancia;
- g , la aceleración de la gravedad.

Poder calorífico:

Es la cantidad de energía que la unidad de masa de materia puede desprender al producirse una reacción química de oxidación, expresa la energía máxima que puede liberar la unión química entre un combustible y el comburente.

La mayoría de los combustibles usuales son compuestos de carbono e hidrógeno, que al arder se combinan con el oxígeno formando dióxido de carbono (CO₂) y agua (H₂O) respectivamente.

Tabla 3 Poder Calorífico de varios combustibles

Combustible	MJ/kg	kcal/kg
Gas GLP	53.6	12,800
Acetileno	48.6	11,600
Propano, Gasolina, Butano	46.0	12,000
Gasoil	42.7	10,200
Fueloil	40.2	9,600
Antracita	34.7	8,300
Coque	32.6	7,800
Gas de alumbrado	29.3	7,000
Alcohol de 95°	28.2	6,740
Lignito	20.0	4,800
Turba	19.7	4,700
Hulla	16.7	4,000
bagazo seco	19.2	4,600
carbon de madera	31.0	7,480
hidrogeno	144.0	34,000

Fuente: <http://www.fullmecanico.com>

Contenido de azufre:

El azufre es un elemento natural del petróleo crudo, por lo tanto los combustibles que se obtienen del petróleo contienen azufre y su porcentaje varía de acuerdo al tipo de crudo, teniendo los combustibles pesados normalmente un alto contenido de azufre.

Los combustibles livianos tienen un menor contenido de azufre porque éste puede reducirse o eliminarse durante el proceso de refinación.

El contenido de azufre en el combustible afecta a los motores de combustión interna de dos formas diferentes. Una tiene que ver con la contaminación ambiental por la emisión de SO_x de los gases producidos en la combustión y otra directamente a las partes que componen los motores.

En los últimos años la preocupación por controlar la contaminación que producen los motores de combustión interna que consumen combustible con alto contenido de azufre, ha ido en aumento. En función de ello la Organización Marítima Internacional (IMO) y la Unión Europea (EU), han establecido límites para disminuir el contenido de azufre en los combustibles pesados empleados en los motores de gran potencia.

Por ello el convenio Marpol 73/78 de la IMO (Marpol, 1973), indica que a partir de mayo del año 2006 se establece que el límite de contenido de azufre en el combustible aceptado globalmente es del 4,5 por ciento y para ciertas áreas tales como el Mar Báltico y Mar del Norte (SECAS) el contenido permitido de azufre es de 1,5 por ciento, buscando atenuar así la formación de SO_x “óxidos sulfurados”.

Cuando el combustible con azufre se consume en la cámara de combustión de un motor, se forman óxidos de azufre 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. Por ejemplo, cuando la temperatura de las camisas de los cilindros es inferior a la temperatura de rocío del ácido sulfúrico, y el aceite de lubricación no tenga suficiente reserva de alcalinidad (Número de Base) para neutralizar el

ácido, las camisas se pueden desgastar diez veces más rápido.

Cuando se producen daños debido a la presencia de azufre 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.



Figura 8 Corrosión de válvula por el azufre del combustible
Fuente: <http://www.egedos.com/articulos/articulo-01.php>

Un **alto** contenido de azufre en el combustible utilizado produce:

- Desgaste corrosivo en las zonas de baja temperatura de los pistones y camisas de cilindros.
- El azufre contenido en el combustible origina la formación la H_2SO_4 en las zonas subenfriadas de las camisas de cilindros.

- La creciente presión de trabajo de los motores actuales facilita que se alcance el punto de rocío de las especies corrosivas que no pueden ser neutralizadas por la reserva alcalina del aceite.
- Deposición de lacas negras en las zonas internas de las camisas de cilindros.
- Desgaste corrosivo por alta temperatura en las válvulas de escape, asientos de válvulas y zonas del pistón directamente expuestas a la combustión.

Un **bajo** contenido de azufre en el combustible utilizado nos proporciona:

- Menores emisiones de SO₂ con los gases de escape.
- Menor corrosión en frío en las zonas del circuito de gases de escape con temperaturas inferiores a los 150°C (conductos y chimeneas), debido a la menor condensación de ácido sulfúrico como consecuencia de la menor presencia de SO₂ y SO₃.

Una vez que se han formado los compuestos ácidos en el interior del cilindro la única forma de combatir su efecto corrosivo es con la correcta aplicación de lubricantes con una adecuada base alcalina (BN), que depende del porcentaje de azufre contenido en el combustible utilizado.

El valor de la base alcalina (BN) no es el único criterio de la capacidad del lubricante, pero sí representa la guía más adecuada para proteger el motor del desgaste corrosivo. El lubricante debe poseer suficiente BN en todo momento y nunca se debe dejar que descienda por debajo del mínimo requerido, de acuerdo al porcentaje de azufre del combustible utilizado.

Impactos del calentamiento:

En general todos los fluidos presentan una gran sensibilidad a la variación de la temperatura, por lo que en referencia a los fluidos que nos interesa en esta tesis tenemos que afectan al petróleo y por lo tanto a sus derivados como los lubricantes y combustibles, tal como se puede indicar en los siguientes gráficos.

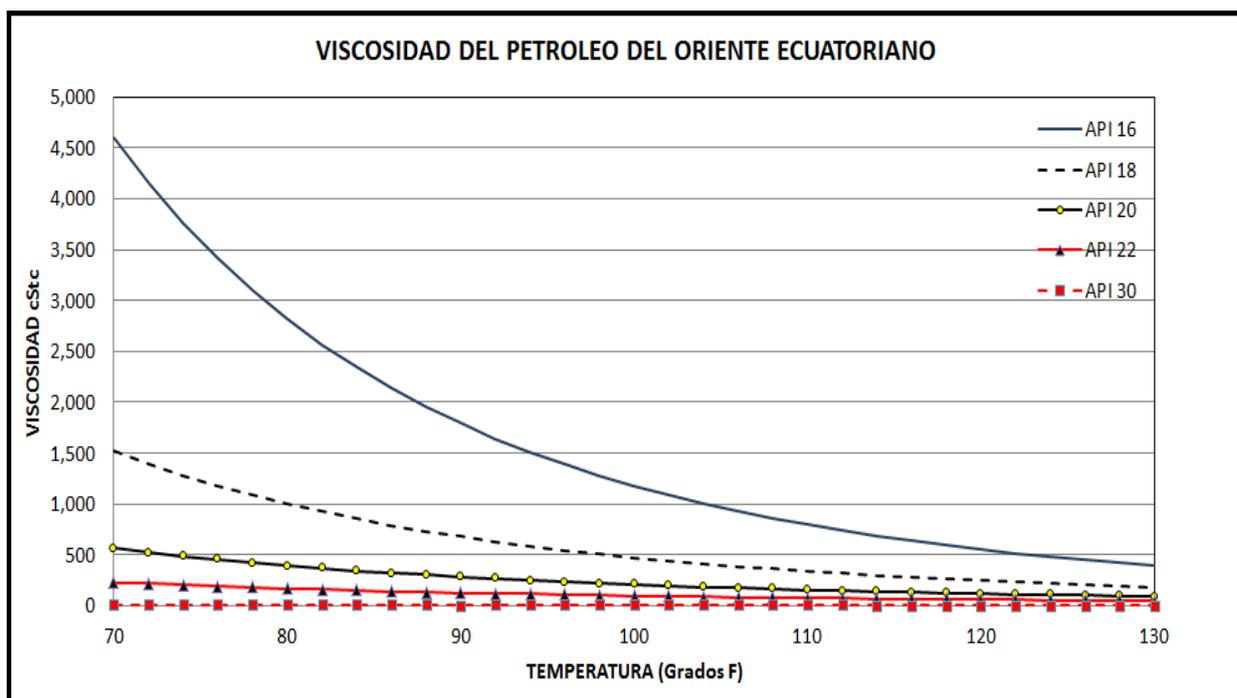


Figura 9 Viscosidad del petróleo en función de la temperatura
Fuente: Estudio sobre petróleos del oriente de Beicib - Franlab

En general, la viscosidad de un fluido depende tanto de la temperatura como de la presión, aunque la presión influye débilmente en la viscosidad. Para los líquidos, tanto la viscosidad dinámica como la cinemática se consideran independientes de la presión, salvo para presiones extremadamente altas.

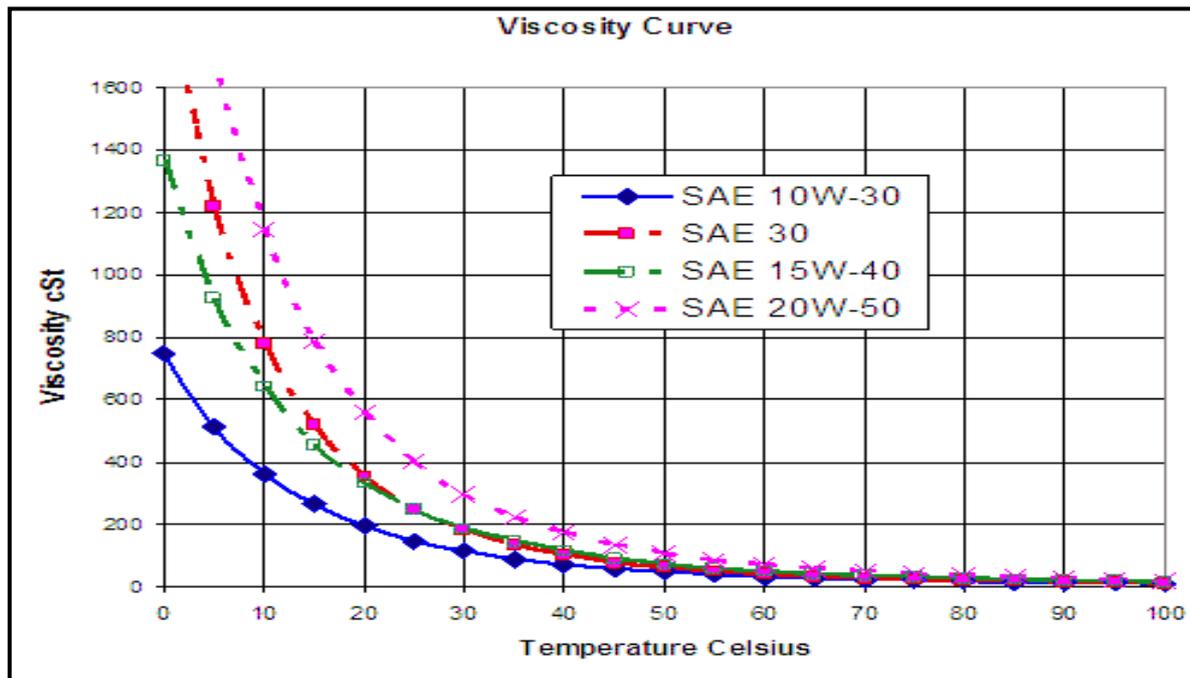
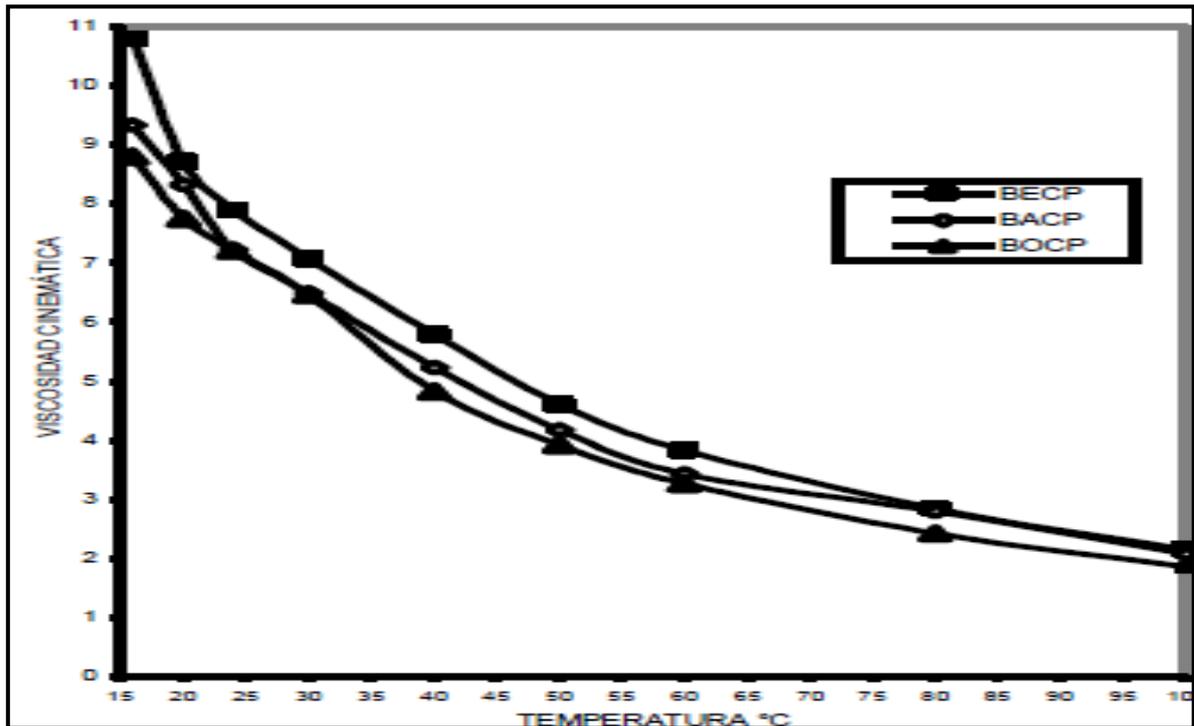


Figura 10 Variación de la viscosidad de los aceites con la temperatura
 Fuente: <http://www.widman.biz/Seleccion/graficar.html>

Si bien la Figura 9 y 10 nos indica la variación de la viscosidad en función de la temperatura de los hidrocarburos (petróleo y aceite), es importante contar con un gráfico que indique el grado de variación de la viscosidad del diesel en función de la variación de la temperatura, para lo cual se ha realizado varias consultas llegando a encontrar el siguiente trabajo “Predicción del efecto de la temperatura sobre la viscosidad del biodiesel de aceite de palma y sus mezclas con el diesel convencional de la Universidad Nacional de Colombia”, en el cual se tiene la gráfica que representa el efecto de la temperatura sobre la viscosidad del biodiesel de aceite de palma y sus mezclas con el diesel convencional de la Universidad Nacional de Colombia, el mismo que se expone a continuación:



Nota: BECP, BACP, BOCP representan a varios tipos de biodiesel

Figura 11 Curva viscosidad cinemática vs temperatura (Biodiesel)

Fuente: <http://www.m.monografias.com>

Mezclado en línea: En el mercado existen varios tipos de mezcladores en línea, dentro de ellos citaremos dos ejemplos:

Ejemplo 1.-

Mezcladores Silverson que son de alto cizallamiento, son sumamente eficaces y rápidos en funcionamiento y son capaces de reducir los tiempos de mezcla hasta en un 90 por ciento.

La acción de cualquier mezclador En Línea Silverson puede ser modificada con el uso de cabezales rápidamente intercambiables. Esto permite a cualquier máquina mezclar, emulsionar, homogeneizar, desintegrar, disolver, dispersar, reducir partículas y desaglomerar.



Figura 12 Mezclador en Línea Silverson
Fuente: <http://directindustry.com/prod/silverson-machines>

El Principio de funcionamiento se describe en tres fases:

Fase 1:

La rotación a alta velocidad de las cuchillas del rotor dentro del cabezal de trabajo con ajuste de precisión ejerce una potente succión, dirigiendo el líquido y los materiales sólidos a la unidad del rotor/estator.

Fase 2:

La fuerza centrífuga dirige entonces los materiales hacia la periferia del cabezal de trabajo donde se someten a una acción de molido en la holgura con ajuste de precisión entre los extremos de las cuchillas del rotor y la pared interna del estator.

Fase 3:

A esto le sigue el intenso cizallamiento hidráulico, forzando los materiales a gran velocidad a través de las perforaciones del estator, a la salida de la máquina y por las tuberías. Al mismo tiempo, entran continuamente materiales nuevos al cabezal de trabajo, manteniendo el ciclo de mezclado y bombeo.

Ejemplo 2.-

Mezcla de la gasolina con etanol, aplicado por Petrobras en Brazil. La mezcla consiste en tener dos grupos de tanques: gasolina, etanol. Como se muestra en la figura. Con esto se reduce el número de tanques ya que no es necesario instalar tanques de etanol en la terminal.

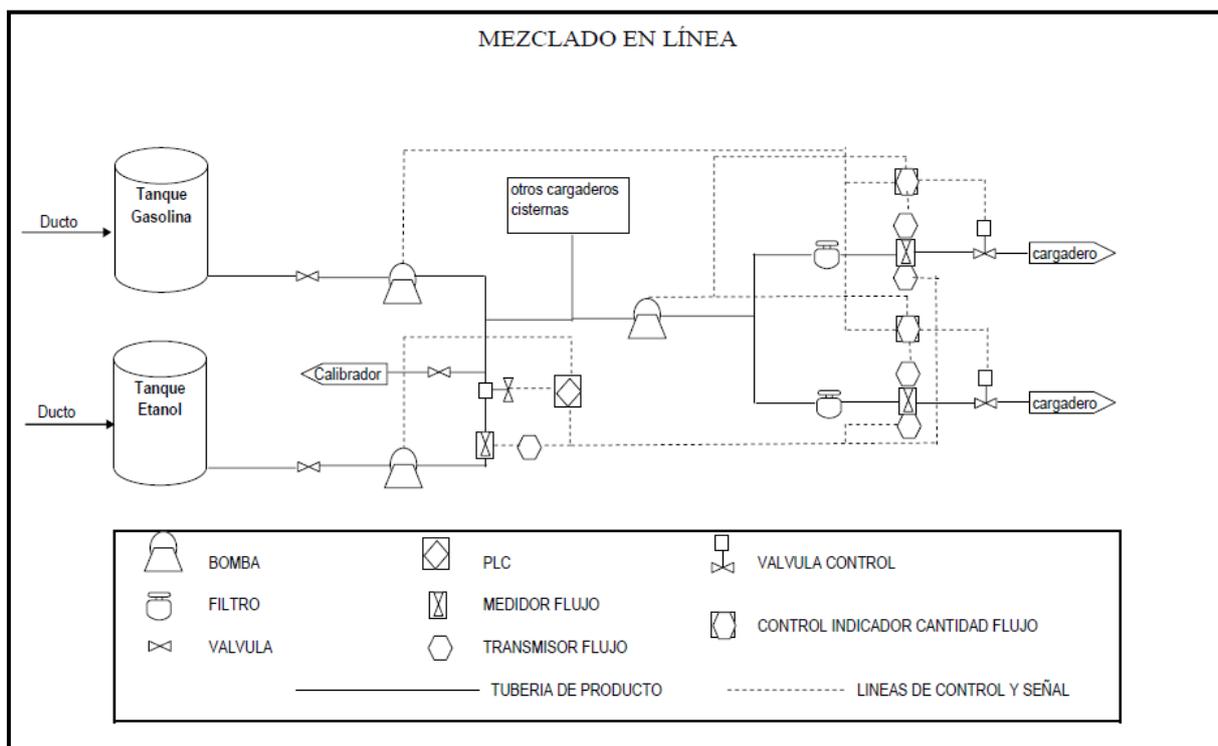


Figura 13 Diagrama de mezclado en línea etanol-gasolina
 Fuente: <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/1/33111/L859-2.pdf>

Tal como se puede ver en la Figura 13, es recomendable que el punto de mezcla este lo más cercano posible a los brazos de carga.

Variación de los porcentajes de mezclas:

Al realizar mezclas de dos combustibles con diferentes características, los porcentajes de mezcla definen las características del producto mezcla, la cual dependen de la proporción realizada, con lo cual se define su nueva densidad, nueva viscosidad, porcentaje de azufre y otros parámetros. Es decir los porcentajes a utilizarse estarán en función a las nuevas condiciones buscadas en el producto resultado.

Almacenamiento temporal de combustible:

El almacenamiento temporal del producto mezcla es deseado, ya que este nos permitiría poder homogenizar la mezcla por medio de la utilización de un agitador y/o una recirculación.

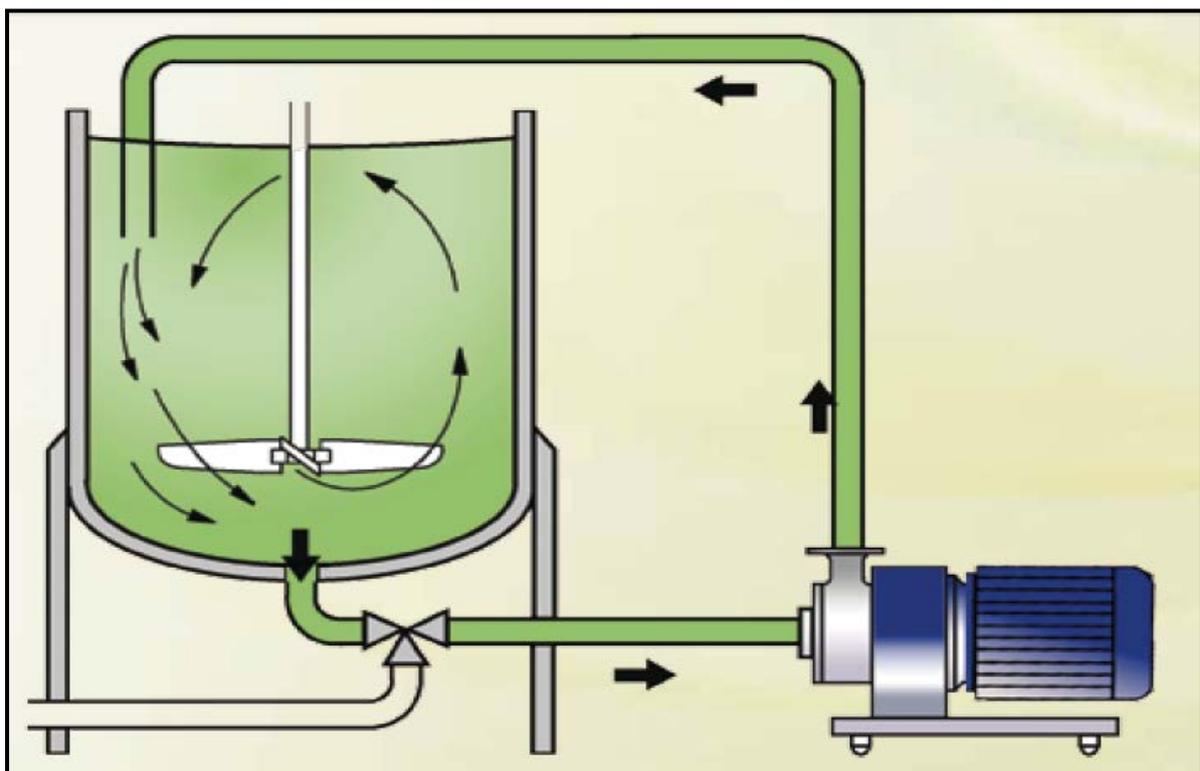


Figura 14 Homogenización del mezclado por recirculación
Fuente: <http://www.equirepsa.com/productos/mezcladores.html>

CAPÍTULO 3

3.1 DISEÑO Y PROTOCOLO

3.1. LEVANTAMIENTOS TÉCNICOS

La Central de Generación Eléctrica de Termopichincha en Sacha está ubicado en Cantón La Joya de los Sachas, Provincia de Orellana, a 3 Km al sur de la población de Sacha y a 40 Km de la Refinería de Shushufindi, su planta de generación está compuesto de 12 motores Hyundai de 1.7 MW, los cuales trabajan en acuerdo a la demanda de energía. Su ubicación geográfica se describe en las siguientes figuras:



Figura 15- Ubicación Sacha en Ecuador
Fuente: Google Maps.

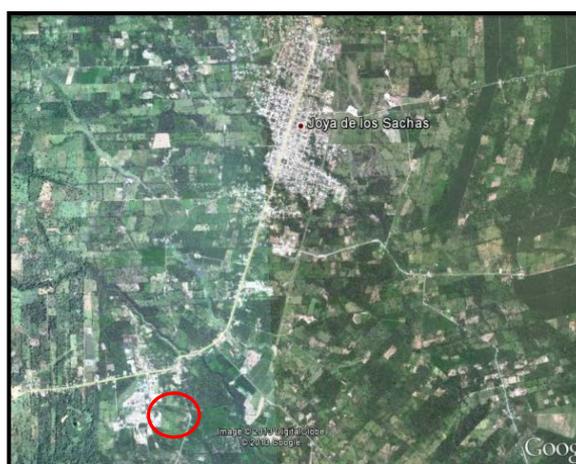


Figura 16 Ubicación Planta en Sacha
Fuente: Google Maps.

La Planta de generación eléctrica está diseñada para producir aproximadamente 20.4 MW y está compuesta principalmente de:

- Transformadores y Contenedor de celdas de interconexión
- Motor Generador MDU y Unidad Eléctrica ETU
- Plantas de tratamiento de combustible y tratamiento químico de agua
- Compresores, Caldera, Bombas diversas.
- Tanques para: Fuel-Oil, Diésel, Diesel centrifugado, aceite usado.
- Sistema Contra incendio 300 m³ y bombas
- Laboratorio Químico
- Oficinas administrativas y talleres

Fuente: (CELEC, Plot Plan de la Planta de TERMOPICHINCHA en Sacha, 2012)

3.1.1. Sistema de recepción y trasiego de combustibles

La Central de Generación Eléctrica de Termopichincha en Sacha se abastece de combustible en preferencia de la Refinería de Shushufindi que se encuentra a 40 Km de distancia, para lo cual utiliza tanqueros de 10,000 galones de capacidad.

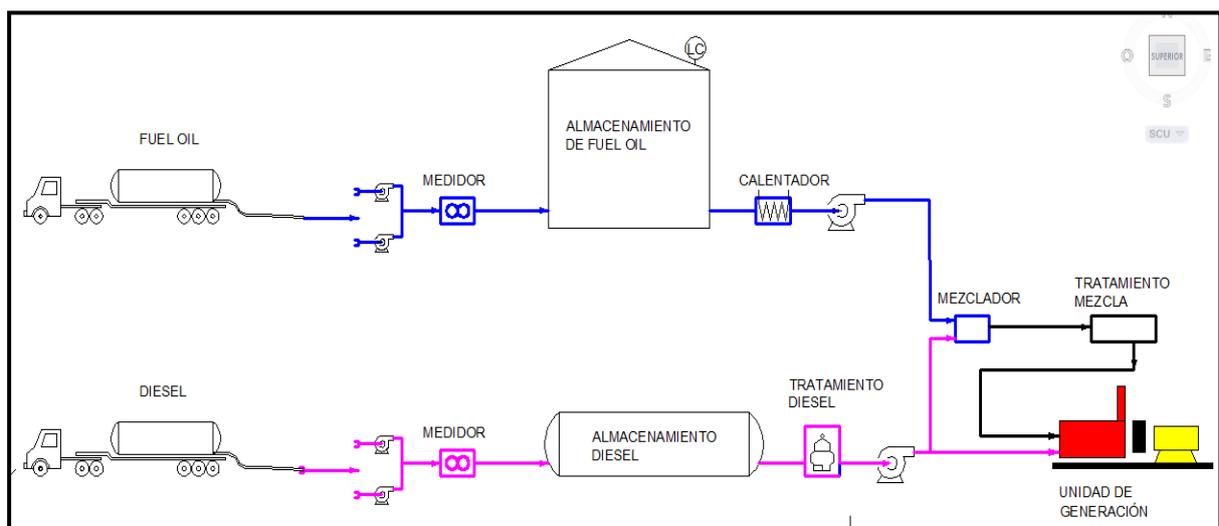


Figura 17 Diagrama de flujo del combustible en la Planta
Fuente: Planta de TERMOPICHINCHA en Sacha

Los tanqueros que llevan el combustible a la Planta descargan el combustible por una isla de recepción, luego de lo cual sigue el siguiente diagrama de flujo:

Como se puede observar en la Figura 17 el sistema de combustible está provisto de dos líneas de recepción una para Fuel-Oil y otra para el Diesel, los cuales envían los combustibles hacia los tanques de almacenamiento, y luego de ser mezclados se los envía hacia las Unidades de Tratamiento de Combustible Pesado. El sistema indicado inicia con las bombas de recepción que permiten descargar el combustible de los tanqueros y enviarlos hacia los tanques de almacenamiento, pasando previamente por filtros y medidores.



Figura 18 Bomba de Recepción de Fuel-Oil
Tipo: Tornillo, caudal: 25 m³/H, presión: 3,5 bar
Fuente: Planta de TERMOPICHINCHA en Sacha



Figura 19 Bomba de Recepción de Diesel
Tipo: Tornillo, caudal: 25 m³/H, presión: 3,5 bar
Fuente: Planta de TERMOPICHINCHA en Sacha

El combustible almacenado requiere ser mezclado y puesto en condiciones aptas para ser inyectado en los motores, para lo cual se utiliza las bombas de transferencia o trasiego, que son las que nos permiten llevar el combustible tanto de Fuel-Oil como de Diesel de los tanques de almacenamiento hacia las unidades de tratamiento de combustible pasando previamente por los filtros hacia los tanques.



Figura 20 Bomba de Trasiego de Fuel Oil
Tipo tornillo, caudal 10 m³/H, presión: 3,5 bar
Fuente: Planta de TERMOPICHINCHA en Sacha



Figura 21 Bomba de Trasiego de Diesel
Tipo tornillo, caudal 10 m³/H, presión: 3,5 bar
Fuente: Planta de TERMOPICHINCHA en Sacha



Figura 22 Tanque de Fuel-Oil
Cantidad 2, Tipo API, atmosférico vertical, 184,000 galones
Fuente: Planta de TERMOPICHINCHA en Sacha



Figura 23 Tanque de Diésel
Cantidad 2, Tipo API, atmosférico vertical, 13,000 galones
Fuente: Planta de TERMOPICHINCHA en Sacha

Nota: Ver mayor detalle en Anexo 4

El sistema de mezclado se lo trata más adelante, en este punto solo se ha presentado el sistema de bombeo que se dispone para la recepción y para el trasiego de los combustibles dentro de la planta.

3.1.2. Descripción técnica de la Planta

Planta de generación eléctrica con una capacidad de generación de 20.4 MW, compuesta de 12 Unidades de generación, cada una compuesta de un motor de combustión interna marca Hyundai de una potencia 1,8 MW cada unidad, con tipo de Motor 9H21/32, los cuales usan un combustible tipo Fuel-Oil clase 6, con revoluciones 900 rpm y orden de encendido 1-3-5-7-9-8-6-4-2. El Generador de estas unidades es de marca Hyundai con una potencia 1,7 MW y un voltaje 4,16 KV a 60Hz.

Esta planta cuenta con varios tanques de almacenamiento y tratamiento de combustibles, los cuales se describe en la siguiente tabla:

Tabla 4 Tanques de Almacenamiento Planta Sacha

Denominación	Cantidad	Capacidad	Posición
Tanque de HFO	2	700 m ³	Vertical
Tanque de Diesel Oil	2	50 m ³	Horizontal
Tanque de Lodos	1	100 m ³	Horizontal
Tanque de Aceite Lubricante Limpio	1	20 m ³	Horizontal
Tanque de Aceite Lubricante Usado	1	10 m ³	Horizontal
Tanques para reboso y derrames	3	0.75 m ³	Vertical

Fuente: (CELEC, Memoria descriptiva Planta Sacha, 2013)

La Planta también cuenta con un sistema de vapor y condensado, el cual tiene como objetivo facilitar la movilización de combustible y lodos, por lo que su infraestructura está diseñada para garantizar una temperatura adecuada para bajar la viscosidad de los fluidos, por lo que el sistema trabaja a una temperatura 168 °C y a una presión 7 bares.

3.1.3. Sistema de mezclado de combustible

La Tesis en desarrollo está enfocada a mejorar la mezcla de los combustibles de Fuel-Oil y Diesel que se está realizando en la Planta de Sacha, por lo tanto se debe conocer cómo está funcionando al momento para realizar un análisis, detectar sus debilidades y poder plantear alternativas de solución, por lo que a continuación se expone su funcionamiento.

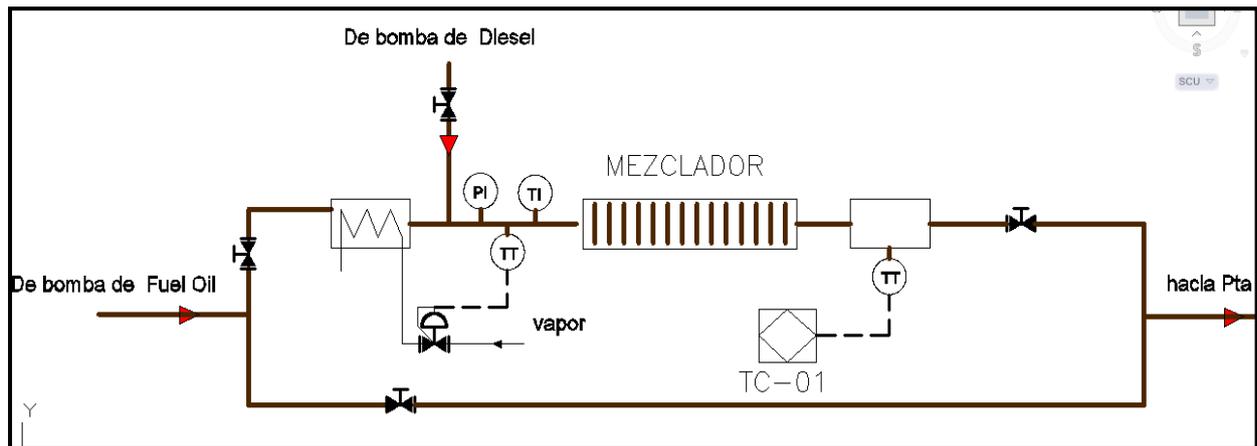


Figura 24 Esquema del sistema de mezclado de la Central de Sacha
Fuente: (CELEC&Sacha, 2010)

El sistema de mezclado es abastecido por las bombas de trasiego de Fuel-Oil y Diesel, la línea de by-pass situada al inferior del gráfico indica que existe la posibilidad de alimentar al sistema de tratamiento con el 100 por ciento Fuel-Oil, la otra alternativa es utilizada la mayor parte del tiempo cuando la planta está en estado normal, llevado el Fuel-Oil a un calentamiento y luego al sistema de mezclado con el diesel.

Se puede observar que los caudales del Fuel-oil y el Diesel son regulados en forma manual por válvulas, la línea de Fuel Oil es calentada por un sistema de vapor regulado por una válvula de control, cuyo objetivo es bajar la viscosidad de este combustible para conseguir una mejor mezcla con el diesel.

A continuación se presenta un diagrama del calentador y mezclador presentado en la Figura 24, que se utiliza en la planta de Sacha, en la cual se aprecia el sistema de calentamiento del fuel-oil (color café), vapor (color azul), diésel (color amarillo) y su paso por el mezclador (recipiente posterior):

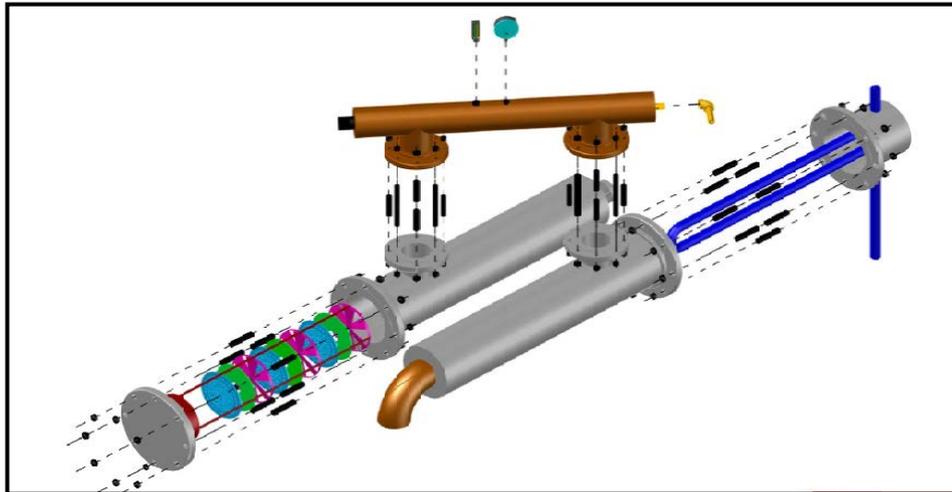


Figura 25 Descripción del mezclador usado en la Central de Sacha
Fuente: (CELEC&Sacha, 2010)

La Figura 26 describe el sistema de la Figura 24 en forma integral, considerando la representación de calentador y mezclador de la Figura 25.

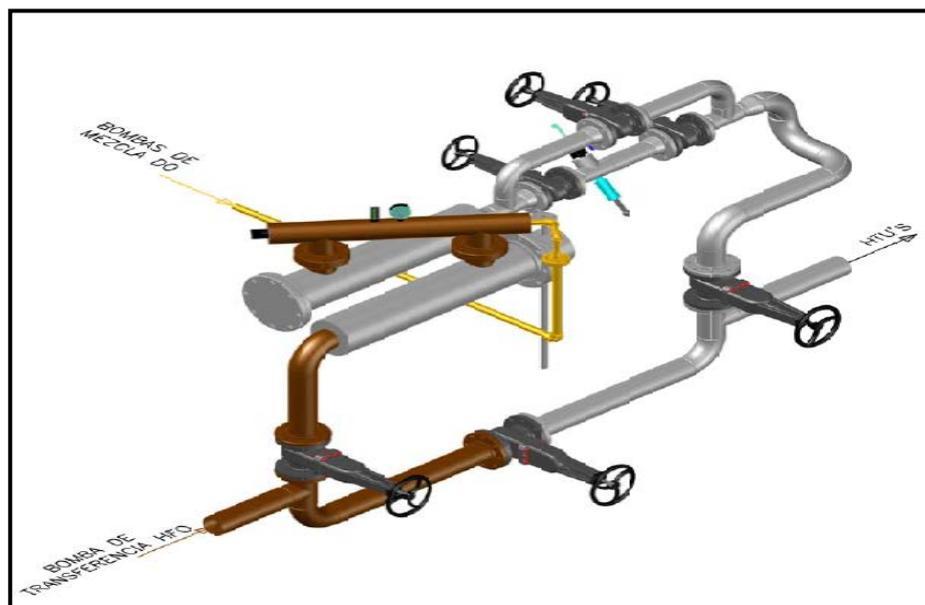


Figura 26 Sistema de calentamiento y mezcla usado en la Central de Sacha
Fuente: (CELEC&Sacha, 2010)

El combustible mezclado que sale de la Figura 26 es llevado al sistema de tratamiento, lugar en que es almacenado, filtrado y posteriormente evacuado hacia el motor para usarlo como combustible. Por ahora se ha descrito como funciona el sistema de calentamiento y mezclado de los combustibles, en capítulos más adelante se realizará el análisis y se determinara sus fortalezas y debilidades, con la finalidad de proponer su mejora.

3.2. PROTOCOLO DE PRUEBAS

De acuerdo al objetivo de la Tesis, se requiere determinar la manera óptima de obtener una mezcla de los combustibles Fuel-Oil y Diesel, con una proporción previamente establecida, que sea homogénea, que tenga la viscosidad y las condiciones principales exigida por los fabricantes de los motores Hyundai 9H21/32 de 1.7 MW. Por lo tanto, para ello se debe determinar cuál es la proporción conveniente bajo un análisis técnico y económico. Luego se debe asegurar que esa proporción esté presente en toda la mezcla, y por último que las condiciones del combustible conseguido reúna las condiciones de viscosidad y temperatura exigida por el fabricante de los motores.

3.2.1.- Procedimiento 1.- Determinación del GRADO DE LA MEZCLA

En este procedimiento se establece una metodología que permite conocer si la mezcla resultante en toda su masa es homogénea, con esto se busca evitar que ciertos sectores tengan un porcentaje de los componentes y en otros lugares se tenga otra composición.

Para controlar que la mezcla sea homogénea en su conjunto la industria ha desarrollado el concepto del GRADO DE LA MEZCLA (concepto descrito en el punto 2.1.3) y se mide utilizando la Desviación Estándar de la media de un número de muestras suficientemente elevado de toda su masa.

Con la finalidad de establecer el o los puntos de control de la calidad de mezcla es importante conocer cuál es el flujo de los combustibles que mezclaremos, para lo cual

tomamos la información del Sistema de combustible de la Planta de Sacha tanto de los PFD y P&ID del anexo 4, los cuales están consolidados en la Figura 17, en la cual se observa que se dispone de dos trenes de recepción y almacenamiento tanto para el Fuel-Oil como para el Diesel, de los cuales por un sistema de bombeo es evacuado estos combustibles hacia un punto de mezclado, luego de lo cual se dirige a un sistema de “TRATAMIENTO DE MEZCLA”, en el cual se dispone de varios tanques que almacenan temporalmente el combustible producto de la mezcla realizada. Considerando que el éxito de una operación de mezclado está en el control de los resultados obtenidos, el mejor punto de control del resultado de la mezcla será en los tanques de sistema de tratamiento de mezcla, y es donde se realizara el control de la mezcla obtenida.

Toma de muestras

Para que la toma de estas muestras sea fidedigna se utilizará una toma muestras o ladrón, accesorio usado para sacar muestras de petróleo de los tanques petroleros.



Figura 27 Toma Muestra
Fuente: <http://www.preciolandia.com>

Este accesorio está hecho en acero inoxidable y está diseñado para tomar muestras de líquidos de cualquier sección o nivel de tanques de almacenamiento. El muestreador se baja a través del líquido con la ayuda de un cable delgado, estando la cubierta superior y la válvula

de fondo abierto, permitiendo que el líquido pase a través de éste. Cuando él toma muestra se encuentra en la zona designada, la cubierta superior y la válvula de fondo se cierran y la toma de la muestra del contenido del tanque es garantizada, y puede extraerse al exterior utilizando el cable utilizado para su descenso.

Análisis de muestras

Cada una de las muestras obtenidas tendrá cualidades diferentes que dependerá de la proporción de la mezcla del lugar tomado, es decir de la cantidad o del porcentaje de diesel que exista en la mezcla formada de Fuel Oil + Diesel, ya que cada uno de los elementos base tienen sus características completamente definidos. Por lo tanto, el parámetro más fácil y rápido de medir la proporción de los componentes en la mezcla, es la densidad, para lo cual existe muchos equipos y dentro de ellos están los hidrómetros API que indicamos a continuación:



Figura 28 Hidrómetros API para petróleos
Fuente: <http://www.spanish.alibaba.com>

Estos Hidrómetros se usan para determinar la gravedad API de petróleo crudo y sus derivados, de acuerdo al Standard API MPMS capítulo 9.3, ASTM D y E100.

MEZCLA DE COMBUSTIBLE PARA GRUPOS ELECTROGENOS DE 1.7 MW

Con la finalidad de demostrar que conociendo la densidad de cada componente y conocido la densidad de la mezcla es factible conocer la proporción de cada elemento en la mezcla, exponemos a continuación su cálculo. Si asumimos un volumen de mezcla de 1 cm³, (aunque esta metodología aplica para para cualquier volumen) y un 10 por ciento de diesel en la mezcla tendríamos:

Tabla 5 Volumen, Densidad Mezcla

COMBUSTIBLE	UNIDAD	DIESEL	FUEL OIL	MEZCLA
API	° API	36.73	15.20	
Densidad	g/cm ³	0.8411	0.9646	
% volumen mezcla	%	10%	90%	
Volumen	cm ³	0.10	0.90	
Masa (V*d)	gramos	0.0841	0.8681	
Masa Mezcla	gramos			0.9522
Volumen Mezcla	cm ³			1.00
Densidad Mezcla	gr/cm ³			0.9522
API Mezcla	API			17.10

Fuente (Zambrano.M.A., 2013)

La tabla anterior es un cálculo en excel, el cual es válido para cualquier porcentaje que se coloque al diesel (celda sombreada en azul), que en ese caso se tomó como ejemplo 10 por ciento, teniendo como resultado una densidad de la mezcla de 0,9522 o su equivalente 17,1 grado API.

Realizando el mismo cálculo para varios porcentajes de mezcla, tenemos el siguiente resultado que es expuesto en la siguiente tabla y figura:

Tabla 6 Tipos de Mezcla

TIPOS DE MEZCLA		
% Diesel	% Fuel Oil	API
0%	100.00%	15.20
10%	90.00%	17.10
20%	80.00%	19.05
30%	70.00%	21.06
40%	60.00%	23.12
50%	50.00%	25.23
60%	40.00%	27.40
70%	30.00%	29.64
80%	20.00%	31.93
90%	10.00%	34.30
100%	0%	36.73

Fuente (Zambrano.M.A., 2013)

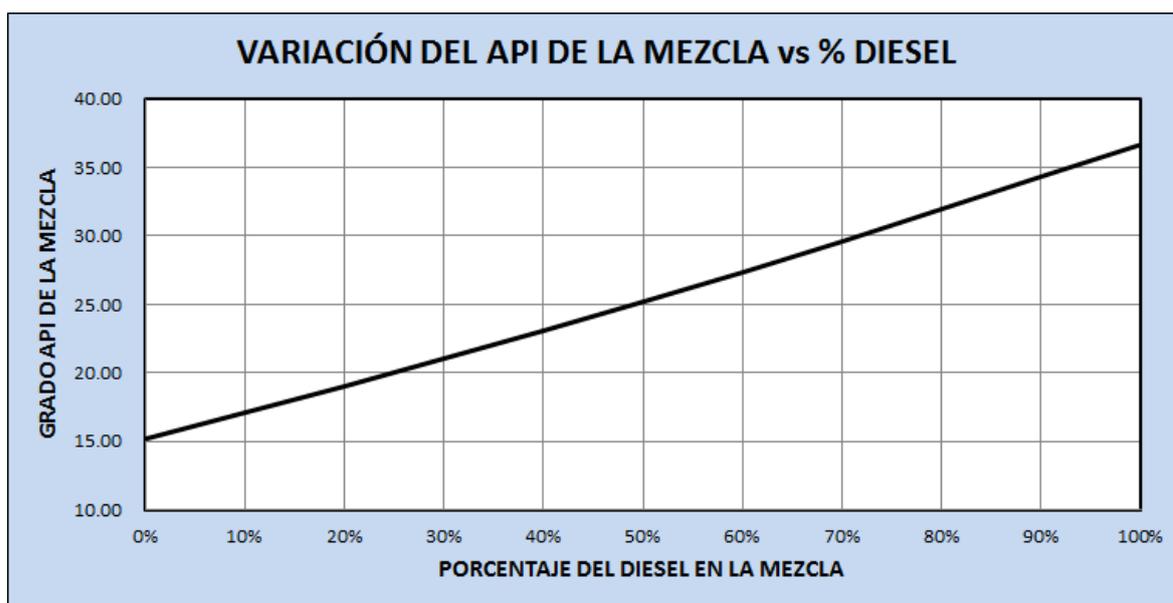


Figura 29 Variación de la Mezcla vs porcentaje Diésel
Fuente (Zambrano.M.A., 2013)

En la Tabla 5 y Tabla 6 se presenta la densidad del fluido en dos sistemas, grado API y densidad relativa. Para transformar el grado API a valores equivalentes de densidad se debe aplicar la siguiente fórmula:

$$Densidad = \frac{141.5}{131.5 + ^{\circ} API}$$

En la Figura 29, se presenta la gráfica API vs Porcentaje de diesel, pero como requerimos conocer el porcentaje de diesel en la mezcla conociendo el grado API medido con el hidrómetro de la Figura 28, graficamos con la misma información el porcentaje de diesel vs el grado API, y aplicando las herramientas del Excel obtenemos la ecuación de la línea de tendencia, la misma que exponemos a continuación:

$$y = -2.942932E - 04x^2 + 6.166347E - 02x - 8.685299E - 01$$

$$R^2 = 9.999979E - 01$$

La misma que tiene un factor de correlación R cercano a 1, es decir que la formula tiene una alta precisión en la ecuación indicada, representando en este caso “x” el grado Api obtenido al medir la muestra, y la “y” representa el porcentaje de mezcla buscado.

Aplicando lo indicado anteriormente y asumiendo que las muestras tomadas en diferentes puntos de uno de los tanques de almacenamiento tienen los siguientes valores de densidad API: 16.1, 15.8, 16.2, 16.0, 16.3, 16.1; valores a los que se aplica la formula anterior $y = f(x)$, cuyos resultados se presenta en la Tabla 7:

Tabla 7 Grado API de muestras tomadas en un tanque

LUGAR DE MUESTREO	API	% Diesel
Centro tanque media altura	16.10	4.8%
Centro tanque fondo	15.80	3.2%
Norte tanque	16.20	5.3%
Sur tanque	16.00	4.3%
Este tanque	16.30	5.8%
Oeste tanque	16.10	4.8%

Fuente (Zambrano.M.A., 2013)

Cálculo del Grado de Mezcla (Wikipedia, 2013)

La información obtenida en la Tabla 7 permite conocer si la mezcla cumple las condiciones buscada o requiere mejorarla, para lo cual es importante conocer el Grado de Mezcla, y para ello se calcula la desviación estándar de los valores asumidos en Tabla 7.

1. Calcular el promedio o media aritmética \bar{x} .

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

En este caso, $N = 6$ porque hay seis datos:

$$X_1 = 16.1$$

$$X_2 = 15.8$$

$$X_3 = 16.2$$

$$X_4 = 16.0$$

$$X_5 = 16.3$$

$$X_6 = 16.1$$

i = número de datos para sacar desviación estándar

Sustituyendo N por 6

$$\bar{X} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 x_i$$

$$\bar{X} = \frac{1}{6} (16.1+15.8+16.2+16.0+16.3+16.1)$$

$\bar{X} = 16.08$ este es el promedio

2. Calcular la desviación estándar σ

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{5} \sum_{i=1}^6 (x_i - \bar{x})^2}$$

Sustituyendo N - 1 por 5; (6 - 1)

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{5} \sum_{i=1}^6 (x_i - 16.08)^2}$$

Sustituyendo \bar{x} por 16,08

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{5} [(16.1 - 16.08)^2 + (15.8 - 16.08)^2 + (16.2 - 16.08)^2 + (16.0 - 16.08)^2 + (16.3 - 16.08)^2 + (16.1 - 16.08)^2]}$$

$\sigma = 0.17$ Éste es el valor de la desviación estándar o Varianza

Con la finalidad de conocer el grado de dispersión es importante compararla con la media, es decir $0.17 / 16.0 = 0.011$ o 1.1 por ciento.

Mientras la desviación estándar relacionada con la media se mantenga en valores inferiores, nos indica que el grado de dispersión es bajo, y la práctica de su aplicación nos podrá indicar que valor debería ser el permitido para el caso de la mezcla de los combustibles en estudio.

Nota: Este es un resumen, ver informe ampliado en Anexo- Procedimiento 1

3.2.2.- Procedimiento 2.- Mezcla buscada

Este Procedimiento determina la metodología de mezcla de los combustibles Fuel-Oil y Diesel, buscando alcanzar un producto mezcla que alcance las especificaciones del combustible exigida por el fabricante de los equipos Hyundai 9H21/32 usados en el Centro de Generación de CELEC en Sacha.

Para ello se parte de las características de los combustibles base del Fuel Oil (Tabla 1), y las características del combustible diesel (Tabla 2), desarrollando una metodología que permita llegar a las características principales del combustible determinado por el fabricante de los Motores Hyundai 9H21/32 que están descritos en el Anexo 3, del cual se extrae como relevante las siguientes condiciones:

- Viscosidad al ingreso al motor debe estar entre 12-18 cst
- Densidad menor a 991 Kg/m³ a 15 ° C
- Temperatura del combustible menor a 155 ° C

Análisis

Consolidando la información anterior de los combustibles y sus requerimientos exigidos por el fabricante del motor se forma la siguiente tabla:

Tabla 8 Características de los combustibles y su objetivo

CARACTERISTICAS	Unidad	Diesel	Fuel Oil	Objetivo
Temperatura	° C	50.00	50.00	< 155 ° C
Grado API		35.75	15.20	no critico
Gravedad especifica	Kg/dm ³	0.8460	0.9646	< 0,991
Viscosidad Cinemática	cst	3.19	1,033	12 a 18
Poder Calorífico	Kcal/Kg	10,528	10,389	no critico
Precio el galón	\$/gal	0.900704	0.537600	Minimizar

Fuente (Zambrano.M.A., 2013)

Costo de combustible:

Considerando que el consumo de combustible en la Central de Sacha esta por los 16,000 galones por día, es decir 5'840.000 galones por año, el valor del combustible es un parámetro importante de trabajo:

Tabla 9 Costo de Combustible

COSTO DE COMBUSTIBLE ANUAL			
	Gal/año	\$/Galón	\$/anual
Usando 100% diesel	5,840,000	0.900704	5,260,111
Usando 100% Fuel Oil	5,840,000	0.537600	3,139,584
		diferencia anual	2,120,527

Fuente: Demanda Planta de CELEC en Sacha, Precios: EP Petroecuador, establecidos en base a Art. Del 11 al 16 del Decreto Ejecutivo No. 338 del 25 de julio del 2005, publicado en el Registro Oficial No. 73 de 02 de agosto de 2005.

En la Tabla 9 se puede ver que optar por usar Fuel Oil como combustible ahorra más de 2.1 millones de dólares por año de operación, es decir, *la primera conclusión es buscar una mezcla que minimice el porcentaje de diesel, criterio que será tomado para los análisis.*

Poder calorífico:

La diferencia del poder calorífico del diesel y del Fuel Oil es del 1.3 por ciento, por lo tanto si bien el poder calorífico es importante para el rendimiento del motor, pero en este caso la diferencia no es representativa para la toma de decisiones.

Tabla 10 Relación de Poder Calorífico

RELACIÓN DEL PODER CALORIFICO		
Diesel	10,528	Kcal/Kg
Fuel Oil	10,389	Kcal/Kg
Relación	98.7%	

Fuente (Zambrano.M.A., 2013), con información Tabla 8

ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Alternativa 1.- Buscar una mezcla a una temperatura media baja (50° C).

Para encontrar la factibilidad de esta alternativa tomando la información del Anexo 3 y del Anexo-Procedimiento 2, del cual tenemos el cuadro siguiente:

Tabla 11 Viscosidad del Fuel-Oil y Diesel en función de la temperatura

TEMP °C	Viscosidad Cst	
	FUEL-OIL	Diesel 2
24	14500	7.00
45	1570	4.50
50	1000	4.00
86	140	2.50
100	80	2.20
168	12	1.60

Fuente: (Zambrano.M.A., 2013)

En este Cuadro se puede observar que para tener viscosidades entre 12 y 18 cSt es posible obtener calentando el Fuel Oil a temperaturas cercanas a los 160 °C, situación que se estaría bordeando el límite del fabricante de tener temperaturas bajo los 155 °C. *Por lo tanto, esta alternativa no se considera factible por el manejo de temperaturas cercanas a los límites del fabricante.*

Alternativa 2.- Buscar una mezcla a una temperatura alta menor a 155 °C

Las características de la viscosidad del Fuel-Oil señalan una alta sensibilidad a la variación de la temperatura es así que un incremento de 50 °C a 100 °C varia la viscosidad de 1000 cSt a 80 cSt, por lo que para tener un gráfico representativo el eje de la viscosidad lo representamos en escala logarítmica, a más de ello para determinar las posibles mezclas elaboramos un gráfico con la información de la Tabla 11, teniendo el siguiente resultado:

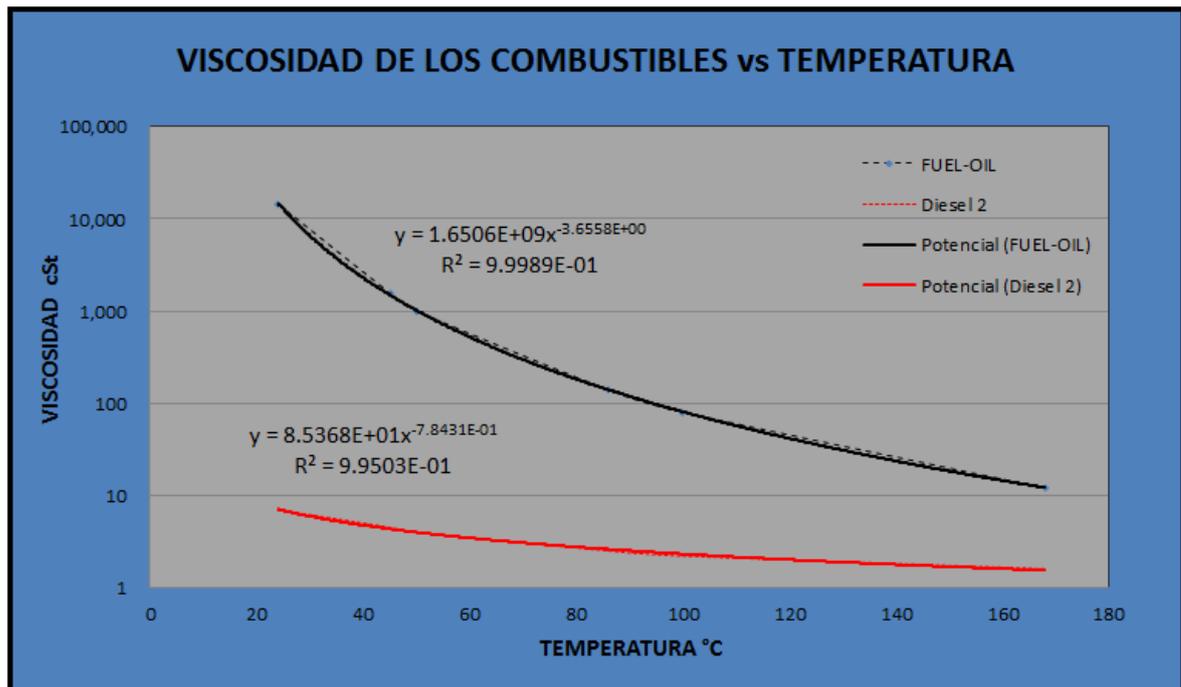


Figura 30 Viscosidad de los Combustibles vs Temperatura
 Fuente (Zambrano.M.A., 2013) en base a Tabla 11

La curva superior corresponde a la variación de la viscosidad del Fuel Oil y la inferior a la del Diesel, es decir representan los límites de cualquier mezcla entre los dos combustibles.

Considerando que la mezcla de dos componentes tienen las propiedades de sus componentes de acuerdo a la proporción de ellos en la mezcla, se puede calcular las características de las diferentes mezclas de acuerdo a la proporción de sus componentes.

Tomando en cuenta lo indicado se procede a realizar una serie de cálculos similares a los que describimos a continuación como ejemplos:

Tabla 12 Cálculos para mezcla de 40 por ciento de Diésel y diferentes temperaturas

Porcentaje de diesel en mezcla (dato)			40%
Temperatura	asumida		50 °C
	Viscosidad Diesel	50 °C	3.97 cSt
	Viscosidad Fuel Oil	50 °C	1,015 cSt
Cálculo	Aporte del diésel	40% x 3.97 =	1.59 cSt
	Aporte del Fuel Oil	(1-40%) x 1033 =	609.11 cSt
	Total viscosidad aporte diesel+aporte F.O =		610.70 cSt
Temperatura	asumida		100 °C
	Viscosidad Diesel	100 °C	2.31 cSt
	Viscosidad Fuel Oil	100 °C	80.55 cSt
Cálculo	Aporte del diésel	40% x 2.31 =	0.92 cSt
	Aporte del Fuel Oil	(1-40%) x 64.19 =	48.33 cSt
	Total viscosidad aporte diesel+aporte F.O =		49.25 cSt

Fuente (Zambrano.M.A., 2013)

En el cuadro anterior la viscosidad del Fuel-Oil y el Diésel a diferentes temperaturas se calcula con las formulas expresadas en La Figura 30, y con el porcentaje de mezcla asumida se calcula la viscosidad de la mezcla con la metodología indicada en la Tabla 12, la cual se aplica para dos ejemplos anteriores con 40 por ciento de diesel en la mezcla y para 50°C y 100 °C.

Con la finalidad de tener una visión de una gama de mezclas en función de la temperatura, se calcula la variación de la viscosidad para temperaturas que van desde 50 °C hasta los 155 °C, para mezclas que cubren todos los rangos posibles, es decir desde 0 al 100 por ciento de diesel en la mezcla.

Los resultados alcanzados se presentan en la Tabla 13 que consolida la información que nos permite observar en que condición alcanzamos viscosidades entre 12 y 18 cst, con temperaturas cercanas o menores a 155°C que es el límite de temperatura aceptado por el fabricante de los motores.

Tabla 13 Viscosidad en cSt de Varias Mezclas a Diferentes Temperaturas

MEZCLA % Diesel	TEMPERATURA °C															
	50	60	70	80	90	100	110	120	130	135	140	145	147.5	150	152.5	155
0%	1,015.2	521.3	296.7	182.1	118.4	80.5	56.8	41.4	30.9	26.9	23.5	20.7	19.5	18.3	17.2	16.2
5%	964.6	495.4	282.0	173.1	112.6	76.6	54.1	39.4	29.4	25.6	22.5	19.8	18.6	17.5	16.4	15.5
10%	914.1	469.5	267.3	164.2	106.8	72.7	51.4	37.4	28.0	24.4	21.4	18.8	17.7	16.6	15.7	14.8
15%	863.5	443.6	252.7	155.2	101.0	68.8	48.6	35.5	26.5	23.1	20.3	17.9	16.8	15.8	14.9	14.0
20%	812.9	417.7	238.0	146.2	95.2	64.9	45.9	33.5	25.1	21.9	19.2	16.9	15.9	15.0	14.1	13.3
25%	762.4	391.8	223.3	137.3	89.4	61.0	43.2	31.5	23.6	20.6	18.1	16.0	15.0	14.1	13.3	12.6
30%	711.8	365.9	208.6	128.3	83.6	57.1	40.4	29.6	22.2	19.4	17.0	15.0	14.1	13.3	12.6	11.8
35%	661.3	340.0	193.9	119.3	77.8	53.2	37.7	27.6	20.7	18.1	15.9	14.1	13.2	12.5	11.8	11.1
40%	610.7	314.1	179.2	110.4	72.0	49.2	35.0	25.6	19.3	16.9	14.8	13.1	12.4	11.6	11.0	10.4
45%	560.1	288.3	164.6	101.4	66.2	45.3	32.2	23.6	17.8	15.6	13.7	12.2	11.5	10.8	10.2	9.7
50%	509.6	262.4	149.9	92.4	60.4	41.4	29.5	21.7	16.4	14.4	12.7	11.2	10.6	10.0	9.4	8.9
55%	459.0	236.5	135.2	83.5	54.7	37.5	26.8	19.7	14.9	13.1	11.6	10.3	9.7	9.2	8.7	8.2
60%	408.5	210.6	120.5	74.5	48.9	33.6	24.0	17.7	13.5	11.8	10.5	9.3	8.8	8.3	7.9	7.5
65%	357.9	184.7	105.8	65.5	43.1	29.7	21.3	15.8	12.0	10.6	9.4	8.4	7.9	7.5	7.1	6.7
70%	307.3	158.8	91.1	56.6	37.3	25.8	18.6	13.8	10.6	9.3	8.3	7.4	7.0	6.7	6.3	6.0
75%	256.8	132.9	76.5	47.6	31.5	21.9	15.8	11.8	9.1	8.1	7.2	6.5	6.1	5.8	5.5	5.3
80%	206.2	107.0	61.8	38.6	25.7	18.0	13.1	9.9	7.7	6.8	6.1	5.5	5.2	5.0	4.8	4.6
85%	155.7	81.1	47.1	29.6	19.9	14.0	10.3	7.9	6.2	5.6	5.0	4.6	4.4	4.2	4.0	3.8
90%	105.1	55.2	32.4	20.7	14.1	10.1	7.6	5.9	4.8	4.3	3.9	3.6	3.5	3.3	3.2	3.1
95%	54.5	29.3	17.7	11.7	8.3	6.2	4.9	4.0	3.3	3.1	2.9	2.7	2.6	2.5	2.4	2.4
100%	4.0	3.4	3.0	2.7	2.5	2.3	2.1	2.0	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7	1.7	1.6

Fuente (Zambrano.M.A., 2013), detalle de cálculo está el Procedimiento 2

Estos resultados permiten analizar con que mezclas y con qué temperaturas alcanzamos las condiciones exigidas para el combustible, lo cual nos permitirá definir las más factibles de aplicar, es decir que no requieren instalaciones sofisticadas ni tecnologías complicadas.

En este cuadro se observa que mezclas menores al 5 por ciento de diésel requiere ser calentada en por lo menos 150°C para tener viscosidades dentro del rango buscado que son requisitos del fabricante del motor, es decir entre 12 y 18 cst.

También se puede apreciar que mientras más alto es el porcentaje de diésel en la mezcla, la temperatura requerida para tener las viscosidades requeridas es menor, así tenemos que para mezclas con 10 por ciento de diesel requiere calentar la mezcla hasta 147.5°C, y para 50 por ciento de diesel se requiere calentar a 130 °C, pero el incremento del porcentaje de diésel hace subir el precio del combustible y por lo tanto esa no es una solución factible.

CONCLUSIÓN DE LAS ALTERNATIVAS:

Una mezcla de Fuel Oil y Diésel que tenga entre el 5 y el 10 por ciento de diesel, para ser usada como combustible en la Planta de Sacha requiere ser calentada a temperaturas entre 147°C y 150°C, con lo cual tenemos una mezcla económica y dentro de los parámetros de densidad y viscosidad exigida por el fabricante de los motores.

3.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.3.1. Infraestructura actual de la Planta de CELEC en Sacha:

Mezclador en línea:

De acuerdo a la exposición realizada en el punto 3.1.3. el mezclador en línea tiene elementos estáticos en el cual se controla la temperatura del fluido pero no se controla la proporción de los componentes.

En acuerdo a los temas tratados en el Procedimiento 2, se puede observar que el primer control que debemos tener para tener un combustible estable y homogéneo es tener una proporción de finida del diesel en la mezcla, la cual según nuestro análisis debe estar entre 5 y 10 por ciento, lo cual debe ser un punto importante para definir la nueva infraestructura propuesta, si bien la subida de temperatura ayuda para disminuir la viscosidad y mejorar la formación de la mezcla, considerando que en este sitio no es tan crítico, ya que si desde ese punto no está debidamente aislada esa temperatura puede perderse.

Calidad de Mezcla:

Actualmente este parámetro no es considerado en el sistema de combustible de la Planta de CELEC en Sacha, pero considero que de acuerdo a lo expuesto en el Procedimiento

1, en el cual se analiza la importancia de este parámetro y en su análisis se define que el mejor punto para controlarlo es en los tanques de tratamiento de combustible, ya que en ellos podríamos colocar un sistema de mezclador de pared o un sistema de recirculación que asegure alcanzar una buena calidad de mezcla, asegurando de esta forma que en toda su masa exista una uniformidad de porcentaje de sus componentes.

Viscosidad entre 12 y 18 cSt:

Esta condición es considerada en el Procedimiento 2, y luego de los análisis se encuentra que para alcanzar este rango de viscosidad para una mezcla de combustibles de Fuel-Oil / Diésel con una proporción de este último entre 5 y 10 por ciento se debe subir la temperatura de la mezcla hasta 150° C, con lo cual se alcanza este objetivo. Situación que si se realiza en la Planta de Sacha al momento.

3.3.2. Conclusión del análisis:

En la Planta de CELEC en Sacha no se controla la proporción del diésel en la mezcla ni tampoco la calidad de la mezcla, pero si se busca conseguir las condiciones de viscosidad subiendo la temperatura de la mezcla hasta 150°C. Por lo tanto nuestra propuesta para mejorar esta infraestructura buscara anular las debilidades indicadas.

3.4 SOLUCIONES PARA OBTENER UNA MEZCLA ÓPTIMA.

De los análisis anteriores y de acuerdo a la conclusión alcanzada el enfoque debe concentrarse en dos temas principales que son: tener una mezcla de proporciones definidas y buscar un alto grado de mezcla que asegure un combustible homogéneo. Por lo tanto las alternativas propuestas se enfocaran a resolver estos puntos:

3.4.1.- Proporciones pre establecidas de Diesel y Fuel Oil.

Considerando que el análisis que se ha realizado es un análisis teórico y que los parámetros de los combustibles en la práctica tienen ciertas variaciones, es importante que el operador de la planta pueda fijar en un sistema de control el porcentaje de diésel que ingrese a ser mezclado, y que este pueda variarse por decisión del operador como consecuencia de los análisis técnicos económicos que se realicen a futuro.

Para lograr una infraestructura que pueda controlar los volúmenes que entran a la mezcla tanto de Fuel Oil como de Diésel, en primer lugar es necesario medir cada uno de dichos volúmenes, para lo cual se debe instalar medidores en las tuberías que llevan estos combustibles hacia el mezclador y a más de ello tener válvulas de control que permitan controlar estos volúmenes.

El sistema de control a ser instalado debe considerar como dato principal el caudal o volumen de mezcla Fuel-Oil / Diésel que está consumiendo los motores de la planta, el cual debe ser similar a la suma de Fuel- Oil y Diesel que está ingresando al mezclador, a más de ello el operador debe establecer el porcentaje de diésel que debe entrar en la mezcla el cual debe ingresar el sistema de control como punto de seteo, de esta forma la válvula de control regulará el caudal del diésel que ingrese al mezclador, pero siempre manteniendo el porcentaje de diésel en volumen.

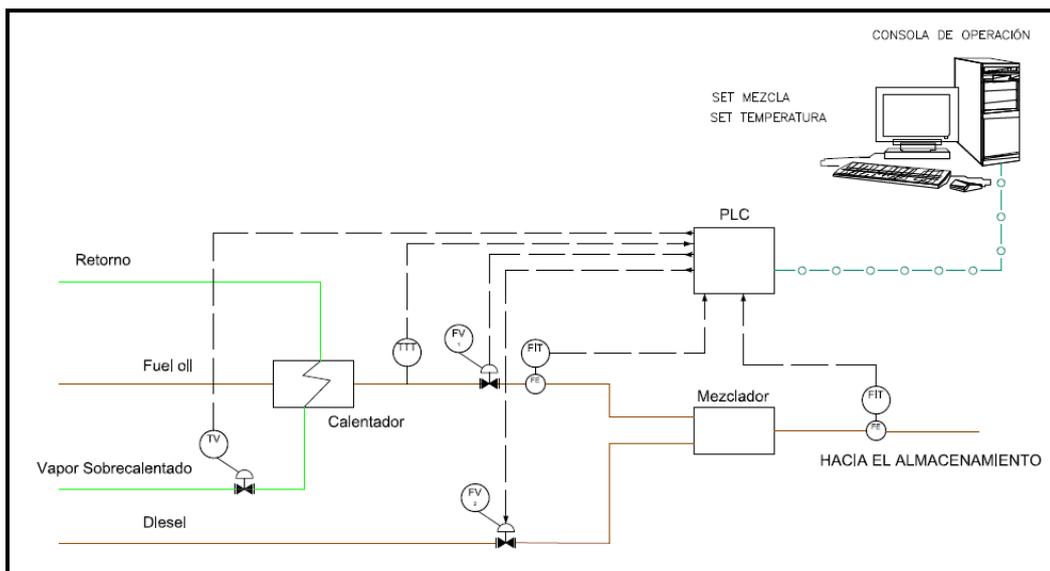


Figura 31 Sistema de Control para regular el porcentaje de mezcla, (TIT) Transmisor e indicador de temperatura, (FV) Válvula de control con indicador de flujo, (FIT) trasmisor e indicador de flujo, (PLC) Controlador lógico programable.
Fuente (Zambrano.M.A., 2013)

Con esta forma de control, se considera que estaría solucionado el primer punto, que es tener en la mezcla en forma estable el porcentaje establecido en su operación. Para cumplir lo indicado se presenta a continuación el Sistema de Control que se aplicaría en este caso.

Este Sistema de Control considera utilizar un PLC y varios instrumentos conectados al mismo, en el cual el Fuel Oil es calentado, con el objetivo de disminuir la viscosidad y permitir la mezcla más homogénea con el Diesel, la temperatura a la cual será calentado el Fuel Oil será definida por el operador desde el Computador de Control y controlada por el PLC, regulando el paso de Vapor Sobrecalentado por el calentador a través de la válvula TV-1 y monitoreado por el TIT.

Las Válvulas FV-1 y FV-2 que se encuentran aguas arriba del mezclador, permitirán regular el ingreso de Fuel Oil y Diesel, respectivamente al mezclador, basado en el porcentaje de mezcla definido por el Operador en el Computador de Control y el caudal dependerá de la

energía que deba brindar la planta el cual está relacionado con el consumo de combustible, el mismo que es medido por el FIT para luego ser almacenado en los tanques de operación/almacenamiento previo al despacho hacia las unidades de generación.

3.4.2.- Calidad de mezcla:

Con la aplicación del sistema de control del punto anterior 3.4.1. se logra poner en el combustible mezcla las proporciones de los componentes de acuerdo a lo establecido operacionalmente, pero no puede asegurarse que en todos los puntos de la masa se mantenga el porcentaje en forma homogénea.

Por lo tanto, para mejorar lo indicado, es importante mejorar el mezclado en línea e instalar en los tanques de almacenamiento un sistema de recirculación y mezclado que asegure que un tiempo de pocas horas se consiga una mezcla con alta calidad, es decir que en toda la masa del tanque se encuentre el mismo porcentaje de los componentes.

El alcanzar la condición descrita anteriormente significa tener una operación estable de los motores lo que lleva a una operación normal, con los parámetros de temperatura y rendimiento adecuado de los motores que accionan los generadores de la Planta.

De acuerdo a lo indicado, para el mezclado en línea se plantea instalar el sistema de mezclado en línea Silverson el cual es representado en la Figura 12 (Pag. 35), con lo cual se tendría un buen avance en el objetivo.

3.4.3.- Condiciones de Viscosidad:

Como se indicó anteriormente para conseguir las exigencias de viscosidad del fabricante de los motores se consigue subiendo la temperatura, por lo cual en el sistema actual se calienta el Fuel-Oil antes de entrar al mezclador, y para no perder esta energía el sistema de flujo (tuberías) están debidamente aisladas, sin embargo es importante asegurar que el combustible antes de entrar al motor alcance temperaturas cercanas a los 150°C , para lo cual se recomienda instalar en los tanques de almacenamiento del sistema de tratamiento un sistema de recirculación, que al mismo tiempo mejore la calidad de la mezcla y pueda subir la temperatura hasta 150°C , de tal forma que se obtenga la viscosidad entre 12 y 18 cst exigida por el fabricante de los equipos.

En forma esquemática, lo indicado se presenta en la figura siguiente:

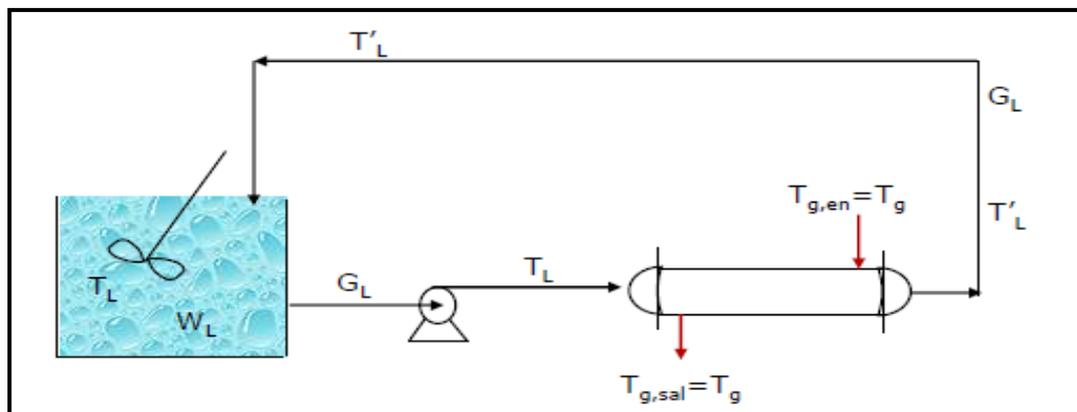


Figura 32 Recirculación para mejorar la mezcla y temperatura
Fuente (Zambrano.M.A., 2013)

Una segunda opción que alcanza estas dos reformas de mejora de mezcla y subir la temperatura, es aprovechar los equipos que se utiliza en la industria de los hidrocarburos en la cual existe una gran gama de mezcladores para tanques, siendo los más usados los que se acoplan a las tapas de los manhole (ver figura 33), e incluso existen con ángulos de inclinación que permiten asegurar una circulación del fluido en el interior que asegura más

MEZCLA DE COMBUSTIBLE PARA GRUPOS ELECTROGENOS DE 1.7 MW

aun el grado de la mezcla, el cual puede completarse con un sistema de calentamiento del fluido del tanque, para lo cual se puede instalar un serpentín de vapor.



Figura 33 Mezclador de pared para tanques
Fuente: <http://www.spanish.alibaba.com>

CAPÍTULO 4

4.- IMPACTO TÉCNICO AMBIENTAL

4.1. IMPACTO TÉCNICO

El desarrollo de los capítulos anteriores nos demuestra que el tener una mezcla de Fuel Oil y Diésel con un porcentaje de Diésel entre el 5 y el 10 por ciento es alcanzar una mezcla que a temperaturas cercanas a los 150°C permite cumplir las condiciones de operación del fabricante de los motores Hyundai, lo cual permitirá tener una operación estable, económica y dentro de los parámetros del fabricante.

Lo indicado en el párrafo anterior describe parámetros deseables en la operación industrial, ya que estos nos llevarían a tener los siguientes resultados:

- Operación con una potencia al freno estable.
- Temperaturas del motor estable, en sus diferentes componentes.
- Temperaturas dentro de los parámetros de diseño.
- Mayor vida del equipo, por encontrarse sus esfuerzos, temperaturas, dentro de los parámetros de diseño.
- Mayor vida de los lubricantes, es decir menores costos de operación y mantenimiento.
- Menores costos de mantenimientos medios y grandes (overhauls).
- Mayor tiempo disponible para trabajar.

4.2.IMPACTO AMBIENTAL

4.2.1.- Línea Base:

Para esta tesis tomamos como línea base los resultados obtenidos del “*Monitoreo de emisiones gaseosas y material particulado*” (CELEC, Estudio Ambiental Sacha, 2013),

realizado por CELEC EP TERMOPICHINCHA entre el 20 y 27 de marzo del 2013, el cual se realizó siguiendo los lineamientos establecidos en el TULAS Libro VI (Decreto.Ejecutivo.3516, 2003).

Tabla 14 Lineamientos establecidos en el TULAS
“Texto Unificado de Legislación Ambiental”

Parámetros	Motores de Combustión Interna
Ubicación de puertos	EPA, Parte 60, Apéndice A Método 1 o 1 ^a
Velocidad	EPA, Parte 60, Apéndice A Método 2
Presión	EPA, Parte 60, Apéndice A Método 2
Temperatura	EPA, Parte 60, Apéndice A Método 2
Humedad	EPA, Parte 60, Apéndice A Método 4
Oxígeno y Dióxido de carbono	Sensores electroquímicos
Partículas Totales	EPA, Parte 60, Apéndice A Método 5
Dióxido de Azufre	EPA, Parte 60, Apéndice A Método 6C
Óxidos de Nitrógeno	EPA, Parte 60, Apéndice A Método 7E

Fuente: CELEC EP TERMPICHINCHA / Medio Ambiente

El estudio indicado también considera los límites máximos permisibles establecidos en la norma de emisiones al aire de Centrales Termoeléctricas; (Libro VI anexo 3 A, tabla 11). En estos se encuentra que los límites máximos permisibles de emisiones al aire para motores de combustión interna para fuentes en operación a partir de enero del 2003 son:

Tabla 15 Límites Máximos Permisibles de Emisiones al Aire

Contaminante Emitido	Combustible Utilizado	Valor	Unidades ^[1]
Partículas	Líquido ^[2]	150	mg/Ndm ³
Totales	Gaseoso	No Aplicable	No Aplicable
Óxidos de	Líquido ^[2]	2 000	mg/Ndm ³
Nitrógeno	Gaseoso	2 000	mg/Ndm ³
Dióxido de	Líquido ^[2]	1 500	mg/Ndm ³
Azufre	Gaseoso	No Aplicable	No Aplicable

Fuente: EPA Libro – Anexo 3A – Tabla 11

Los resultados alcanzados en la Central de Sacha se resumen a continuación en el siguiente cuadro:

Tabla 16 Parámetros ambientales de la Central de Sacha

Unidad/Caldero	Flujo (m ³ /h)	CO (mg/Nm ³)	SO ₂ (mg/Nm ³)	NO _x (mg/Nm ³)	Material Particulado (mg/Nm ³)
Unidad 1	1609,73	44	507	1520	3,6
Unidad 2	39502,65	38	592	1408	8,9
Unidad 3	28825,29	47	649	1439	18,9

Fuente: Parámetros Ambientales Central Sacha CELEC EP

Es decir que los monitoreos de emisiones gaseosas y material particulado realizado entre el 20 y 27 de marzo del 2013 en la Central Térmica de Sacha, indican que todas las unidades de generación de la central, cumplen con lo detallado en Norma de emisiones al aire desde Centrales Termoeléctricas; TULAS, Libro VI.

4.2.2.- Impacto esperado:

Se considera la aplicación de una mejor mezcla no variará la línea base descrita en el punto anterior, ya que lo único que se está realizando es la optimización de la mezcla en el sentido de buscar una mejor estabilidad en la operación de los equipos. Sin embargo de presentarse algún cambio sería en disminución de las emisiones gaseosas y material particulado ya que se tendría una menor temperatura de operación y por lo tanto un menor desgaste de los motores.

CAPÍTULO 5

5. ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO

5.1. ANÁLISIS ECONÓMICO

Para realizar el análisis económico de la aplicación de la Tesis, se considerará todas las inversiones que debería realizarse para implementarse las recomendaciones alcanzadas, la cual se analizará comparando con una probable reducción de sus costos operativos.

Cálculos Operativos:

Por lo tanto, en primer lugar se calculará sus costos operativos empezando con los mantenimientos rutinarios que están relacionados con el cambio de filtros de aire, aceite: y cambios de aceite periódicos, así como la reposición diaria de aceite, para lo cual se considera los costos de accesorios y costos de mano de obra.

Tabla 17 Costos de trabajos de rutinas de los motores Hyundai

TRABAJOS DE RUTINA							
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	\$/UNIDAD	\$ TOTAL	c/No,horas	\$ hora
Filtros de aire							
	Filtros	2	cada uno	100	200	200	1.00
	Mano de obra	2	horas hombre	18	36	200	0.18
Filtros de aceite							
	Filtros	4	cada uno	120	480	500	0.96
	Mano de obra	2	horas hombre	18	36	500	0.07
Cambio de aceite							
	Aceite	350	cada uno	15	5,250	4,000	1.31
	mano de obra	6	horas hombre	18	108	4,000	0.03
Reposición de aceite							
	Aceite	8	cada uno	15	120	24	5.00
	Mano de obra	2	horas hombre	18	36	24	1.50
							10.05

Fuente (Zambrano.M.A., 2013)

A continuación se realiza los cálculos de los costos de mantenimiento para los diferentes periodos de 8000, 16000 y 32000 horas, considerando que es para: Motor Hyundai

MEZCLA DE COMBUSTIBLE PARA GRUPOS ELECTROGENOS DE 1.7 MW

9H21/32, combustible: pesado y diesel, Potencia 1.7 MW, Número de cilindros 9;

llegando a tener los siguientes resultados

Tabla 18 Costos de trabajos de Descarbonizado de los motores Hyundai

DESCARBONIZADO					
MANTENIMIENTO REALIZADO CADA		8,000	HORAS		
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	\$/UNIDAD	\$ TOTAL
REPUESTOS					
1	Empaques	1	Juego	1,000	1,000
2	Inyectores	3	ea	1,200	3,600
3	Varios	1	global	300	300
REPARACIONES					
1	Cabezotes	9	ea	800	7,200
2	Bombas de inyeccion	9	ea	1,000	9,000
3	Turbo	1	ea	500	500
MANO DE OBRA					
1	Supervisor de Mantenimiento	80	horas hombre	35	2,800
2	Mecanicos de primera	320	horas hombre	25	8,000
3	Ayudantes de mecanica	640	horas hombre	18	11,520
4	Obreros	640	horas hombre	10	6,400
TOTAL COSTO MANTENIMIENTO US \$					50,320

Fuente (Zambrano.M.A., 2013)

Tabla 19 Costos de trabajos de Reparaciones medias de los motores Hyundai

REPARACION MEDIA					
MANTENIMIENTO REALIZADO CADA		16,000	HORAS		
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	\$/UNIDAD	\$ TOTAL
REPUESTOS					
1	Empaques	1	Juego	1,000	1,000
2	Inyectores	9	ea	1,200	10,800
3	Camisas	9	ea	1,800	16,200
4	Pistones	9	ea	1,500	13,500
5	Varios	1	global	500	500
REPARACIONES					
1	Cabezotes	9	ea	800	7,200
2	Bombas de inyeccion	9	ea	1,000	9,000
3	Turbo	1	ea	500	500
MANO DE OBRA					
1	Supervisor de Mantenimiento	120	horas hombre	35	4,200
2	Mecanicos de primera	800	horas hombre	25	20,000
3	Ayudantes de mecanica	1400	horas hombre	18	25,200
4	Obreros	2000	horas hombre	10	20,000
TOTAL COSTO MANTENIMIENTO US \$					128,100

Fuente (Zambrano.M.A., 2013)

Tabla 20 Costos de trabajos de Overhaul de los motores Hyundai

OVERHAULT					
MANTENIMIENTO REALIZADO CADA		32,000	HORAS		
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	\$/UNIDAD	\$ TOTAL
REPUESTOS					
1	Empaques	1	Juego	1,000	1,000
2	Bomba Inyección	9	ea	3,500	31,500
3	Inyectores	9	ea	950	8,550
4	Cabezotes	9	ea	2,500	22,500
5	Camisas	9	ea	1,200	10,800
6	Pistones	9	ea	1,500	13,500
7	Turbo	2	ea	5,600	11,200
8	Cigüeñal	1	ea	20,000	20,000
9	Varios	1	global	500	500
REPARACIONES					
1	Mecanismos varios	1	global	2,000	2,000
2	Bombas de agua y otras	1	global	1,500	1,500
3	Varios	1	global	1,800	1,800
MANO DE OBRA					
1	Supervisor de Mantenimiento	120	horas hombre	35	4,200
2	Mecánicos de primera	800	horas hombre	25	20,000
3	Ayudantes de mecanica	1400	horas hombre	18	25,200
4	Obreros	2000	horas hombre	10	20,000
TOTAL COSTO MANTENIMIENTO US \$					194,250

Fuente (Zambrano.M.A., 2013)

Tabla 21 Información consolidada de mantenimientos

CONSOLIDACIÓN DE MANTENIMIENTOS							
COSTO MANTENIMIENTOS			PERIODOS DE MANTENIMIENTO (horas)				COSTO \$ / HORA
			8,000	16,000	24,000	32,000	
valores en dolares							
M-8000	\$	50,320	50,320	50,320	50,320	6.29	
M-16000	\$	128,100		77,780	77,780	4.86	
M-32000	\$	194,250			66,150	2.07	
Rutina	\$/h	10.05				10.05	
TOTAL			50,320	128,100	50,320	194,250	
					\$/día	558.48	

Fuente (Zambrano.M.A., 2013)

Con los datos alcanzados de mantenimiento de \$ 558.48 por hora por equipo y considerando 9 equipos y el consumo de 16000 galones de Fuel Oil y 800 galones de diésel tenemos el siguiente resultado consolidado:

Tabla 22 Costo de Operación

COSTO DE OPERACIÓN 24 horas						
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	\$/UNIDAD	\$ TOTAL	
	Combustible Fuel Oil	16,000	galones	0.537600	8,601.60	
	Diesel	800	galones	0.900704	720.56	
	Mantenimiento	9	Equipos	558.48	5,026.31	
	Operación	192	horas hombre	20.00	3,840.00	
					18,188.47	
PRODUCCION ENERGIA PLANTA DE SACHA						
	Potencia	10.0	MW			
		10,000	Kilo watios			
		240,000	Kwh / día			
	Costo	0.0758	\$/Kwh	Resultado de \$ Totales / Kwh por día		

Fuente (Zambrano.M.A., 2013)

Llegando a un costo de 0.0758 \$/Kwh, el cual está dentro de los estándares de costo para la generación eléctrica considerando Fuel Oil como combustible, que llegan hasta un precio de venta de 0,18 \$/Kwh.

Inversiones estimadas:

Para estimar las inversiones requeridas para implementar este proyecto se dividirá en tres secciones principales, esto es el mezclador en línea, el homogenizador de mezcla y el control de temperatura en tanques, así tenemos que:

Tabla 23 Inversiones Esperadas en la Implantación del Proyecto

INVERSIONES ESPERADAS EN LA IMPLANTACION DEL PROYECTO			
	MEZCLADOR EN LINEA	HOMOGENIZACIÓN DE LA MEZCLA	CONTROL DE TEMPERAATURA DE TANQUES
US \$			
Obras civiles	8,000	2,000	2,000
Obras Mecánicas	40,000	80,000	200,000
Obras eléctricas	10,000	10,000	2,000
Obras de Inst / Control	80,000	20,000	50,000
	138,000	112,000	254,000
TOTAL INVERSION ESPERADA US\$			504,000

Fuente (Zambrano.M.A., 2013)

Por lo tanto, tenemos un estimado de inversión de \$ 504,000 valor que se debe comparar con los resultados para analizar su conveniencia económica de su implementación.

Análisis:

Para el análisis se asume que la implementación de tener una mezcla estable, controlada y a una temperatura que permita tener un combustible dentro de los parámetros exigidos por la fabricante de los motores, se ahorra por lo menos un 5 por ciento de sus costos operativos, en cuyo caso se tiene los siguientes resultados:

Tabla 24 Análisis económicos

COSTOS DE OPERACIÓN			
18,188	\$/día		(a)
6,638,791	\$/año		(b)
AHORRO ESPERADO			
5%	Porcentaje		
909	\$/día		c= (a) x 5%
331,940	\$/año		d= (b) x 5%
TIEMPO DE RECUPERACIÓN			
Inversión	504,000	\$	e)
Tiempo	554	días	f= e) / c
	1.52	años	g= e) / d

Fuente (Zambrano.M.A., 2013)

Es decir, considerando que la implementación del proyecto produzca un ahorro del 5 por ciento del costo operativo, la inversión la podríamos recuperar en 1.52 años, es decir que el proyecto tiene una buena rentabilidad, y por lo tanto económicamente es viable.

5.2. ANALISIS FINACIERO

Este análisis no aplica por no considerar las condiciones financieras de la empresa.

6.- RESUMEN***TESIS: INVESTIGACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE UNA MEZCLA HOMOGÉNEA PARA GRUPOS ELECTRÓGENOS DE 1.7 MW*****Datos de combustibles base**

	Densidad	Viscosidad (cSt)	\$/Galon
Fuel Oil	0,9646	1033 @ 50 ° C	0,9007004
Diesel	0,8453	4.1 @ 40 ° C	0,537600

Centro de Generación Eléctrica de CELEC en Sacha

Capacidad de generación		20,4	MW
Motores de combustión interna			
Marca		Hyundai	
Potencia c/u		1,7	MW
Tipo de motor		9H21/32	
Requisitos del combustible para motores Hyundai			
Temperatura		menor a 155 C	
Viscosidad		12-18 cSt	
Densidad		0,991	Kg/dm ³
Consumo		16000	Gal/día

Combustible deseado: mezcla de Fuel-Oil + Diesel

Sistema actual de Sacha

- * No controla la proporción de los componentes
- * No controla la calidad de la mezcla

Sistema Propuesto de mezclado

- * Estudio variación viscosidad vs temperatura de combustibles
- * Análisis de mezclas y su sistema de control
- * Resultado propuesta de mejora de la mezcla:

Trabajar con temperaturas ≤ 150 ° C

Controlar la proporción del diesel entre 5% y 10%

Necesidad de controlar la calidad de mezcla

Análisis Económico de la implementación de la Tesis

Costo diario de la Planta generando 10 MW	14.280	\$/día
Ahorro esperado de 5% al mejorar el combustible	909	\$/día
Inversiones estimadas para mejorar mezcla	504.000	\$
Tiempo de recuperación de la inversión	554	días
	1,52	años

Conclusión

:

Los resultados alcanzados son aplicables en la Planta de Termopichincha en Sacha, con cuya implementación mejorará la operación de la Planta

7.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES:

Los resultados alcanzados en el desarrollo de esta tesis han permitido definir una metodología para lograr una mezcla óptima de los combustibles Fuel-Oil y Diesel, con una proporción previamente establecida que puede oscilar entre 5 y 10 por ciento, que sea homogénea, que tenga la viscosidad y condiciones exigidas por el fabricante de los motores Hyundai 9H21/32 de 1.7 MW, lo cual era el objetivo general de la Tesis.

Además, para llegar al resultado indicado se cumplieron los objetivos específicos de la Tesis ya que se partió de las especificaciones de los combustibles Fuel-Oil y Diesel, identificando las características del combustible usado para el diseño de los Motores Hyundai 9H21/32, el cual nos servía de meta para la mezcla buscada.

Por lo tanto, el objetivo alcanzado en el desarrollo de la Tesis permite aportar con criterio para que la Planta de Termopichincha en Sacha, pueda mejorar la operación de los motores Hyundai que accionan los Generadores de la Planta.

7.2.RECOMENDACIONES:

La metodología aplicada en el desarrollo de esta Tesis puede ser aplicada para la mezcla de otros combustibles que deseen ser optimizados, desde luego considerando las restricciones que correspondan a cada caso.

MEZCLA DE COMBUSTIBLE PARA GRUPOS ELECTROGENOS DE 1.7 MW

Se lograra tener una mezcla homogénea si se desarrollan equipos de mezclado en línea, de recirculación o de agitación esto garantizará una mezcla homogénea y estable para la operación.

Con el uso de un porcentaje adecuado de mezcla se logrará disminuir los costos de mantenimiento y aumentar la vida útil de las unidades de generación.

Se recomienda realizar el estudio financiero del combustible el cual dependerá de cada gerencia ya que eso reflejará el costo de operación para la producción de energía eléctrica.

8.- BIBLIOGRAFÍA

- CELEC. (2010). *Manual de Operación y Mantenimiento Hyundai para 1700 KW Packaged Power Station*. Hyundai .
- CELEC. (2012). Quito: CELEC - Informe de rendición de cuentas 2012.
- CELEC. (2012). *Plot Plan de la Planta de TERMOPICHINCHA en Sacha*. Sacha.
- CELEC. (2013). *Estudio Ambiental Sacha*. Sacha.
- CELEC. (2013). *Memoria descriptiva Planta Sacha*. Sacha: .
- CELEC&Sacha. (2010). Sacha: CELEC Infomes técnicos de la Planta de Sacha.
- CONELC. (2012). QUITO: Regulación Sector Eléctrico- 1.1.4.
- Decreto.Ejecutivo.3516. (2003). *TULAS-Texto Unificado de Legislación Ambiental* . Quito.
- Grado.Mezclado. (2002). *uv.es*. Obtenido de <http://www.uv.es/~mbermejo/Mezcla.pdf>
- Marpol. (1973). *Marpol*. Obtenido de Convenio para prevenir la contaminación:
[http://www.imo.org/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-\(MARPOL\).aspx](http://www.imo.org/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx)
- Mezclas WEB. (2010). *Mezclas, Teoria y Aplicaciones*. WEB-varios autores.
- Mezclas, B. d. (2013). *Personal.es.es*. Obtenido de
http://personal.us.es/mfarevalo/recursos/tec_far/mezclado_solidos.pdf
- Scribd.com. (s.f.). *Mezcladores de liquidos*. Obtenido de
<http://www.scribd.com/doc/18664638/Mezclado-de-liquidos>
- Wikipedia. (2013). *Desviación estandar muestreales*. Obtenido de
http://es.wikipedia.org/wiki/Desviaci%C3%B3n_est%C3%A1ndar
- Zambrano.M.A. (Diciembre de 2013). Elaborado por el Autor e Tesis. Quito, Ecuador: Zambrano Burneo Marco Alfonso.

9.- GLOSARIO:

API (Norma).- American Petroleum Institute. El nivel de calidad A.P.I. viene representado por un código generalmente formado por dos letras: La primera designa el tipo de motor (S= gasolina y C= Diesel) y la segunda designa el nivel de calidad. Para obtener esta norma, los lubricantes deben superar cuatro pruebas de motor en las que se tiene en cuenta: El aumento de la temperatura de los aceites con los motores en funcionamiento, la prolongación de los intervalos del cambio de aceite preconizado por el constructor, las prestaciones del motor y las normas de protección del medio ambiente.

ASTM (Norma).- Las normas de ASTM se crean usando un procedimiento que adopta los principios del Convenio de barreras técnicas al comercio de la Organización Mundial del Comercio (World Trade Organization Technical Barriers to Trade Agreement). El proceso de creación de normas de ASTM es abierto y transparente; lo que permite que tanto individuos como gobiernos participen directamente, y como iguales, en una decisión global consensuada. Las normas de ASTM International se usan en investigaciones y proyectos de desarrollo, sistemas de calidad, comprobación y aceptación de productos y transacciones comerciales por todo el mundo. Son unos de los componentes integrales de las estrategias comerciales competitivas de hoy en día.

Centrales Termoeléctricas.- Es una instalación empleada en la generación de energía eléctrica a partir de la energía liberada en forma de calor, normalmente mediante la combustión de combustibles fósiles como petróleo, gas natural o carbón. Este calor es

empleado por un ciclo termodinámico convencional para mover un alternador y producir energía eléctrica.

cSt.- Unidad de viscosidad. Submúltiplo de stokes, es decir, la unidad de medida de la viscosidad cinemática de un fluido en el sistema cegesimal. Equivale a la centésima parte de un Stoke y se emplea mucho en caso de aceites lubricantes.

Destilación Atmosférica.- En la ingeniería del petróleo, es la destilación que se realiza a una presión cercana a la atmosférica. Se utiliza para extraer los hidrocarburos presentes de forma natural en el crudo, sin afectar a la estructura molecular de los componentes.

Desviación Estándar.- Es una medida del grado de dispersión de los datos con respecto al valor promedio. Dicho de otra manera, la desviación estándar es simplemente el "promedio" o variación esperada con respecto a la media aritmética.

Grado Api.- La medida de Grados API es una medida de cuánto pesa un producto de petróleo en relación al agua. Si el producto de petróleo es más liviano que el agua y flota sobre el agua, su grado API es mayor de 10. Los productos de petróleo que tienen un grado API menor que 10 son más pesados que el agua y se asientan en el fondo.

Grupos Electrógenos.- Un grupo electrógeno es una máquina que mueve un generador eléctrico a través de un motor de combustión interna. Son comúnmente utilizados cuando hay

déficit en la generación de energía eléctrica de algún lugar, o cuando son frecuentes los cortes en el suministro eléctrico.

Hidrómetros.- Un hidrómetro es un instrumento desarrollado para el uso de medir la densidad relativa o gravedad específica de varios líquidos. Mide la densidad en relación a su radio, comparado contra la densidad del agua. La densidad relativa del agua es una constante de 1.0, y para obtener una lectura precisa, debe haber partes iguales de agua y del otro líquido a medir.

Homogénea (Mezcla).- Las mezclas homogéneas o uniformes son aquellas en las que la composición es la misma en toda la muestra. La mezcla homogénea también se denomina disolución, que consiste en un disolvente, normalmente la sustancia presente en mayor cantidad, y uno o más solutos.

Línea De By-Pass.- Tubería secundaria u otro canal conectado con un conducto principal, para la conducción de un líquido o gas a la vuelta de un accesorio, tubería, o aparato.

Material Particulado.- Es una compleja mezcla de partículas suspendidas en el aire las que varían en tamaño y composición dependiendo de sus fuentes de emisiones. Las partículas de fuentes móviles tienden a caer en una distribución bi-modal referidas como “modo de núcleos” y “modo de acumulación.

Mezcla Por Convección.- La convección es una de las tres formas de transferencia de calor y se caracteriza porque se produce por intermedio de un fluido (líquido o gas) que transporta el calor entre zonas con diferentes temperaturas. La convección se produce únicamente por medio de materiales fluidos. Lo que se llama convección en sí, es el transporte de calor por medio del movimiento del fluido.

Miscibilidad.- Es un término usado en química que se refiere a la propiedad de algunos líquidos para mezclarse en cualquier proporción, formando una mezcla. En principio, el término es también aplicado a otras fases (sólidos, gases), pero se emplea más a menudo para referirse a la solubilidad de un líquido en otro. El agua y el etanol (alcohol etílico), por ejemplo, son miscibles en cualquier proporción.

Muestreo.- En estadística se conoce como muestreo a la técnica para la selección de una muestra a partir de una población. Al elegir una muestra se espera conseguir que sus propiedades sean extrapolables a la población. Este proceso permite ahorrar recursos, y a la vez obtener resultados parecidos a los que se alcanzarían si se realizase un estudio de toda la población

Overhauls.- Reglaje, un arreglo general, aplicable por ejemplo a un automóvil, aparato o máquina; y a cualquier sistema de actividad humana de modo de una reforma.

Poder Calorífico.- Es la cantidad de energía que la unidad de masa de materia puede desprender al producirse una reacción química de oxidación (quedan excluidas las reacciones nucleares, no químicas, de fisión o fusión nuclear, ya que para ello se usa la fórmula $E=mc^2$). La magnitud del poder calorífico puede variar según como se mida. Según la forma de medir se utiliza la expresión poder calorífico superior (abreviadamente, PCS) y poder calorífico inferior (abreviadamente, PCI).

Viscosidad.- Es la oposición de un fluido a las deformaciones tangenciales. Un fluido que no tiene viscosidad se llama fluido ideal. En realidad todos los fluidos conocidos presentan algo de viscosidad, siendo el modelo de viscosidad nula una aproximación bastante buena para ciertas aplicaciones. La viscosidad sólo se manifiesta en líquidos en movimiento.

Volumen.- La unidad de medida de volumen en el Sistema Internacional de Unidades es el metro cúbico, aunque temporalmente también acepta el litro (que equivale a un decímetro cúbico), el que se utiliza comúnmente en la vida práctica.

10.- ANEXOS:

- Procedimiento 1.- Calidad de Mezcla
- Procedimiento 2.- Mezcla buscada
- Anexo 1 Análisis Crudo Reducido (Fuel Oil)
- Anexo 2 Análisis combustible Diesel
- Anexo 3 Especificaciones combustible Hyundai
- Anexo 4 Diagrama PFD, P&ID de Planta de Sacha
- Anexo 5 Análisis Fuel Oil (2)

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR	TESIS MARCO ZAMBRANO BURNEO	
PROCEDIMIENTO 1	DETERMINACIÓN DEL GRADO DE LA MEZCLA	6 ENERO DEL 2014
		PÁG. 1 DE 19

PROCEDIMIENTO 1
GRADO DE LA MEZCLA

REV 1	6 ENERO 2014		M.Z.B.			
REV B	14 AGOSTO 2013		M.Z.B.			
REV B	26 JULIO 2013		M.Z.B.			
REV A	05 JULIO 2013		M.Z.B.			
Rev. No.	Fecha	Descripción	Elaborado	Revisado	Aprobado	Autorizado
CONTROL DE CAMBIOS DEL DOCUMENTO						

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR	TESIS MARCO ZAMBRANO BURNEO	
PROCEDIMIENTO 1	DETERMINACIÓN DEL GRADO DE LA MEZCLA	6 ENERO DEL 2014
		PÁG. 2 DE 19

TABLA DE CONTENIDO

SECCION	PAG.
1 INTRODUCCIÓN.....	3
2 OBJETIVO.....	3
3 ALCANCE.....	3
4 DEFINICIONES.....	4
5 METODOLOGÍA APLICADA.....	6
5.1 Toma de muestras.....	7
5.2 Análisis de muestras.....	9
5.3 Cálculo del grado de mezcla (Wikipedia, 2013).....	15
6 SEGURIDAD INDUSTRIAL.....	18
7 Bibliografía.....	19

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR	TESIS MARCO ZAMBRANO BURNEO	
PROCEDIMIENTO 1	DETERMINACIÓN DEL GRADO DE LA MEZCLA	6 ENERO DEL 2014
		PÁG. 3 DE 19

1 INTRODUCCIÓN

Esta Tesis está orientada a la mezcla de combustibles Fuel-Oil y Diesel, y busca alcanzar una mezcla en la proporción seleccionada y que sea homogénea.

Durante el proceso de mezclado es importante conocer si la mezcla resultante es homogénea en todas sus partes, es decir evitar que ciertos sectores tengan un porcentaje de los componentes y en otro lugar se tenga otra composición, para ello la industria ha desarrollado el concepto del **GRADO DE LA MEZCLA** que está relacionado con el grado de homogeneidad, y se mide utilizando la Desviación Estándar de la media de un número de muestras suficientemente elevado de toda su masa (Grado.Mezclado, 2002).

2 OBJETIVO

Determinar las actividades necesarias para la toma de un número suficiente de muestras, que represente la condición de la mezcla en el tanque o recipiente, y que los análisis realizados en cada una de las muestras permitan determinar el grado de la mezcla conseguida al momento de la toma de estas.

3 ALCANCE

Cubre la toma de muestras, los análisis y los cálculos para determinar el grado de mezcla de los combustibles Fuel-oil y Diesel, buscando un combustible acorde a las necesidades de la Central de Generación Eléctrica de Sacha, la cual se desea alcanzar en la proporción seleccionada previamente.

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR	TESIS MARCO ZAMBRANO BURNEO	
PROCEDIMIENTO 1	DETERMINACIÓN DEL GRADO DE LA MEZCLA	6 ENERO DEL 2014
		PÁG. 4 DE 19

4 DEFINICIONES

Mezcla

Operación unitaria cuyo objetivo es tratar a dos o más componentes de forma que cada unidad (partícula, molécula, ...) de estos, contacte lo más posible con las de los demás.

Grado de mezcla:

El grado de mezcla alcanzado en el proceso o el grado de homogeneidad se mide utilizando la Desviación estándar de la media de un número de muestras suficientemente elevado.

Fuel Oil

Es una fracción obtenida de la destilación del petróleo, y se presenta al fondo de la primera fase de la destilación atmosférica por ser el producto más pesado y más viscoso. Este combustible normalmente es utilizado para ser quemado en hornos o calderas, para la generación de calor o usado en motores de gran tamaño para la generación de energía. Está compuesta de cadenas largas de hidrocarburos, particularmente alcanos, cicloalcanos y compuestos aromáticos.

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR	TESIS MARCO ZAMBRANO BURNEO	
PROCEDIMIENTO 1	DETERMINACIÓN DEL GRADO DE LA MEZCLA	6 ENERO DEL 2014
		PÁG. 5 DE 19

Diesel

Es un combustible constituido por fracciones intermedias del petróleo, y es el combustible utilizado para uso industrial y para motores de combustión interna de auto ignición.

Muestra

En estadística una muestra es un subconjunto de casos o individuos de una población específica. Las muestras se obtienen con la intención de inferir propiedades de la totalidad de la población, para lo cual deben ser representativas de la misma. Para cumplir esta característica la inclusión de sujetos en la muestra debe seguir una técnica de muestreo. Por otra parte, en ocasiones, el muestreo puede ser más exacto que el estudio de toda la población porque el manejo de un menor número de datos provoca también menos errores en su manipulación. En cualquier caso, el conjunto de individuos de la muestra son los sujetos realmente estudiados.

El número de sujetos que componen la muestra suele ser inferior que el de la población, pero suficiente para que la estimación de los parámetros determinados tenga un nivel de confianza adecuado.

Desviación estándar de la media

La desviación estándar es una medida del grado de dispersión de los datos con respecto al valor promedio. Dicho de otra manera, la desviación estándar es simplemente el "promedio" o variación esperada con respecto a la media aritmética.

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR	TESIS MARCO ZAMBRANO BURNEO	
PROCEDIMIENTO 1	DETERMINACIÓN DEL GRADO DE LA MEZCLA	6 ENERO DEL 2014
		PÁG. 6 DE 19

Por ejemplo, las tres muestras (0, 0, 14, 14), (0, 6, 8, 14) y (6, 6, 8, 8) cada una tiene una media de 7. Sus desviaciones estándar muestrales son 8.08, 5.77 y 1.15 respectivamente. La tercera muestra tiene una desviación mucho menor que las otras dos porque sus valores están más cerca de 7.

La desviación estándar puede ser interpretada como una medida de incertidumbre. La desviación estándar de un grupo repetido de medidas nos da la precisión de éstas.

5 METODOLOGÍA APLICADA

Con la finalidad de establecer el o los puntos de control de la calidad de mezcla es importante conocer cuál es el flujo de los combustibles a mezclar, para lo cual se toma la información del Sistema de combustible de la Planta de Sacha, tanto de los PFD y P&ID del anexo 3.1, formando un consolidado que se representa en la siguiente Figura:

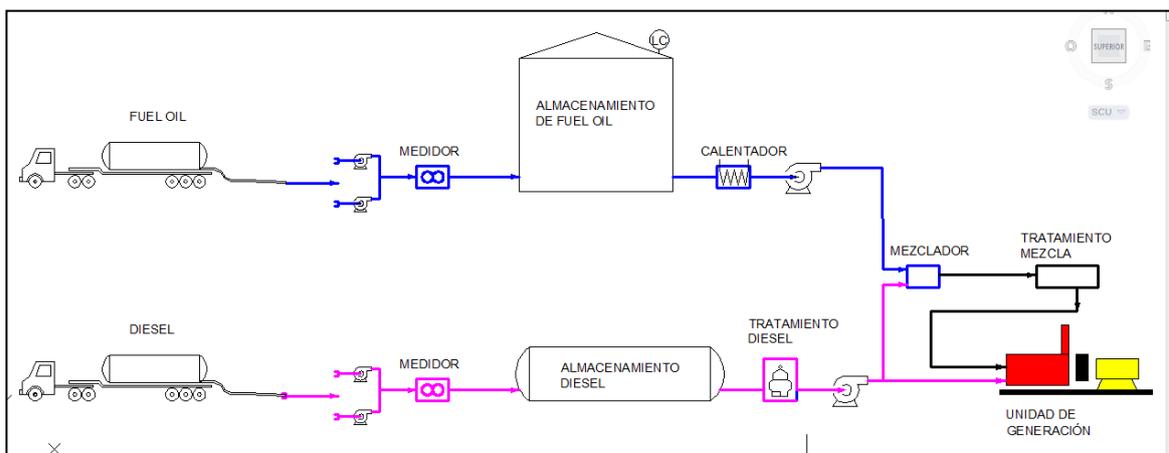


Figura No. P1 - 1: Diagrama de Flujo del Combustible de la Planta de Sacha
Fuente: (CELEC&Sacha, 2010)

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR	TESIS MARCO ZAMBRANO BURNEO	
PROCEDIMIENTO 1	DETERMINACIÓN DEL GRADO DE LA MEZCLA	6 ENERO DEL 2014
		PÁG. 7 DE 19

En la Figura No P1-1 se puede observar que se dispone de dos trenes de recepción y almacenamiento tanto para Fuel-Oil como para el Diesel, los cuales mediante un sistema de bombeo son evacuados hacia un punto de mezclado, luego se dirigen a un sistema de “TRATAMIENTO DE MEZCLA”, en el cual se dispone de varios tanques que almacenan temporalmente el combustible producto de la mezcla realizada.

Por lo tanto, considerando que el éxito de una operación de mezclado está en el control de los resultados obtenidos, el mejor punto de control del resultado de la mezcla será en los tanques del Sistema de Tratamiento, y es donde se realizaría el control indicado.

5.1 Toma de muestras

La metodología de toma de muestras es factible cuando las instalaciones disponen de por lo menos dos tanques para la operación, ya que para una operación continua el tanque que se asigne para analizar el producto contenido deberá estar en reposo. Es decir no podrá estar recibiendo ni despachando y en estas condiciones se tomarán una serie de muestras de acuerdo a este procedimiento.

Con la finalidad de que las muestras del combustible contenido en el interior del tanque sean representativas, se deben tomar en el centro del tanque a media altura, y otras cuatro muestras al norte, sur, este y oeste a un pie de la pared del tanque, en igual forma a media altura (se considera que el centro de la altura del tanque será más representativo de la condición del producto contenido en el tanque).

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR	TESIS MARCO ZAMBRANO BURNEO	
PROCEDIMIENTO 1	DETERMINACIÓN DEL GRADO DE LA MEZCLA	6 ENERO DEL 2014
		PÁG. 8 DE 19

Para que la toma de estas muestras sea fidedigna se utilizará el “Toma muestras” o “ladrón”, accesorio usado para sacar muestras de los tanques de petróleo, que en este caso se utilizaran para tomar un pequeño volumen del combustible almacenado de un lugar específico, y así con la toma de varios puntos evaluar sus propiedades más representativas de cada muestra tomada, las cuales pueden sustentar la condición del combustible almacenado (ASTM.D.1298, 1999).

El “Toma muestras” está hecho en acero inoxidable y está diseñado para tomar muestras de líquidos de cualquier sección o nivel (zona) de distintos tipos de tanques de almacenamiento. El muestreador se baja a través del líquido con la ayuda de un cable delgado, la cubierta superior y la válvula de fondo abierto, permitiendo que el líquido pase a través de éste.



Figura No. P1 - 2 Toma Muestras

Fuente: <http://lenssing.com/novedades/catalogos/FichaLadrones.pdf>

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR	TESIS MARCO ZAMBRANO BURNEO	
PROCEDIMIENTO 1	DETERMINACIÓN DEL GRADO DE LA MEZCLA	6 ENERO DEL 2014
		PÁG. 9 DE 19

Cuando él “Toma muestra” se encuentra en la zona designada, la cubierta superior y la válvula de fondo se cierran y la toma de la muestra del contenido del tanque es garantizada, y puede extraerse al exterior utilizando el cable utilizado para su descenso.

Cada muestra obtenida debe ser marcada indicando la fecha, tanque, sitio del tanque en que fue tomada.

5.2 Análisis de muestras

La mezcla obtenida tendrá cualidades que dependerán de la proporción de la mezcla, es decir de la cantidad o del porcentaje de diesel que exista en la mezcla formada de Fuel Oil + Diesel, ya que cada uno de los elementos base tienen sus características completamente definidos. Por lo tanto dependiendo de este parámetro, las condiciones de la mezcla serán conocidas.

El parámetro más fácil y rápido de medir la proporción de los componentes en la mezcla, es la densidad, para lo cual existen muchos equipos y dentro de ellos los hidrómetros API, que está representado en la Figura No. P1-3.

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR	TESIS MARCO ZAMBRANO BURNEO	
PROCEDIMIENTO 1	DETERMINACIÓN DEL GRADO DE LA MEZCLA	6 ENERO DEL 2014
		PÁG. 10 DE 19



Figura No. P1 - 3 Hidrómetros API para petróleos

Fuente: <http://lenesing.com/catalogos/linea%20petrolera/TERMOHIDROMETROS.pdf>

Estos Hidrómetros se usan para determinar la gravedad API de petróleo crudo y sus derivados, de acuerdo al Standard API MPMS capítulo 9.3, ASTM D y E100, y son elaborados de conformidad con las especificaciones de la API y calibrados con el API escala módulo 141,5 a 60 °F. Los densímetros son construidos con un lastre de aleación sólida y diseñado para permitir la penetración rápida sin la creación de burbujas de aire, la escala es sellada en su lugar por una correa de cristal rojo fundido a la madre y a la parte superior de la escala de gravedad, incluso con la línea del último número.

Con la finalidad de demostrar que conociendo la densidad de cada componente y la densidad de la mezcla es factible determinar la composición de cada elemento en la mezcla, exponemos a continuación su cálculo asumiendo un volumen de mezcla de 1 cm³, (aunque esta metodología aplica para para cualquier volumen) y un 10% de diesel en la mezcla tendríamos:

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR	TESIS MARCO ZAMBRANO BURNEO	
PROCEDIMIENTO 1	DETERMINACIÓN DEL GRADO DE LA MEZCLA	6 ENERO DEL 2014
		PÁG. 11 DE 19

Tabla No. P1 - 1 Volumen, Densidad Mezcla

COMBUSTIBLE	UNIDAD	DIESEL	FUEL OIL	MEZCLA
API	° API	36.73	15.20	
Densidad	g/cm ³	0.8411	0.9646	
% volumen mezcla	%	10%	90%	
Volumen	cm ³	0.10	0.90	
Masa (V*d)	gramos	0.0841	0.8681	
Masa Mezcla	gramos			0.9522
Volumen Mezcla	cm ³			1.00
Densidad Mezcla	gr/cm ³			0.9522
API Mezcla	API			17.10

Fuente (Zambrano.M.A., 2013)

Realizando el mismo cálculo para varios porcentajes de mezcla, se tiene un resultado representado en la Tabla No. P1-2 que está a continuación:

Tabla No. P1 - 2 Volumen, Densidad Mezcla

TIPOS DE MEZCLA		
% Diesel	% Fuel Oil	API
0%	100.00%	15.20
10%	90.00%	17.10
20%	80.00%	19.05
30%	70.00%	21.06
40%	60.00%	23.12
50%	50.00%	25.23
60%	40.00%	27.40
70%	30.00%	29.64
80%	20.00%	31.93
90%	10.00%	34.30
100%	0%	36.73

Fuente (Zambrano.M.A., 2013)

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR	TESIS MARCO ZAMBRANO BURNEO	
PROCEDIMIENTO 1	DETERMINACIÓN DEL GRADO DE LA MEZCLA	6 ENERO DEL 2014
		PÁG. 12 DE 19

Con la información de la Tabla No. P1-2 y considerando las columnas del porcentaje de Diesel y el API correspondiente se elabora el gráfico representado en la Figura No P1-4 que está a continuación:

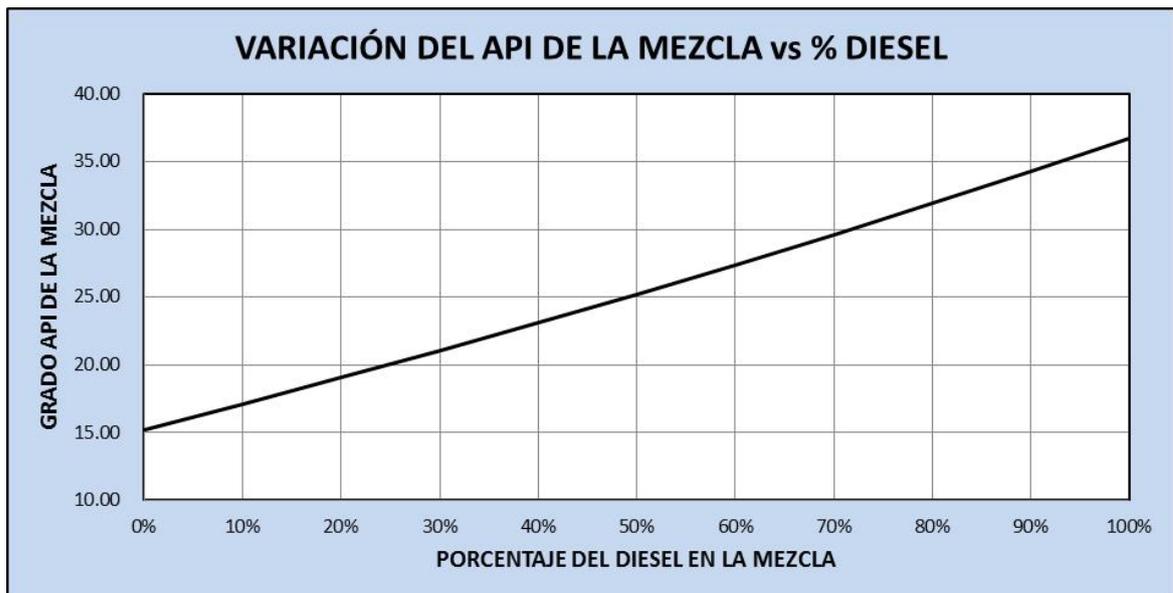


Figura No. P1 - 4 Grado API vs Porcentaje de Diesel
Fuente: (Zambrano.M.A., 2013)

Por lo expuesto, si obtenemos la densidad o el grado API de la mezcla podríamos decir que también tenemos el porcentaje del diesel en el volumen de la mezcla, es decir si realizamos la toma de muestras y medimos la densidad de cada una de ellas podríamos tener el porcentaje de diesel en cada una de ellas.

Si se desea transformar el grado API a valores equivalentes de densidad se debe aplicar la siguiente fórmula:

$$Densidad = \frac{141.5}{131.5 + ^{\circ}API}$$

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR	TESIS MARCO ZAMBRANO BURNEO	
PROCEDIMIENTO 1	DETERMINACIÓN DEL GRADO DE LA MEZCLA	6 ENERO DEL 2014
		PÁG. 13 DE 19

En la Figura No. P1-4, se presenta la gráfica API vs Porcentaje de diesel, pero como requerimos conocer el porcentaje de diesel en la mezcla conociendo el grado API medido con el hidrómetro de la Figura No. P1-3, graficamos con la misma información el Porcentaje de Diesel vs el grado API, y aplicando las herramientas del Excel obtenemos la ecuación de la línea de tendencia, la misma que exponemos a continuación:

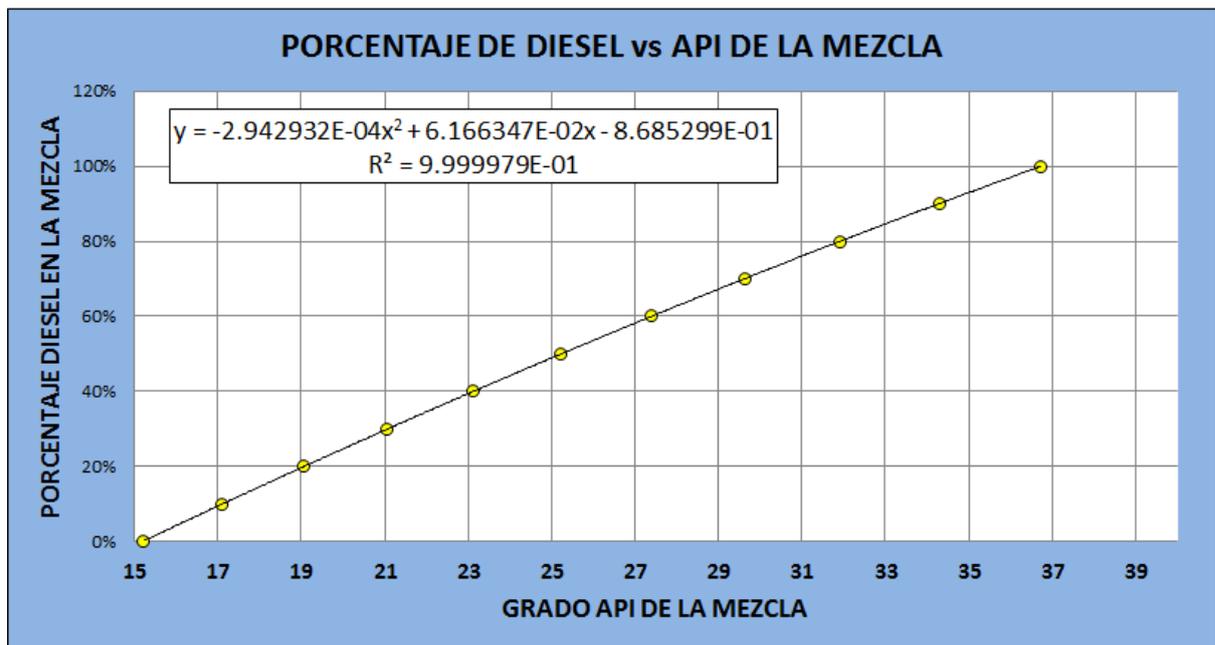


Figura No. P1 - 5 Grado API vs Porcentaje de Diesel
Fuente: (Zambrano.M.A., 2013)

En la gráfica de la Figura No. P1-5 se observa fácilmente que si la mezcla tiene 19 °API el porcentaje de diesel está cercano al 20 por ciento, si la mezcla tiene 29 °API el porcentaje de diesel en la mezcla esta alrededor de 67 por ciento, desde luego para tener cifras exactas aplicamos la fórmula de la línea de tendencia del gráfico, que la expresamos a continuación:

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR	TESIS MARCO ZAMBRANO BURNEO	
PROCEDIMIENTO 1	DETERMINACIÓN DEL GRADO DE LA MEZCLA	6 ENERO DEL 2014
		PÁG. 14 DE 19

$$y = -2.942932E - 04x^2 + 6.166347E - 02x - 8.685299E - 01$$

$$R^2 = 9.999979E - 01$$

La misma que tiene un factor de correlación “R” cercano a 1, es decir existe una alta precisión en la ecuación indicada (x= Api obtenido, y= porcentaje de mezcla que corresponde).

Aplicando lo indicado anteriormente y asumiendo que las muestras tomadas en diferentes puntos de uno de los tanques de almacenamiento tienen los siguientes valores de densidad API: 16.1, 15.8, 16.2, 16.0, 16.3, 16.1; valores a los que se aplica la formula obtenida de la Figura No. P1- 5 $y = f(x)$, cuyos resultados se presenta en la Figura No. P1- 7:

Tabla No. P1 - 3 Datos de muestreo

LUGAR DE MUESTREO	API	% Diesel
Centro tanque media altura	16.10	4.8%
Centro tanque fondo	15.80	3.2%
Norte tanque	16.20	5.3%
Sur tanque	16.00	4.3%
Este tanque	16.30	5.8%
Oeste tanque	16.10	4.8%

Fuente: (Zambrano.M.A., 2013)

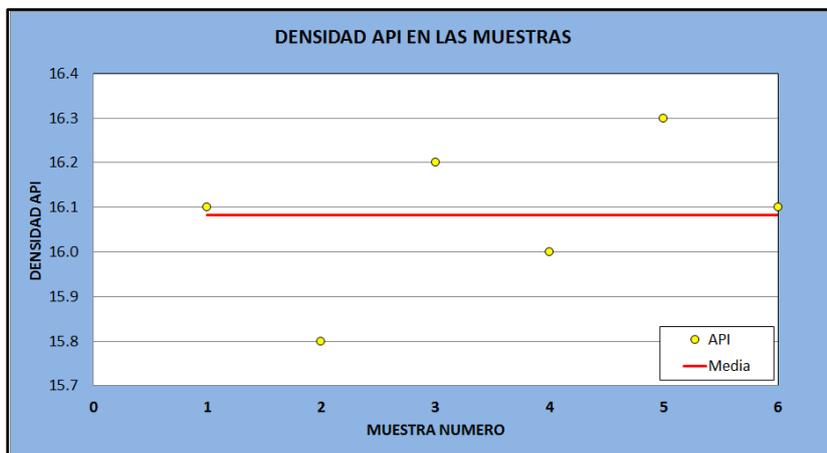


Figura No. P1 - 6- Gráfica del valor del API en las muestras

Fuente: (Zambrano.M.A., 2013)

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR	TESIS MARCO ZAMBRANO BURNEO	
PROCEDIMIENTO 1	DETERMINACIÓN DEL GRADO DE LA MEZCLA	6 ENERO DEL 2014
		PÁG. 15 DE 19

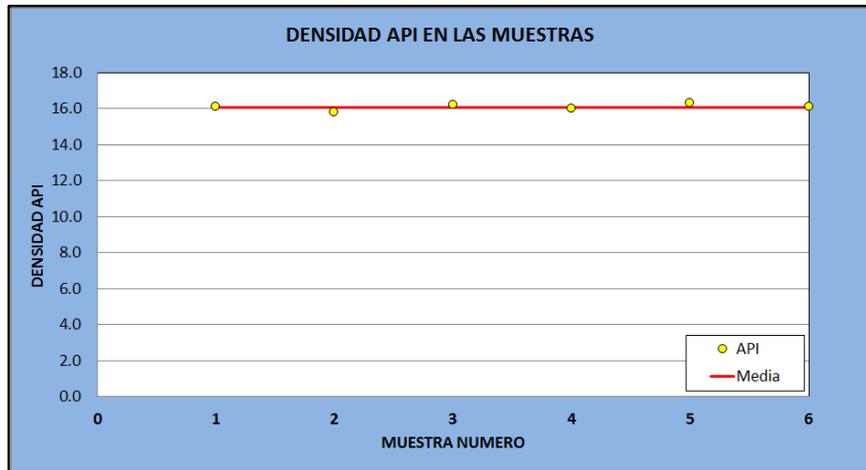


Figura No. P1 - 7 Gráfica del valor el API de las muestras (con escala desde cero)
Fuente: (Zambrano.M.A., 2013)

5.3 Cálculo del grado de mezcla (Wikipedia, 2013)

Como se había indicado el grado de mezcla alcanzado en el proceso o el grado de homogeneidad se mide utilizando la Desviación estándar de la media de un número de muestras (Grado.Mezclado, 2002).

Como se puede ver en la Figura No. P1- 6 la dispersión de las medidas tomadas en las muestras es muy significativa por la escala utilizada, pero cuando se coloca la verdadera dimensión de la media, como se presenta en la Figura No. P1- 7, las dispersiones no son significativas, por ello es que el grado de la mezcla está relacionado con la desviación estándar con la media.

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR	TESIS MARCO ZAMBRANO BURNEO	
PROCEDIMIENTO 1	DETERMINACIÓN DEL GRADO DE LA MEZCLA	6 ENERO DEL 2014
		PÁG. 16 DE 19

A continuación se calcula la desviación estándar de la media de los valores de la Tabla No. P1-3, para lo cual se sigue el siguiente procedimiento:

1. Calculo del promedio o media aritmética \bar{x} .

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

En este caso, N = 6 porque hay seis datos:

$$\begin{aligned} X_1 &= 16.1 \\ X_2 &= 15.8 \\ X_3 &= 16.2 \\ X_4 &= 16.0 \\ X_5 &= 16.3 \\ X_6 &= 16.1 \end{aligned}$$

i = número de datos para sacar desviación estándar

Sustituyendo N por 6

$$\bar{X} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 x_i$$

$$\bar{X} = \frac{1}{6} (16.1+15.8+16.2+16.0+16.3+16.1)$$

$$\bar{X} = 16.08 \text{ este es el promedio}$$

2. Calculo de la desviación estándar σ

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR	TESIS MARCO ZAMBRANO BURNEO	
PROCEDIMIENTO 1	DETERMINACIÓN DEL GRADO DE LA MEZCLA	6 ENERO DEL 2014
		PÁG. 17 DE 19

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{5} \sum_{i=1}^6 (x_i - \bar{x})^2}$$

Sustituyendo N - 1 por 5; (6 - 1)

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{5} \sum_{i=1}^6 (x_i - 16.08)^2}$$

Sustituyendo \bar{x} por 16,08

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{5} [(16.1 - 16.08)^2 + (15.8 - 16.08)^2 + (16.2 - 16.08)^2 + (16.0 - 16.08)^2 + (16.3 - 16.08)^2 + (16.1 - 16.08)^2]}$$

$\sigma = 0.17$ valor de la desviación estándar o Varianza

Con la finalidad de conocer el grado de dispersión es importante compararla con la media, es decir $0.17 / 16.0 = 0.011$ o 1.1 por ciento.

Mientras la desviación estándar relacionada con la media se mantenga en valores inferiores, nos indica que el grado de dispersión es bajo, y la práctica de su aplicación nos podrá indicar que valor debería ser el permitido para el caso de la mezcla de los combustibles en estudio (Grado.Mezclado, 2002).

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR	TESIS MARCO ZAMBRANO BURNEO	
PROCEDIMIENTO 1	DETERMINACIÓN DEL GRADO DE LA MEZCLA	6 ENERO DEL 2014
		PÁG. 18 DE 19

6 SEGURIDAD INDUSTRIAL

- Como se está trabajando con hidrocarburos, es importante que los materiales a usarse en la toma muestras sea de un material que no produzca chispas en caso de choque con las paredes del tanque, por lo cual muchas veces está construido de bronce.
- El operador que tome las muestras no debe estar solo, es necesario que vaya acompañado para recibir apoyo, según el procedimiento interno de seguridad de CELEC EP Termopichincha.
- El personal que intervenga en este procedimiento debe usar el Equipo de Protección Personal (EPP), según el reglamento interno de seguridad CELEC EP Termopichincha, norma que se puede considerar bajo el ART. 326 numeral 5 que determina: “Toda persona tendrá derecho a desarrollar sus labores en un ambiente adecuado y propicio, que garantice su salud, integridad, seguridad, higiene y bienestar”.



Figura No. P1 - 8 Equipo de Protección Personal

Fuente: <http://www.vargas-sa.com.mx>

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR	TESIS MARCO ZAMBRANO BURNEO	
PROCEDIMIENTO 1	DETERMINACIÓN DEL GRADO DE LA MEZCLA	6 ENERO DEL 2014
		PÁG. 19 DE 19

7 BIBLIOGRAFÍA

ASTM.D.1298. (1999). Normas ASTM. Obtenido de

<https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/003/astm.d1298.1999.pdf>

CELEC&Sacha. (2010). Sacha: CELEC Infromes técnicos de la Planta de Sacha.

CONSEJO DIRECTIVO DEL INSTITUTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD SOCIAL.

(s.f.). REGLAMENTO DEL SEGURO GENERAL DE RIESGOS DEL TRABAJO.

ECUADOR.

Grado.Mezclado. (2002). uv.es. Obtenido de <http://www.uv.es/~mbermejo/Mezcla.pdf>

Wikipedia. (2013). Desviación estandar muetreales. Obtenido de

http://es.wikipedia.org/wiki/Desviaci%C3%B3n_est%C3%A1ndar

Zambrano.M.A. (Diciembre de 2013). Elaborado por el Autor e Tesis. Quito, Ecuador:

Zambrano Burneo Marco Alfonso.

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR	TESIS MARCO ZAMBRANO BURNEO	
PROCEDIMIENTO 2	MEZCLA BUSCADA	6 ENERO 2014
		PÁG. 1 DE 25

PROCEDIMIENTO 2

MEZCLA BUSCADA

REV 1	6 ENERO 13		M.Z.B.			
REV C	1 AGOSTO 2013		M.Z.B.			
REV B	26-JULIO-2013		M.Z.B			
REV A	Julio 2013		M.Z.B.			
Rev. No.	Fecha	Descripción	Elaborado	Revisado	Aprobado	Autorizado
CONTROL DE CAMBIOS DEL DOCUMENTO						

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR	TESIS MARCO ZAMBRANO BURNEO	
PROCEDIMIENTO 2	MEZCLA BUSCADA	6 ENERO 2014
		PÁG. 2 DE 25

TABLA DE CONTENIDO

SECCION	PAG.
1 INTRODUCCIÓN.....	3
2 OBJETIVO.....	3
3 ALCANCE.....	4
4 DEFINICIONES.....	4
5 PROCEDIMIENTO.....	7
5.1 Características de los combustibles base.....	7
5.2 Análisis General.....	9
5.2.1 Análisis del costo de combustible:.....	10
5.2.2 Análisis del Poder calorífico:.....	11
5.2.3 Limitaciones Operativas del combustible:.....	11
5.3 Alternativas de solución.....	12
5.3.1 Buscar una mezcla a una temperatura media baja (50° C)......	12
5.3.2 Buscar una mezcla con una temperatura alta menor a 155 °C.....	14
6 CONCLUSIÓN:.....	24
7 SEGURIDAD INDUSTRIAL.....	24
8 ANEXOS.....	24
9 BIBLIOGRAFIA.....	25

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR	TESIS MARCO ZAMBRANO BURNEO	
PROCEDIMIENTO 2	MEZCLA BUSCADA	6 ENERO 2014
		PÁG. 3 DE 25

1 INTRODUCCIÓN

Esta Tesis está orientada a determinar la metodología para obtener una mezcla ideal de los combustibles Fuel-Oil y Diesel, buscando alcanzar un producto mezcla que cumpla las especificaciones del combustible exigida por el fabricante de los equipos Hyundai 9H21/32 usados en el Centro de Generación de CELEC en Sacha (Hyundai, 2000).

El motor puede funcionar con combustible pesado (HFO) de viscosidad hasta 700cst a 50 ° C, lo que corresponde a los grados de CIMAC H700 (CIMAC Recomendación N ° 21, 2003). También puede ser operado con los combustibles de baja viscosidad así como el aceite combustible diésel. (MDO) (Hyundai, 2000).

El combustible debe ser filtrado y precalentado antes de entrar en el motor, buscando que la viscosidad del combustible al momento del ingreso este dentro del valor de 12 - 18 cSt (Hyundai, 2000).

Sin embargo, la viscosidad varía dependiendo de las propiedades y la temperatura de HFO que está limitada a 155 ° C para evitar vapores en la tubería de trasportación del combustible según la recomendación del proveedor del equipo (Hyundai, 2000).

2 OBJETIVO

Determinar las actividades necesarias para encontrar un procedimiento que permita en forma teórica alcanzar una mezcla ideal cuyo producto posea las características principales

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR	TESIS MARCO ZAMBRANO BURNEO	
PROCEDIMIENTO 2	MEZCLA BUSCADA	6 ENERO 2014
		PÁG. 4 DE 25

similares al combustible para el que se diseñó los motores Hyundai 9H21/32 usados en la planta de Sacha

3 ALCANCE

Cubre la toma de información de las propiedades del combustible requerido por el motor Hyundai 9H21/32, así como de los combustibles Fuel-Oil y Diesel producidos en la Refinería de Shushufindi. Además toma información sobre la variación de la viscosidad de los productos indicados en función de la temperatura.

Con la información indicada se realiza cálculos de mezclado, buscando que el combustible obtenido alcance las características buscadas.

4 DEFINICIONES

Mezcla

Operación cuyo objetivo es tratar a dos o más componentes de forma que cada unidad (partícula, molécula,...) de uno de los componentes contacte lo más posible con las de los demás.

Fuel Oil

Es una fracción obtenida de la destilación del petróleo, y se presenta al fondo la primera fase de la destilación atmosférica por ser el más pesado y más viscoso. Este combustible normalmente es utilizado para ser quemado en un horno o caldera, para la

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR	TESIS MARCO ZAMBRANO BURNEO	
PROCEDIMIENTO 2	MEZCLA BUSCADA	6 ENERO 2014
		PÁG. 5 DE 25

generación de calor o usado en motores de gran tamaño para la generación de energía. Está compuesta de cadenas largas de hidrocarburos, particularmente alcanos, cicloalcanos y compuestos aromáticos.

Diesel 2

Es el combustible utilizado en los motores diesel, el cual es obtenido como resultado de la destilación fraccionada del petróleo y se presenta cerca de la mitad de la torre de destilación atmosférica por ser el más pesado de los productos livianos (gas, gasolinas, kerosene) y es el más viscoso, comúnmente tiene un bajo porcentaje de azufre en su contenido.

Viscosidad

La viscosidad es la oposición de un fluido a las deformaciones tangenciales. La viscosidad sólo se manifiesta en líquidos en movimiento, en este caso la viscosidad del combustible al ingreso del motor se debe mantener dentro del valor de 12 - 18 cSt, lo que podría lograrse por calentamiento apropiado y recomendado por el proveedor del combustible.

Densidad

Absoluta:

Es la magnitud que expresa la relación entre la masa y el volumen de una sustancia. Su unidad en el Sistema Internacional es kilogramo por metro cúbico (kg/m³), aunque frecuentemente también es expresada en g/cm³.

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR	TESIS MARCO ZAMBRANO BURNEO	
PROCEDIMIENTO 2	MEZCLA BUSCADA	6 ENERO 2014
		PÁG. 6 DE 25

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Siendo ρ la densidad; m la masa; y V el volumen de la sustancia.

Relativa:

Es la relación existente entre su densidad y la de otra sustancia de referencia; en consecuencia, es una magnitud adimensional (sin unidades).

$$\rho_r = \frac{\rho}{\rho_o}$$

Donde ρ_r es la densidad relativa, ρ es la densidad de la sustancia, y ρ_o es la densidad de referencia o absoluta.

Para los líquidos y los sólidos, la densidad de referencia habitual es la del agua líquida a la presión de 1 atm y la temperatura de 4 °C.

El azufre

El azufre está presente en escasa cantidad en el petróleo en su estado natural, y sus productos de destilación también contienen este producto, siendo más pronunciados en los más pesados. En los gases de combustión de los motores se presenta el dióxido de azufre (SO₂), el cual es responsable en buena medida de las “lluvias ácidas” y de la contaminación del aire que afectan a las zonas urbanas e industriales. El alto contenido de azufre en el combustible también aumenta el riesgo de corrosión a baja temperatura en la cámara de combustión y contribuye a la formación de depósito de alta temperatura.

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR	TESIS MARCO ZAMBRANO BURNEO	
PROCEDIMIENTO 2	MEZCLA BUSCADA	6 ENERO 2014
		PÁG. 7 DE 25

Ceniza

El contenido de cenizas proviene del petróleo y también de la contaminación durante el tratamiento del combustible. Los ingredientes sólidos se pueden eliminar en su mayoría mediante la centrifugación del combustible. Sin embargo, hay compuestos solubles tales como el vanadio y sodio, que se pueden transformar en forma de ceniza después de la combustión.

5 PROCEDIMIENTO

La metodología que se usará en este procedimiento partirá del conocimiento de las propiedades de los diferentes combustibles elaborados en las Refinería de Shushufindi, y en base a las restricciones del combustible exigido por el fabricante de los motores de la estación de Sacha, se realizarán análisis económicos y técnicos, con la finalidad de encontrar las características de la mezcla que cumpla con los requerimientos del combustible buscado.

5.1 Características de los combustibles base

Como se observará durante este desarrollo la principal característica del combustible buscado es la viscosidad, característica que le permite trabajar sin problemas en el sistema de bombeo y en el sistema de inyección del motor, produciendo la pulverización en el interior del cilindro.

A continuación se presenta las características principales del combustible Fuel Oil producido en la Refinería de Shushufindi:

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR	TESIS MARCO ZAMBRANO BURNEO	
PROCEDIMIENTO 2	MEZCLA BUSCADA	6 ENERO 2014
		PÁG. 8 DE 25

Tabla No. P2- 1 CRUDO REDUCIDO (FUEL- OIL)

PARAMETROS	UNIDAD	METODO	RESULTADO
API 15.6 / 15.6 °C (60°F)		ASTM D-287	15,2
GRAVEDAD ESPECIFICA 15.6 / 15.6 °C		ASTM D-287	0,9646
VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL a 50°C	SSF	INEM-1981	512
VISCOSIDAD REDWOOD-1 a 37.78 °C	RW1	INEM-1981	11567
PUNTO DE INFLAMACION	°C	ASTM D-93	108,6
CENIZAS	% P	D-4422	1,4873
AZUFRE	% P	ASTM D-4294	1,7097
VISCOSIDAD CENTISTOKES a 50 °C	Cst	INEM-810	1033

Fuente: (PETROECUADOR, 2013)

Los datos de la Tabla No. P2-1 están respaldados por el certificado de calidad del Anexo 1, en este se definen las características del principal combustible base que debe entrar en la mezcla buscada, el cual es de mayor viscosidad y de bajo precio.

Ahora se presenta las características principales del diesel, que es el combustible de menor viscosidad y de mayor precio:

Tabla No. P2- 2 CARACTERISTICAS DEL DIESEL

PARÁMETRO	UNIDADES	NORMA ASTM-D	M-1
Densidad (15 °C)	g/ml	1298	0,8453
Gravedad API			35,75
Viscosidad (40°C)	cSt	445	4,1
Contenido de agua	% v/v	95	< 0.05
Contenido de sedimentos	% p/p		< 0.05
Punto Inflamación	°C	92	65
Carbono Residual	%	524	0,97
Poder Calorífico	Kcal/Kg	4809	10528
Azufre	% p/p	6728	0,56

Fuente: (LABORATORIO.CELEC.EP, 2013)

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR	TESIS MARCO ZAMBRANO BURNEO	
PROCEDIMIENTO 2	MEZCLA BUSCADA	6 ENERO 2014
		PÁG. 9 DE 25

Los datos del cuadro P2 -2 están respaldados por el certificado de calidad del Anexo 2, y los requerimientos está definido por la Norma INEN 1489: 2011 Quinta revisión, cuya Tabla No.P2-3 indica:

Tabla No. P2- 3 REQUISITOS DEL DIESEL - NORMA INEM 1489

REQUISITOS	UNIDAD	MÍNIMO	MÁXIMO	METODO DE ENSAYO
Punto de inflamación	°C	51	-	NTE INEN 1493 Procedimiento A
Contenido de agua y sedimento	%	-	0.05	NTE INEN 1494
Contenido de residuo carbonoso sobre el 10% del residuo de destilación	%	-	0.15	NTE INEN 1491
Contenido de cenizas	%	-	0.01	NTE INEN 1492
Temperatura de destilación del 90%	°C	-	360	NTE INEN 926
Viscosidad cinemática a 37,8 °C	cSt	2.5	6	NTE INEN 810
Contenido de azufre	%	-	0.05	ASTM 4294 NTE INEN 1490

Fuente: (NORMA.INEN.1489, 2011)

5.2 Análisis General

Para realizar un análisis del uso de combustible, es importante comparar los principales parámetros de los combustibles usados como base para el análisis, los cuales se anota en el siguiente tabla:

Tabla No. P2- 4 ANALISIS DE PARAMETROS DE LOS COMBUSTIBLES

CARACTERISTICAS	unidad	diesel 2	Fuel Oil	Objetivo
Temperatura	° C	50.00	50.00	< 155 ° C
Grado API		35.75	15.20	no critico
Gravedad especifica	Kg/dm3	0.8460	0.9646	< 0,991
Viscosidad Cinemática	cst	3.19	1,033	12 a 18
Poder Calorifico	Kcal/Kg	10,528	10,389	no critico
Precio el galón	\$/gal	0.900704	0.537600	Minimizar

Fuente: (Zambrano.M.A., 2013), respaldados por las Tablas P2-1, P2-2 y por (Hyundai, 2000)

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR	TESIS MARCO ZAMBRANO BURNEO	
PROCEDIMIENTO 2	MEZCLA BUSCADA	6 ENERO 2014
		PÁG. 10 DE 25

Premisas de cálculo:

Las propiedades de la mezcla en lo que se refiere a los parámetros de: viscosidad, poder calorífico, densidad, se calcula considerando el valor del promedio ponderado de las propiedades de los combustibles base de mezcla.

5.2.1 Análisis del costo de combustible:

Considerando que el consumo de combustible en la Central de Sacha esta por los 16,000 galones por día, es decir 5'840.000 galones por año, el valor del combustible es un parámetro importante de trabajo, el cual se analiza a continuación:

Tabla No. P2- 5 COSTO DEL COMBUSTIBLE

COSTO DE COMBUSTIBLE ANUAL			
	Gal/año	\$/Galón	\$/anual
Usando 100% diesel	5,840,000	0.900704	5,260,111
Usando 100% Fuel Oil	5,840,000	0.537600	3,139,584
		diferencia anual	2,120,527

Fuente: Demanda Planta de CELEC en Sacha, Precios: EP Petroecuador, establecidos en base a Art. Del 11 al 16 del Decreto Ejecutivo No. 338 del 25 de julio del 2005, publicado en el Registro Oficial No. 73 de 02 de agosto de 2005.

En el cuadro anterior se puede ver que optar por usar Fuel Oil se puede ahorrar más de 2.1 millones de dólares por año de operación, es decir, *la primera conclusión es buscar una mezcla que minimice el porcentaje de diesel*, criterio que será tomado para los análisis.

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR	TESIS MARCO ZAMBRANO BURNEO	
PROCEDIMIENTO 2	MEZCLA BUSCADA	6 ENERO 2014
		PÁG. 11 DE 25

5.2.2 Análisis del Poder calorífico:

La diferencia del poder calorífico del diesel y del Fuel Oil no es muy grande, es decir que el de Fuel Oil está por el 98.7 por ciento en comparación con el del diesel, por lo que, si bien el poder calorífico es importante para el rendimiento del motor, pero consideramos que la diferencia no es representativa para la toma de decisiones.

Tabla No. P2- 6 Importancia del poder calorífico

RELACIÓN DEL PODER CALORIFICO		
Diesel	10,528	Kcal/Kg
Fuel Oil	10,389	Kcal/Kg
Relación	98.7%	

Fuente: (Zambrano.M.A., 2013)
Respaldado en información de Tablas P2-1 y P2-2

5.2.3 Limitaciones Operativas del combustible:

Para determinar estas limitaciones se toma las referencias del fabricante del motor, (ver Anexo 3) los cuales señalan parámetros de viscosidad al ingreso al motor, una máximo densidad y una máxima temperatura para evitar problemas operativos en el motor:

- Viscosidad al ingreso al motor debe ser entre 12-18 cst
- Densidad menor a 991 Kg/m³ a 15 ° C (0.991 gr/cm³)
- Temperatura del combustible menor a 155 ° C

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR	TESIS MARCO ZAMBRANO BURNEO	
PROCEDIMIENTO 2	MEZCLA BUSCADA	6 ENERO 2014
		PÁG. 12 DE 25

5.3 Alternativas de solución

5.3.1 Buscar una mezcla a una temperatura media baja (50° C).

Para ello se realiza cálculos que cubren de manera general toda la gama de posibilidades a 50 grados centígrados (temperatura tomada por tener datos a esa temperatura).

La metodología de los cálculos para analizar los parámetros básicos de la mezcla partirá de los datos de los combustibles, luego de lo cual se asume un porcentaje de diesel en la mezcla y se calcula la densidad y la viscosidad como se indica en el siguiente cuadro:

EJEMPLO DE CÁLCULO

Aplicando la premisa de cálculo expuesta en la Pag 10, se encuentran los valores de viscosidad y densidad considerando el valor del promedio ponderado de las propiedades de los combustibles base de mezcla, lo cual se explica en la siguiente tabla:

Tabla No. P2- 7 Ejemplo de cálculo de viscosidad y densidad de una mezcla

a	0.8460	dato	densidad del diesel			
b	0.9646	dato	densidad del Fuel Oil			
c	3.19	dato	Viscosidad Diesel cst a 50 C			
d	1,033	dato	Viscosidad Fuel Oil csta 50 C			
e	10%	diesel	se asume el porcentaje de diesel en la mezcla			
f	90%	Fuel Oil	para calcular se resta del 100% total de la mezcla el % del diesel			
g	0.9527	mezcla	Densidad= a x e + b x f			
h	930.02	mezcla	Viscosidad = c x e + d x f			

Fuente: (Zambrano.M.A., 2013)

Aplicando la metodología descrita en la Tabla P2-7 para una gama que varía desde 0 al 100 por ciento de diesel en la mezcla, se tiene el siguiente resultado:

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR	TESIS MARCO ZAMBRANO BURNEO	
PROCEDIMIENTO 2	MEZCLA BUSCADA	6 ENERO 2014
		PÁG. 13 DE 25

Tabla No. P2- 8 Variación de la Densidad, Viscosidad y Precio vs Porcentaje de Diesel

Diesel %	Densidad gr/cm3	Viscosidad cSt (50°C)	Precio \$/Galon
0%	0.9646	1,033.00	0.5376
10%	0.9527	930.02	0.5739
20%	0.9409	827.04	0.6102
30%	0.9290	724.06	0.6465
40%	0.9171	621.07	0.6828
50%	0.9053	518.09	0.7192
60%	0.8934	415.11	0.7555
70%	0.8816	312.13	0.7918
80%	0.8697	209.15	0.8281
90%	0.8579	106.17	0.8644
100%	0.8460	3.19	0.9007

Fuente: (Zambrano.M.A., 2013)

Analizando el cuadro P2-8 se puede observar que la densidad es menor a 0.991 gr/cm³ para todos los casos, por lo tanto cumple cualquier mezcla con esa restricción. En cuanto a la viscosidad se puede deducir que la solución de tener entre 12 y 18 cst está en una mezcla que tenga entre el 90 y 100 por ciento de diesel. El precio de la mezcla más costosa esta cuando se tiene altos porcentajes de diesel en la mezcla.

Sin embargo, con la finalidad de conocer qué porcentaje de mezcla cumple a 50 °C la viscosidad entre 12 y 18 cst, se elabora una nueva tabla con porcentajes entre 90 y 100 por ciento de diesel, cuyos resultados se presenta a continuación:

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR	TESIS MARCO ZAMBRANO BURNEO	
PROCEDIMIENTO 2	MEZCLA BUSCADA	6 ENERO 2014
		PÁG. 14 DE 25

Tabla No. P2- 9 Densidad, Viscosidad y Precio vs altos % de Diesel

Diesel %	Densidad gr/cm ³	Viscosidad cSt (50°C)	Precio \$/Galon
90%	0.8579	106.17	0.8644
91%	0.8567	95.87	0.8680
92%	0.8555	85.57	0.8717
93%	0.8543	75.27	0.8753
94%	0.8531	64.97	0.8789
95%	0.8520	54.68	0.8825
96%	0.8508	44.38	0.8862
97%	0.8496	34.08	0.8898
98%	0.8484	23.78	0.8934
99%	0.8472	13.48	0.8971
100%	0.8460	3.19	0.9007

Fuente: (Zambrano.M.A., 2013)

En la Tabla P2-9 se observa que la viscosidad cumple solo para un porcentaje de 99 por ciento de diesel en la mezcla, es decir solo tiene 1 por ciento de Fuel-Oil y su precio es muy alto, casi tan alto como el propio diesel, **por lo tanto esta solución NO ES FACTIBLE** (ver punto 5.1.1.).

5.3.2 Buscar una mezcla con una temperatura alta menor a 155 °C

En el punto anterior 5.3.1. se demostró que no podemos tener mezclas a temperatura ambiente que cumplan las condiciones de viscosidad y precio, por lo tanto se buscará en este punto la opción de calentar la mezcla, con lo cual se aprovecha la alta variación de la viscosidad que tienen los líquidos al variar la temperatura, para lo cual se toma como referencia el diagrama típico de viscosidad respecto a la temperatura presentado por el Fabricante de los motores Hyundai en el Anexo 3, el cual presentamos a continuación:

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR	TESIS MARCO ZAMBRANO BURNEO	
PROCEDIMIENTO 2	MEZCLA BUSCADA	6 ENERO 2014
		PÁG. 15 DE 25

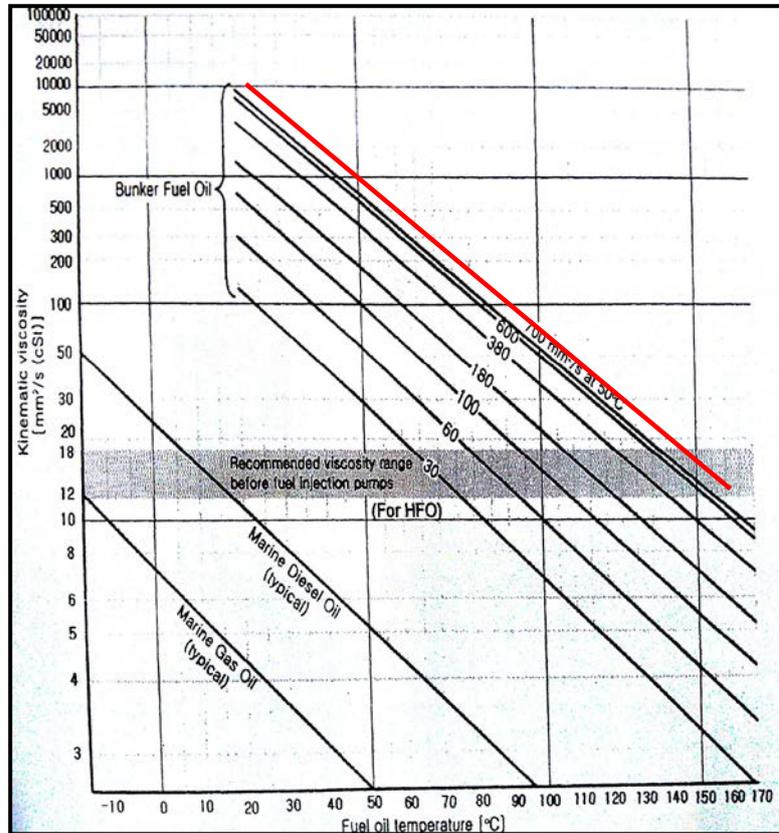


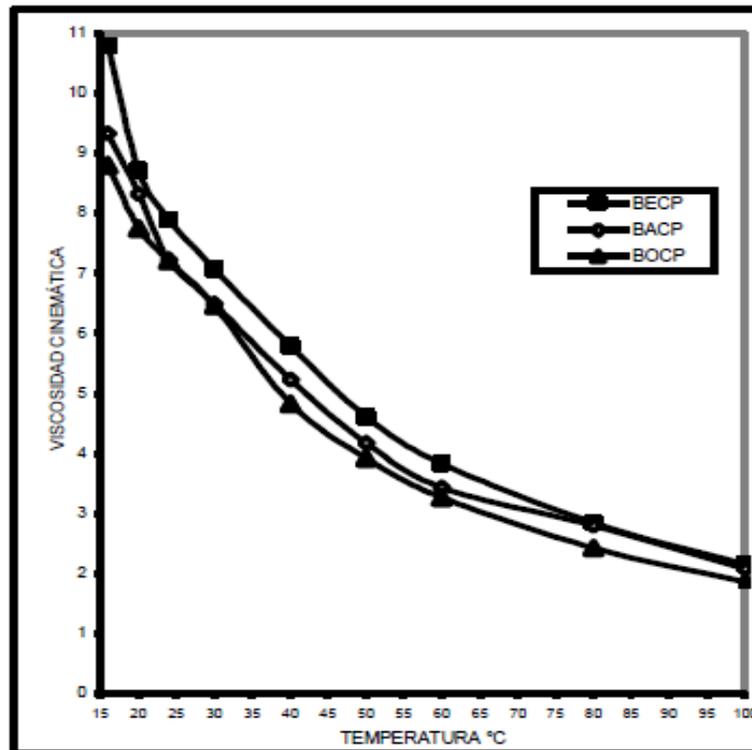
Figura No. P2- 1 Variación de la viscosidad de varios combustibles con la temperatura
Fuente: (Hyundai, 2000)- Anexo 3

En el gráfico se puede observar que la viscosidad está en una escala logarítmica y la de temperatura esta con una escala diferente.

Para utilizar esta información y tener una información del Fuel Oil, en este cuadro se traza una recta paralela a las de Bunker Fuel Oil (línea roja) buscando que atraviese por 1000 cst a 50 C, datos que servirán para tener un extremo del análisis de las mezclas.

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR	TESIS MARCO ZAMBRANO BURNEO	
PROCEDIMIENTO 2	MEZCLA BUSCADA	6 ENERO 2014
		PÁG. 16 DE 25

Con la finalidad de tener el otro extremo de nuestro análisis se toma la variación de la viscosidad del diesel, la cual esta expresada en la siguiente Figura:



Nota: BECP, BACP, BOCP representan varios tipos de Biodiesel

Figura No. P2- 2 Viscosidad Cinemática vs Temperatura de varios Biodiesel

Fuente: (Universidad.Nacional.Colombia, 2006)

Dando lectura a las Figuras P2-1 y P2-2 que se tienen la información de la variación de la viscosidad vs temperatura, tanto para Fuel-Oil como para Diesel (se toma la información promedio de los diferentes Biodiesel), y ajustadas con la información del Fuel Oil y Diesel que se dispone en los anexos 1 y 2, se elabora la siguiente Tabla:

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR	TESIS MARCO ZAMBRANO BURNEO	
PROCEDIMIENTO 2	MEZCLA BUSCADA	6 ENERO 2014
		PÁG. 17 DE 25

Tabla No. P2- 10 Variación de la viscosidad vs Temperatura

TEMP °C	Viscosidad Cst	
	FUEL-OIL	Diesel
24	14500	7.00
45	1570	4.50
50	1000	4.00
86	140	2.50
100	80	2.20
168	12	1.60

Fuente: (Zambrano.M.A., 2013)

Con la información expresada en la Tabla No. P2-10 se alimenta una hoja de Excel de la cual se obtiene el Gráfico que se presenta en la Figura No. P2-3, la cual nos da los límites y el área en la que se ubicará la viscosidad en función de la temperatura para toda la gama de mezclas posibles:

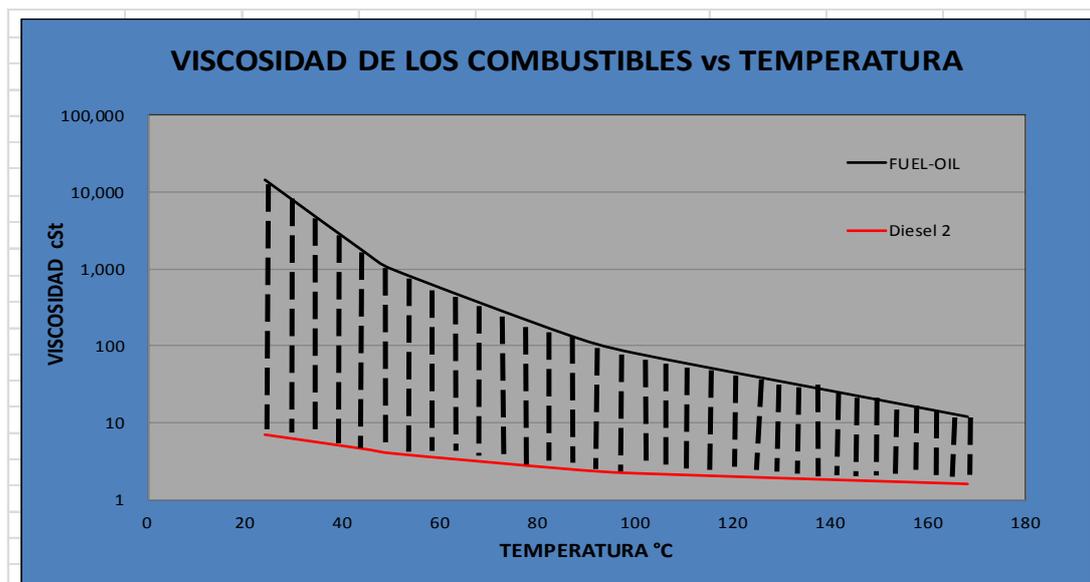


Figura No. P2- 3 Área en que se ubicara la viscosidad de las mezclas de Fuel Oil y Diesel
Fuente: (Zambrano.M.A., 2013)

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR	TESIS MARCO ZAMBRANO BURNEO	
PROCEDIMIENTO 2	MEZCLA BUSCADA	6 ENERO 2014
		PÁG. 18 DE 25

Es decir, cualquier mezcla que debe estar entre las líneas que representan el 100 por ciento de diesel y el 100 por ciento de Fuel-Oil, la cual debe estar representada dentro de las dos curvas, es decir si tenemos 0 por ciento de diesel, significa que se tiene 100 por ciento de Fuel-Oil y la curva correspondería a este último producto (línea superior). Si por el contrario tenemos 100 por ciento de diesel, significa que el porcentaje de Fuel-Oil es cero y la curva resultante representaría a la curva del diesel (Línea inferior). Por lo expuesto, cualquier mezcla debe estar dentro de estas curvas que son los límites de las posibilidades de la mezcla.

En la conformación del gráfico se incorpora las líneas de tendencia exponencial a la curva de cada combustible, resaltando que de acuerdo a las características de la curva, la opción exponencial es la que mayor aproximación, ya que presenta un valor de correlación “R²” muy próxima a “1”.

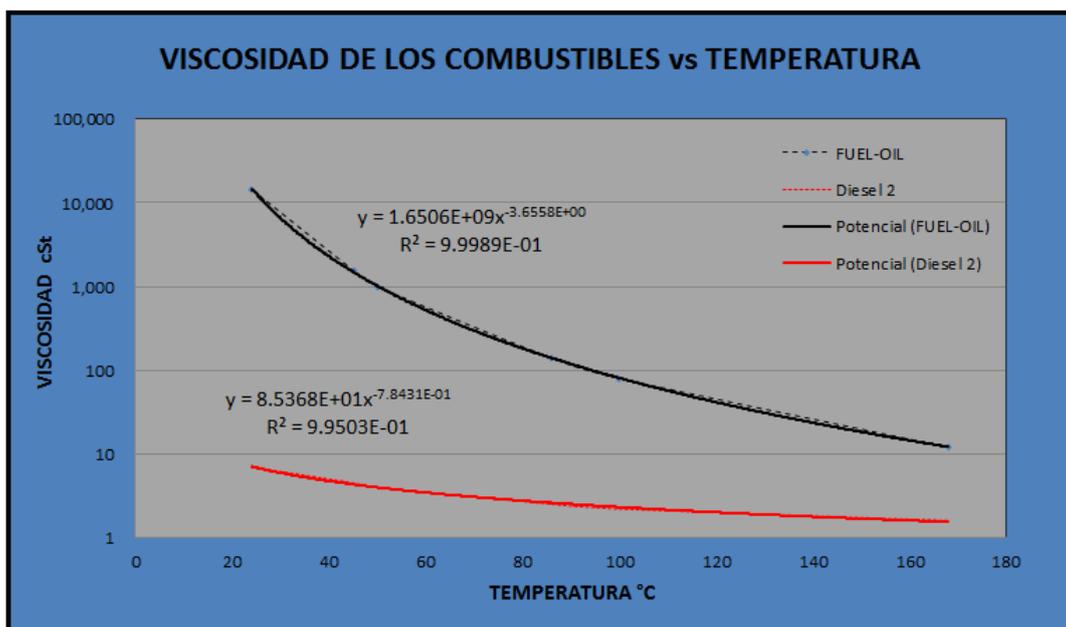


Figura No. P2- 4 Ecuaciones de los límites de viscosidad de las mezclas
Fuente: (Zambrano.M.A., 2013)

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR	TESIS MARCO ZAMBRANO BURNEO	
PROCEDIMIENTO 2	MEZCLA BUSCADA	6 ENERO 2014
		PÁG. 19 DE 25

Con las ecuaciones de las líneas de tendencia que disponemos en la Figura P2-4 se calcula la variación de la viscosidad de los combustibles Diesel y Fuel-Oil, cuyo resultado se presenta a continuación:

Tabla No. P2- 11 Variación de la Viscosidad en función de la Temperatura

CALCULO DE LA VISCOSIDAD		
	Viscosidad (cSt) Visc= a * T ^b	
T °C	Fuel Oil	Diesel
50	1,015	3.97
60	521	3.44
70	297	3.05
80	182	2.75
90	118	2.50
100	81	2.31
110	57	2.14
120	41	2.00
130	31	1.88
135	27	1.82
140	24	1.77
145	21	1.72
147.5	19	1.70
150	18	1.68
152.5	17	1.66
155	16	1.63
a	1.65E+09	8.54E+01
b	-3.66E+00	-7.84E-01

Fuente: (Zambrano.M.A., 2013)

Los valores de la Tabla No. P2-11 definen los límites de las mezclas, ahora se requiere calcular para una temperatura dada la viscosidad en función del porcentaje de diesel en la mezcla, para lo cual se aplica la premisa de cálculo expuesta en la Pag 10, es decir se

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR	TESIS MARCO ZAMBRANO BURNEO	
PROCEDIMIENTO 2	MEZCLA BUSCADA	6 ENERO 2014
		PÁG. 20 DE 25

encontrará el valor de viscosidad de la mezcla considerando el valor del promedio ponderado de las viscosidad del Diesel y del Fuel-Oil a esa temperatura.

Tabla No. P2- 12 Ejemplo de cálculo

Porcentaje de diesel en mezcla (dato)			40%
Temperatura asumida			50 °C
	Viscosidad Diesel	50 °C	3.97 cSt (*)
	Viscosidad Fuel Oil	50 °C	1,015 cSt (*)
Calculo	Aporte del diesel	$40\% \times 3.97 =$	1.59 cSt
	Aporte del Fuel Oil	$(1-40\%) \times 1015 =$	609.11 cSt
Total viscosidad aporte diesel+aporte F.O =			610.70 cSt
Temperatura asumida			100 °C
	Viscosidad Diesel	100 °C	2.31 cSt (*)
	Viscosidad Fuel Oil	100 °C	80.55 cSt (*)
Calculo	Aporte del diesel	$40\% \times 2.31 =$	0.92 cSt
	Aporte del Fuel Oil	$(1-40\%) \times 80,55 =$	48.33 cSt
Total viscosidad aporte diesel+aporte F.O =			49.25 cSt
Nota (*)=	Datos tomados de la Tabla No. P2-11		

Fuente: (Zambrano.M.A., 2013)

En la Tabla No. P2-12 la viscosidad del Fuel-Oil y el Diesel a diferentes temperaturas se toma de la Tabla No. P2-11, y con el porcentaje de mezcla asumida se calcula la viscosidad de la mezcla con la metodología indicada en la Tabla, la cual se aplica para dos ejemplos con 40 por ciento de diesel en la mezcla y para 50 °C y 100 °C.

Aplicando la metodología anterior se completa la Tabla No. P2-11 y se forma la Tabla No. P2-13, en la cual se asume un porcentaje de mezcla del 40 por ciento de diesel y 60 por ciento de Fuel-Oil, aplicada para una serie de temperaturas, cuya viscosidad esperada de la mezcla se presenta con fondo amarillo.

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR	TESIS MARCO ZAMBRANO BURNEO	
PROCEDIMIENTO 2	MEZCLA BUSCADA	6 ENERO 2014
		PÁG. 21 DE 25

Tabla No. P2- 13 Cálculo de la viscosidad de la mezcla

Porcentaje de diesel =		40%	
Viscosidad (cSt)			
T °C	Diesel	Bunquer	Fuel Oil
50	3,97	610,7	1.015
60	3,44	314,1	521
70	3,05	179,2	297
80	2,75	110,4	182
90	2,50	72,0	118
100	2,31	49,2	81
110	2,14	35,0	57
120	2,00	25,6	41
130	1,88	19,3	31
135	1,82	16,9	27
140	1,77	14,8	24
145	1,72	13,1	21
147,5	1,70	12,4	19
150	1,68	11,6	18
152,5	1,66	11,0	17
155	1,63	10,4	16

Fuente: (Zambrano.M.A., 2013)

Para realizar los cálculos de la Tabla No. P2-13 y en aplicación de la metodología acordada se utilizó la siguiente fórmula:

$$\gamma_m = \gamma_d * \%d + \gamma_{fo} * (1 - \%d)$$

En la que:

- γ_m = viscosidad de la mezcla a la temperatura establecida
- γ_d = viscosidad del diesel a la temperatura establecida
- γ_{fo} = viscosidad del Fuel-Oil a la temperatura establecida
- $\%d$ = porcentaje de diesel en la mezcla (en este caso se asumió 40 por ciento)

Los datos de la Tabla No. P2-13 se presenta en la siguiente gráfica donde se aprecia que la incidencia mayor es la viscosidad del Fuel-Oil por tener mayor porcentaje en la mezcla

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR	TESIS MARCO ZAMBRANO BURNEO	
PROCEDIMIENTO 2	MEZCLA BUSCADA	6 ENERO 2014
		PÁG. 22 DE 25

60 por ciento = (1-40 por ciento del diesel), y como se había indicado se encuentra entre los límites formado por los combustibles base.

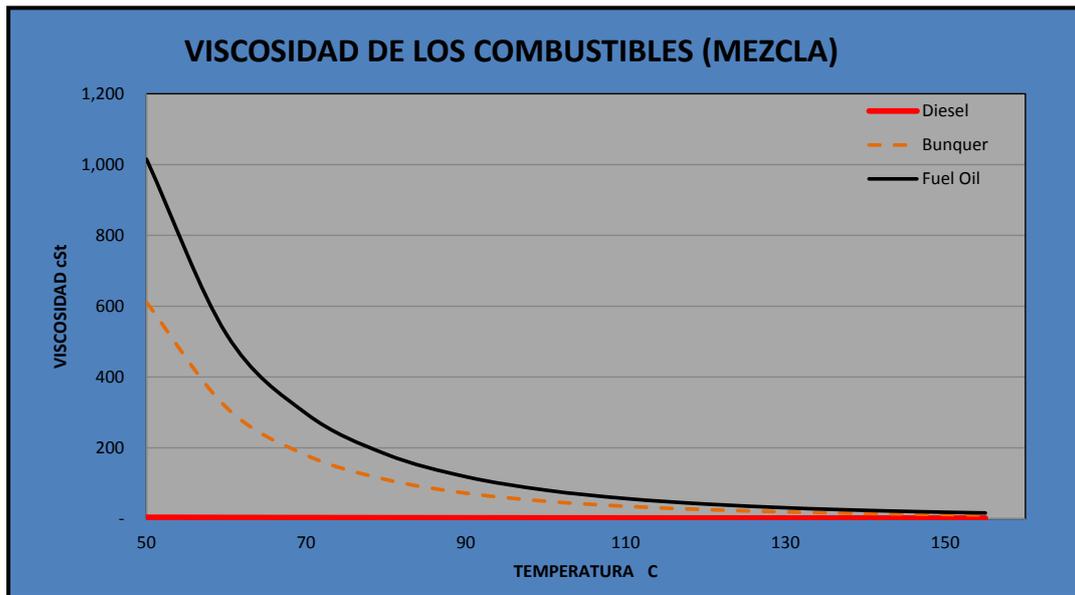


Figura No. P2- 5 Gráfica de la mezcla al 40 por ciento de diesel (Bunquer)
Fuente: (Zambrano.M.A., 2013)

Con la aplicación de la metodología de cálculo expresada en la Tabla P2-13, se calcula la variación de la viscosidad para temperaturas que van desde 50 °C hasta los 155 °C, para mezclas que cubren todos los rangos posibles, es decir desde 0 al 100 por ciento de diesel en la mezcla.

Los resultados alcanzados se presentan en la Tabla No. P2-14 que consolida la información y permite observar en que condición se alcanza viscosidades entre 12 y 18 cst, con temperaturas cercanas o menores a 155 °C que es el límite de temperatura aceptado por el fabricante de los motores.

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR	TESIS MARCO ZAMBRANO BURNEO	
PROCEDIMIENTO 2	MEZCLA BUSCADA	6 ENERO 2014
		PÁG. 23 DE 25

Estos resultados permiten analizar con que mezclas y con que temperaturas se alcanza las condiciones exigidas para el combustible, lo cual permite definir las mezclas más factibles de aplicar, es decir que no requieran instalaciones sofisticadas ni tecnologías complicadas.

Tabla No. P2- 14 Valores de viscosidad de varias mezclas a diferentes temperaturas

VALORES DE VISCOSIDAD EN cSt DE VARIAS MEZCLAS A DIFERENTES TEMPERATURAS																
MEZCLA % Diesel	TEMPERATURA °C															
	50	60	70	80	90	100	110	120	130	135	140	145	147,5	150	152,5	155
0%	1.015,2	521,3	296,7	182,1	118,4	80,5	56,8	41,4	30,9	26,9	23,5	20,7	19,5	18,3	17,2	16,2
5%	964,6	495,4	282,0	173,1	112,6	76,6	54,1	39,4	29,4	25,6	22,5	19,8	18,6	17,5	16,4	15,5
10%	914,1	469,5	267,3	164,2	106,8	72,7	51,4	37,4	28,0	24,4	21,4	18,8	17,7	16,6	15,7	14,8
15%	863,5	443,6	252,7	155,2	101,0	68,8	48,6	35,5	26,5	23,1	20,3	17,9	16,8	15,8	14,9	14,0
20%	812,9	417,7	238,0	146,2	95,2	64,9	45,9	33,5	25,1	21,9	19,2	16,9	15,9	15,0	14,1	13,3
25%	762,4	391,8	223,3	137,3	89,4	61,0	43,2	31,5	23,6	20,6	18,1	16,0	15,0	14,1	13,3	12,6
30%	711,8	365,9	208,6	128,3	83,6	57,1	40,4	29,6	22,2	19,4	17,0	15,0	14,1	13,3	12,6	11,8
35%	661,3	340,0	193,9	119,3	77,8	53,2	37,7	27,6	20,7	18,1	15,9	14,1	13,2	12,5	11,8	11,1
40%	610,7	314,1	179,2	110,4	72,0	49,2	35,0	25,6	19,3	16,9	14,8	13,1	12,4	11,6	11,0	10,4
45%	560,1	288,3	164,6	101,4	66,2	45,3	32,2	23,6	17,8	15,6	13,7	12,2	11,5	10,8	10,2	9,7
50%	509,6	262,4	149,9	92,4	60,4	41,4	29,5	21,7	16,4	14,4	12,7	11,2	10,6	10,0	9,4	8,9
55%	459,0	236,5	135,2	83,5	54,7	37,5	26,8	19,7	14,9	13,1	11,6	10,3	9,7	9,2	8,7	8,2
60%	408,5	210,6	120,5	74,5	48,9	33,6	24,0	17,7	13,5	11,8	10,5	9,3	8,8	8,3	7,9	7,5
65%	357,9	184,7	105,8	65,5	43,1	29,7	21,3	15,8	12,0	10,6	9,4	8,4	7,9	7,5	7,1	6,7
70%	307,3	158,8	91,1	56,6	37,3	25,8	18,6	13,8	10,6	9,3	8,3	7,4	7,0	6,7	6,3	6,0
75%	256,8	132,9	76,5	47,6	31,5	21,9	15,8	11,8	9,1	8,1	7,2	6,5	6,1	5,8	5,5	5,3
80%	206,2	107,0	61,8	38,6	25,7	18,0	13,1	9,9	7,7	6,8	6,1	5,5	5,2	5,0	4,8	4,6
85%	155,7	81,1	47,1	29,6	19,9	14,0	10,3	7,9	6,2	5,6	5,0	4,6	4,4	4,2	4,0	3,8
90%	105,1	55,2	32,4	20,7	14,1	10,1	7,6	5,9	4,8	4,3	3,9	3,6	3,5	3,3	3,2	3,1
95%	54,5	29,3	17,7	11,7	8,3	6,2	4,9	4,0	3,3	3,1	2,9	2,7	2,6	2,5	2,4	2,4
100%	4,0	3,4	3,0	2,7	2,5	2,3	2,1	2,0	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7	1,7	1,6

Fuente: (Zambrano.M.A., 2013)

En la Tabla No. P2-14 se observa que las mezclas menores a 5 por ciento de diesel requieren ser calentadas por lo menos a 150 °C para tener viscosidades dentro del rango buscado, es decir entre 12 y 18 cst.

También se puede apreciar que mientras más alto es el porcentaje de diesel en la mezcla, la temperatura requerida para tener las viscosidades requeridas es menor, así tenemos

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR	TESIS MARCO ZAMBRANO BURNEO	
PROCEDIMIENTO 2	MEZCLA BUSCADA	6 ENERO 2014
		PÁG. 24 DE 25

que para mezclas con 10 por ciento de diesel requiere calentar la mezcla hasta 147.5 °C, y así podemos ver las demás opciones.

Del cuadro se puede concluir que mientras mayor porcentaje de diesel entra en la mezcla requiere menor temperatura de calentamiento, pero como habíamos indicado mayor porcentaje de diesel hace subir el precio del combustible.

6 CONCLUSIÓN:

El tener una mezcla de Fuel Oil y Diesel que tenga entre el 5 al 10 por ciento de diesel, requiere ser calentada a temperaturas entre 147°C y 150°C, con lo cual tenemos una mezcla económica y dentro de los parámetros de densidad y viscosidad exigida por el fabricante de los motores.

7 SEGURIDAD INDUSTRIAL

No aplica por ser un estudio teórico

8 ANEXOS

- Anexos 1 Análisis de Laboratorio de Fuel Oil
- Anexos 2 Análisis de Laboratorio del Diesel
- Anexos 3 Especificaciones del Combustible para Motor Hyundai

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR	TESIS MARCO ZAMBRANO BURNEO	
PROCEDIMIENTO 2	MEZCLA BUSCADA	6 ENERO 2014
		PÁG. 25 DE 25

9 BIBLIOGRAFIA

Hyundai. (2000). *Especificaciones Combustible Motores*. Sacha: Se presenta en Anexo 3 de la Tesis.

LABORATORIO.CELEC.EP. (2013). *Informe Laboratorio CELEC EP*. Quito.

NORMA.INEN.1489. (2011). Quito: INEN.

PETROECUADOR, E. (2013). *Informe Laboratorio CIS*. Shushufindi: Informe se presenta en Anexo 1.

Universidad.Nacional.Colombia. (2006). *Predicción de la Temperatura en la viscosidad del Biodiesel*. Medellin: Revista Energetica- Artículo de Investigación.

Zambrano.M.A. (Diciembre de 2013). Elaborado por el Autor e Tesis. Quito, Ecuador:

Zambrano Burneo Marco Alfonso.

ANEXOS

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

Estudio para la “INVESTIGACION PARA LA OBTENCIÓN DE UNA MEZCLA HOMOGENEA PARA GRUPOS ELECTROGENOS DE 1.7 MW”

- Anexo 1 Análisis Crudo Reducido (Fue Oil)
- Anexo 2 Análisis combustible Diesel
- Anexo 3 Especificaciones combustible Hyundai
- Anexo 4 Diagrama PFD, P&ID de Planta de Sacha
- Anexo 5 Análisis Fuel Oil (2)

Marco Alfonso Zambrano Burneo



INFORME DE RESULTADOS LABCCRS

Dirección: Vía Limoncocha Km 1 1/2 - Teléfono: 06 2839 421 Extensión 363

CRUDO REDUCIDO

INFORME No. H130243

DATOS DEL CLIENTE	
NOMBRE	INTENDENCIA DE REFINACIÓN - CIS
DIRECCIÓN	Vía Limoncocha Km 1 1/2
TELÉFONO	06 2839421 Extensión 308/307
SOLICITADO POR:	PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN

DATOS DE LA MUESTRA			
TIPO DE MUESTRA	Crudo Reducido	HORA RECEPCIÓN DE MUESTRA	8:30
ORIGEN MUESTRA	Y-T806 A	HORA FINALIZACIÓN DE ENSAYO	10H30
FECHA TOMA DE MUESTRA	04/04/2013	ANALISTA	DIEGO JARA
HORA TOMA DE MUESTRA	8:20		
DATOS DEL ANÁLISIS			
TEMPERATURA AMBIENTE(°C):	22,6	HUMEDAD RELATIVA (%):	52
FECHA REALIZACIÓN ENSAYO:	04/04/2013	FECHA EMISIÓN INFORME:	04/04/2013

PARÁMETROS	UND.	METODO	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO	INCERTIDUMBRE
API 15 @15.6°C (60°F)		ASTM D-287	REPORTE	15,2	
GRAVEDAD ESPECIFICA 15 @15.6°C		ASTM D-287	REPORTE	0,9646	
VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL a 50°C	SSF	INEN-1981	REPORTE	512	
VISCOSIDAD REDWOOD-1 a 37.78°C	RW1	INEN-1981	4500	11567	
PUNTO DE INFLAMACION	°C	ASTM D-93 PEE/LABCCRS/06	REPORTE	108,6	
CENIZAS	%P	D-4422	REPORTE	1,4873	
AZUFRE	%P	ASTM D-4294 PEE/LABCCRS/07	REPORTE	1,7097	± 0,10 ¹
VISCOSIDAD CENTISTOKES a 50°C	Cst	INEN-810 PEE/LABCCRS/05	REPORTE	1033	

OBSERVACIONES:

20,5/148°F

[Signature]
 Nombre: Ing. Esteban CASHA VILLIN
 COORDINADOR GENERAL CONTROL DE CALIDAD

[Signature]
 Nombre: Wladimir Arroyo
 SUPERVISOR



* Los resultados indicados en este informe sólo afectan a las muestras sometidas a ensayo.
 * Respete la representación del sistema con notación de precisión de LABCCRS.
 * Se le ha estimado multiplicando la cifra por el factor de cobertura k=2 (95% nivel de confianza)

Código:	F-06 P-07-03-S-04
Versión:	0.0
Fecha:	23 mayo del 2012
Página:	1 de 2

INFORME RESULTADOS DEL LABORATORIO



RL-I-171

Guangopolo, 16 de abril del 2013

<i>ORIGEN DE LAS MUESTRAS</i>	
CENTRAL	SACHA

<i>REQUERIMIENTO</i>	
TIPO DE MUESTRAS	Combustible Diesel.
TRABAJO SOLICITADO	Análisis Físico Químico.
MUESTREADO POR	Ubencio.
FECHA DE MUESTREO	7 de marzo del 2013
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS	14 de marzo del 2013.
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS	16 de abril del 2013
ANALIZADO POR	Freddy Farinango

<i>IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS</i>	
CODIGO	DESCRIPCIÓN
M - 1	-Diesel. -Punto de muestreo: Tanquero -Chofer: Leonardo Condoy. -Placa: AAY-0371 -Empresa Transportista: TRANSEFVHI - Hora: 17 H.

Código:	F-06 P-07-03-S-04
Versión:	0.0
Fecha:	23 mayo del 2012
Página:	2 de 2

INFORME RESULTADOS DEL LABORATORIO



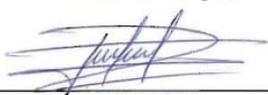
RL-I-171

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

PARÁMETRO	UNIDADES	NORMA ASTM-D	M-1
Densidad (15 °C)	g/ml	1298	0.8453
Gravedad API			35.75
Viscosidad (40°C)	cSt	445	4.10
Contenido de agua	% v/v	95	< 0.05
Contenido de sedimentos	% p/p		< 0.05
Punto Inflamación	°C	92	65
Carbono Residual	%	524	0.97
Poder Calorífico	Kcal/Kg	4809	10528
Azufre	% p/p	6728	0.56

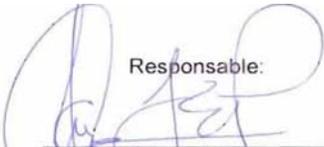
Observaciones: Ninguna

Realizado por:


 Freddy Farinango
 ASISTENTE DE LABORATORIO



Responsable:


 Ing. Jaime Pachacama
 Supervisor de Control Químico

Especificaciones de combustible pesado- diésel para motores Hyundai 9H21/32

1. GENERAL

El motor puede funcionar con combustible pesado (HFO) de viscosidad hasta 700cst a 50 ° C, lo que corresponde a los grados de CIMAC H700 (CIMAC Recomendación N ° 21, 2003). También puede ser operado con los combustibles de baja viscosidad así como el aceite combustible diésel. (MDO)

Los requisitos de calidad para MDO se hará de conformidad con grados CIMAC DA, DB y DC. Si el motor funciona con mezcla (búnker diésel), debe estar instalado con un sistema de centrifugación.

El combustible se debe filtrar y precalentar antes de entrar en el motor.

2. TRATAMIENTO DE COMBUSTIBLES

a) Purificación

Fuelóleo pesado debe ser purificado por centrifugación, porque los aceites de combustible están siempre contaminados con partículas sólidas, sal, agua, etc.

Contaminantes sólidos en los aceites combustibles pueden causar un desgaste excesivo en el pistón y los anillos de camisas de cilindros o la incautación de la bomba de inyección de combustible y la válvula de combustible.

Contaminantes líquidos en los aceites combustibles pueden causar partículas que se incrustan en los sistemas de escape y turbocompresores, así como la corrosión en válvulas de combustible y bombas de inyección de alta presión.

Por lo tanto el equipo cualificado de separación debe ser incluido en el aceite combustible.

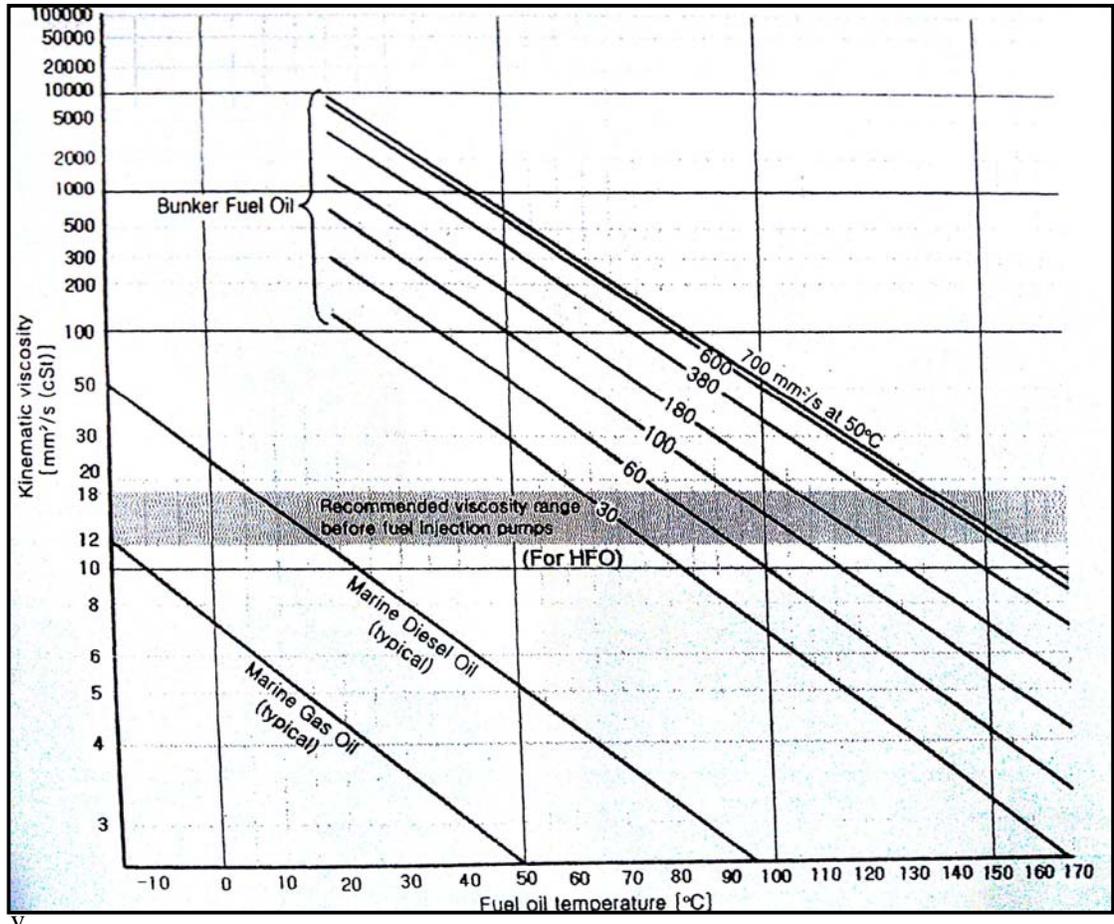
Antes de la centrifugación del aceite combustible, debe ser precalentado para reducir la viscosidad.

b) Calefacción

La viscosidad de aceite combustible al ingreso al motor se debe mantener dentro del valor de 12 - 18 cSt.

Sin embargo, la viscosidad varía dependiendo de las propiedades y la temperatura de HFO está limitada a 155 ° C para evitar vapores en la tubería de trasportación del aceite combustible según a la recomendación del proveedor.

Un aceite combustible típico diagrama de viscosidad respecto a la temperatura es la siguiente.



iscosidad de DO al motor se debe mantener dentro del valor de 6 a 14 cSt a fin de evitar en lo posible el pegado de la bomba de inyección de combustible debido a la baja lubricidad de DO).

c) Control de la viscosidad

A fin de garantizar la viscosidad correcta de inyección de 12 - 18 cSt, el calentador se regula mediante un controlador de viscosidad automática antes de que el combustible entre a las bombas de inyección del motor.

Advertencia, la viscosidad más alta o más baja puede causar daños graves en el sistema de inyección de combustible.

3. ESTÁNDAR DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL COMBUSTIBLE DEL PETRÓLEO

El motor está diseñado para funcionar de forma continua utilizando combustibles, con las siguientes especificaciones, sin reducción la potencia generada.

Properties	Unit	Limit	HFO	MGO	MDO	
			(CIMAC H700)	(CIMAC DA)	(CIMAC DB)	(CIMAC DC)
Kinematic viscosity	mm ² /s (cSt)	max	700 at 50 °C	1.5 - 6.0 at 40 °C	2.5 - 11.0 at 40 °C	4.0 - 14.0 at 40 °C
			12.0 - 18.0 ^(B)	2.0 - 14.0 ^(B)	2.0 - 14.0 ^(B)	2.0 - 14.0 ^(B)
Density at 15 °C	kg/m ³	max	991.0 1010.0 ^(A)	890.0	900.0	920.0
Flash point	°C	min	60	60	60	60
Pour point (Winter quality)	°C	max	30	-6	0	0
Carbon Residue	% mass	max	22 15 ^(B)	0.30 ^(C)	0.30	2.5
Asphaltenes	% mass	max	8	-	-	-
Ash	% mass	max	0.15 0.03 ^(B)	0.01 0.01 ^(B)	0.03 0.03 ^(B)	0.03 0.03 ^(B)
Total sediment, potential	% mass	max	0.10	-	-	-
Total sediment, existent	% mass	max	-	0.10	0.10	0.10
Water	% volume	max	0.5 0.2 ^(B)	-	0.3 0.2 ^(B)	0.3 0.2 ^(B)
Sulfur ^(D)	% mass	max	4.50 3.50 ^(B)	1.50	2.00	2.00
Cetane index	-	min	-	40	35	-
Vanadium	mg/kg	max	600 150 ^(B)	-	-	100
Sodium	mg/kg	max	100 30 ^(B)	-	-	50 30 ^(B)
Aluminum+Silicon	mg/kg	max	80 15 ^(B)	-	-	25 15 ^(B)
Solid Particles	mg/kg	max	20 ^(B)	20 ^(B)	20 ^(B)	20 ^(B)
	µm	max	5 ^(B)	5 ^(B)	5 ^(B)	5 ^(B)

(A): Equipos de purificación adecuada para la densidad alta requerida.

(B): Valor limitado antes de la admisión del motor

(C): 10% del volumen de destilación

(D): Un límite de azufre del 1,5% m / m se aplicará en las áreas de Control de Emisiones designados por la OMI, en su correspondiente protocolo.

Puede haber variaciones locales.

Nota 1: Los siguientes tipos de combustible no se van a utilizar:

- 1) Bunker combustible que tenga alto contenido sedimentos.

2) Combustible Bunker incluida la tierra a utilizar los residuos de aceite lubricante

3) Combustible Bunker que contenga el aceite de la parte inferior (total ácido <3 ácido fuerte = 0)

Nota 2: Propiedades adicionales se especifican por el fabricante del motor, que no se incluyen en la calidad del combustible CIMAC. (No. CIMAC Recomendación 21, 2003)

a. Características del combustible

1) Viscosidad

La viscosidad de aceite combustible al ingreso del motor se debe mantener dentro del valor de 12 - 18 cSt, lo que podría lograrse por calentamiento apropiado y recomendado por el proveedor del combustible como la viscosidad varía dependiendo de las propiedades del aceite combustible.

b) Densidad

Si la densidad del aceite combustible está por encima de la máxima densidad (991 Kg/m³) a 15 ° C), el combustible no puede ser utilizado debido al agua y a los contaminantes sólidos que no se eliminan mediante una centrifugación. El sistema de centrifugación especial debe estar instalado para utilizar el aceite combustible con la máxima densidad (1010 kg/m³ a 15 ° C).

c) Azufre

Es importante mantener contenidos adecuados de azufre en el aceite combustible. El alto contenido de azufre en el combustible puede aumentar el

riesgo de corrosión a baja temperatura en la cámara de combustión y contribuye a la formación de depósito de alta temperatura. También se recomienda mantener la alcalinidad adecuada del aceite lubricante para neutralizar.

d) Ceniza

El contenido de cenizas proviene del petróleo y también de la contaminación durante el tratamiento del combustible. Los ingredientes sólidos se pueden eliminar en su mayoría mediante la centrifugación del combustible. Sin embargo, hay compuestos solubles tales como el vanadio y sodio, que se pueden transformar en forma de ceniza después de la combustión. A medida que la ceniza promueve en cualquier forma el desgaste mecánico de las piezas del motor y depósitos nocivos en la cámara de combustión, los componentes de la ceniza debe ser analizado cuidadosamente y eliminar previamente.

e) Vanadio y Sodio

El vanadio es aceite - soluble y proviene del petróleo en su mayoría. Sin embargo sodio es el agua - soluble y proviene del petróleo, así como de combustible contaminado con agua salada. Como vanadio y sodio convertido en cenizas corrosivo después de la combustión, deberán ser eliminados como sea posible. Los compuestos de sodio contribuyen a bajar el punto de fusión de vanadio ceniza, que es muy corrosivo y perjudicial para las válvulas de escape y turbo. Por lo tanto, los compuestos deben ser inferiores a 1/3 del contenido de vanadio en peso.

f) Residuo de Carbono

Un alto residuo de carbón puede perjudicar las propiedades de combustión del combustible y la formación de depósito en la cámara de combustión y sistema de escape en particular en la salida del motor.

g) Asfaltenos

Contenido alto de asfaltenos puede contribuir a la formación de depósitos en la cámara de combustión, así como el sistema de escape a bajas cargas y pegar la bomba de inyección de combustible. También causa lodos de centrifugado excesivo y los depósitos en el sistema de combustible.

h) Agua

El contenido de agua puede ser medida por una prueba de destilación estandarizado. El agua causa la corrosión y la cavitación de la bomba de inyección de combustible y el ensuciamiento del sistema de escape y turbocompresores. El contenido de agua debe reducirse al máximo 0,2% por centrifugación.

i) Partículas Abrasivas

Combustible aceite está contaminado por partículas abrasivas compuestas de óxidos de aluminio y silicio. Si el tratamiento eficiente de combustible no se aplica, estos catalizadores finos pueden causar desgaste anormal del sistema de inyección y el anillo de cilindro revestimientos y pistón.

j) Encendido de Calidad

La calidad de ignición está relacionado con el retraso de la ignición, que es el intervalo entre retraso de inyección de combustible y la combustión. Si el motor es operado con bajas condiciones en temperatura o presión en la cámara de combustión, el retardo del encendido se alarga. Durante el primer funcionamiento, el motor puede ser dañado por la calidad de ignición baja sin precalentamiento suficiente. La ecuación del CCAI (índice calculado aromaticidad de carbono) desarrollado por Shell se puede utilizar para obtener una calidad de ignición del combustible pesado.

$$\text{CCAI} = D-81-141 \log (\log (V_k + 0.85))$$

D= densidad (kg/m³ a 15°C)

V_k= viscosidad (cSt a 50°C)

Aviso: si el valor de CCAI se aumenta, la calidad de ignición se reduce.

Las directrices CCAI son los siguientes.

- El aceite combustible con CCAI <840 puede ser utilizado sin ningún problema para cualquier aplicación.
- El combustible líquido con 840 <CCIA <870 puede utilizarse cuando su viscosidad es inferior a 180 cSt a 50 ° C. Si su viscosidad es superior a 180 cSt a 50 ° C, se puede ocurrir un problema de combustión en funcionamiento a carga parcial y velocidad variable.
- El aceite combustible con CCAI > 870 se puede aumentar la probabilidad de problemas de encendido después de un corto período de tiempo, se recomienda encarecidamente no usar.

Para evitar cualquier problema acerca de la calidad de ignición, el motor debe ser precalentado suficientemente antes de empezar y tener funciones propias del sistema de refrigeración y el sistema de inyección.

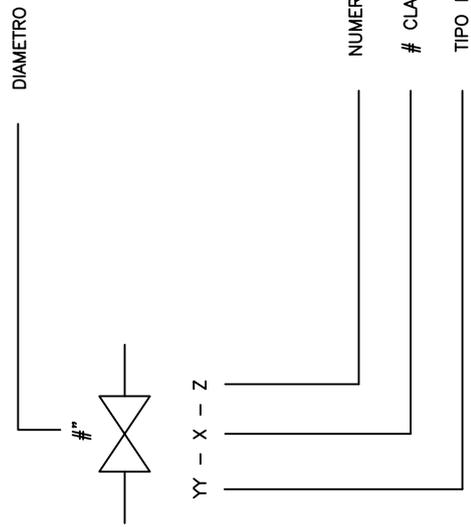
ANEXO 4

- Diagrama PFD de la Planta de Termopichincha en Sacha
- Diagramas P&ID de la Planta de Termopichincha en Sacha

DESCRIPCION SIMBOLOGIA UTILIZADA

	DIRECCIÓN DE FLUJO		FILTRO TIPO CANASTA		INDICADOR DE PRESION		INICIO DEL PROCESO
	VALVULA COMPUERTA BRIDADA (GA)		BOMBA VERTICAL DE TORNILLO		TRANSMISOR DE FLUJO		FINAL DEL PROCESO
	VALVULA BOLA BRIDADA (BA)		CALENTADOR		INDICADOR DE NIVEL		TEMPERATURA °C
	VALVULA DE CONTROL ELECTRICO R (EA)		MEZCLADOR		TRANSMISOR DE NIVEL		PRESION bar
	VALVULA COMPUERTA R (GA)		BOMBA CENTRIFUGA		TRANSMISOR DE NIVEL		LINEA FUEL OIL (FO)
	VALVULA DE CONTRAFLLUJO R (CK)		PURIFICADORA		INDICADOR DE TEMPERATURA		LINEA DIESEL-FUEL OIL (DFO)
	REDUCCION CONCENTRICA						

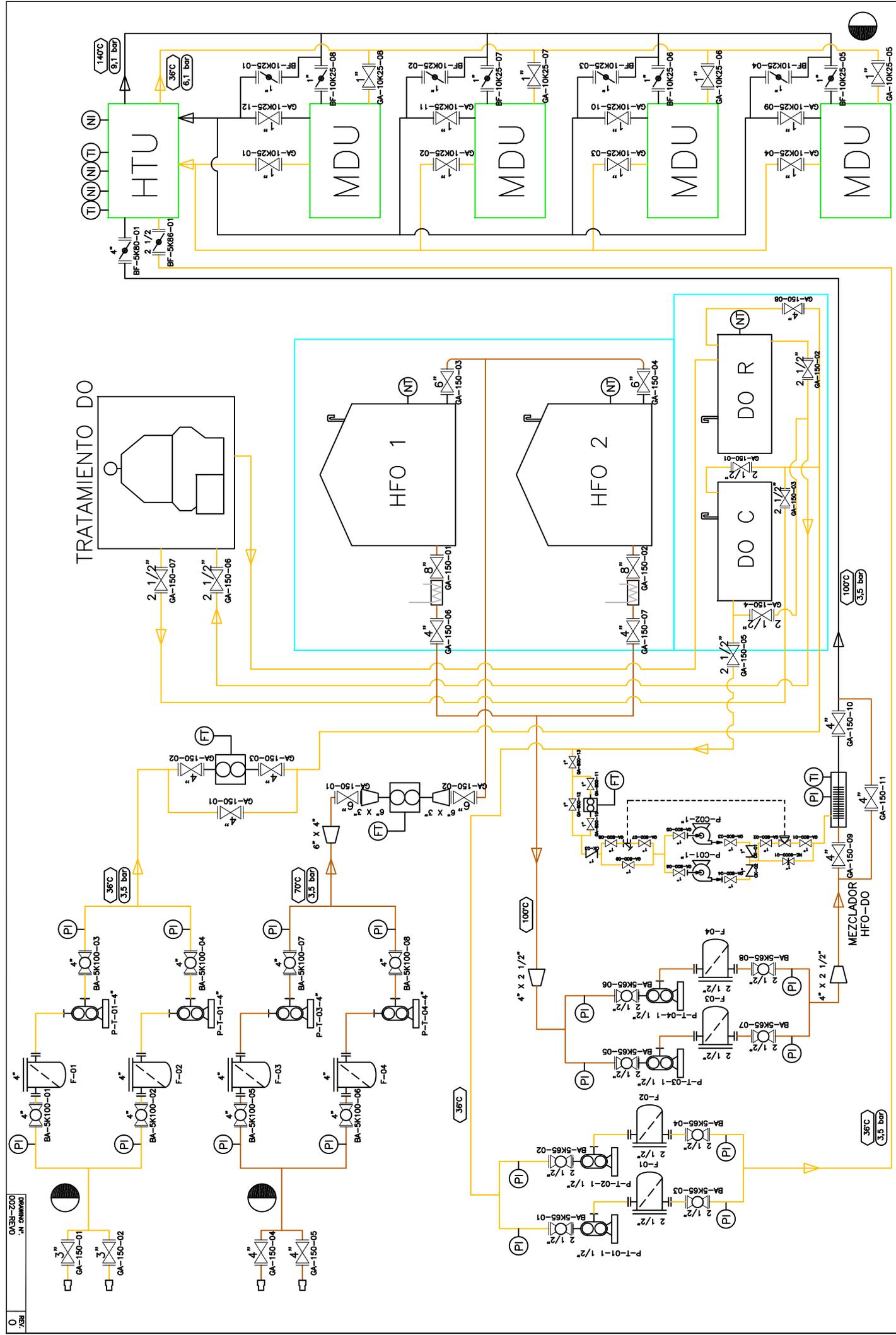
CODIFICACION DE VALVULAS



AS-BUILT	
CELEC EP	FECHA
CELEC EP	FIRMA

GENERAL NOTES	NUMBER: _____ REFERENCE DRAWING: _____ N°: _____ ENTIBO PARA REVISION: _____ DRAW: _____ DESCRIPCION: _____ DATE: _____	<p>CELEC EP CORPORACION ELECTRICA DEL ECUADOR UNIDAD DE NEGOCIO TERMOPONCHANCHA</p>	P&ID ELABORACION DE PLANO MECANICO CENTRAL TERMoeLECTRICA SACHA COMBUSTIBLES DO-HFO INSTRUMENTACION - TUBERIA	PROJECT N°: CELEC EP UNTP-P&ID-DFOL-001
				APPROVED BY: ING. CARLOS CAJAS
				APPROVED BY: INGERACION LUPEZ
				DATE: 04-04-2013
				DRAWING N°: 001-REVO
				REV: _____

ESTE DISEÑO CONTIENE INFORMACION PROPRIETARIA DE CELEC EP. EL USO DE REPLICAS, FOTOCOPIAS O REPRODUCCIONES SIN EL CONSENTIMIENTO POR ESCRITO DE CELEC EP, CONSTITUYE UN DELITO PENAL SEGUN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR. CELEC EP NO SE RESPONSABILIZA POR EL USO DE LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE DISEÑO SIN EL CONSENTIMIENTO POR ESCRITO DE CELEC EP. CELEC EP NO SE RESPONSABILIZA POR EL USO DE LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE DISEÑO SIN EL CONSENTIMIENTO POR ESCRITO DE CELEC EP.



GENERAL NOTES

NUMBER REFERENCE DRAWING

N°	DESCRIPTION	DATE
0	EMITIDO PARA REVISION AS - BUILT	03-04-2013

DRAWN

MARKO ZAMBRANO	DATE
	03-04-2013

PROJECT N°

CELEC EP UNIT-P&ID-001	DATE
APPROVED BY	04-04-2013
ING. CARLOS CASAS	DATE
APPROVED BY	04-04-2013
INGENIERO LÓPEZ	DATE
DRAWING N°	002-REV0

P&ID
 ELABORACION DE PLANO MECANICO
 CENTRAL TERMoeLECTRICA SACHA
 COMBUSTIBLES DO-HFO
 INSTRUMENTACION - TUBERIA



NOTA: SE ASESORÓ EN LA ELABORACIÓN DE ESTE DISEÑO DE INSTRUMENTACIÓN MECÁNICA Y TUBERÍA CON LA AYUDA DE LA UNIDAD DE NEGOCIOS TERMoeLECTRICIDAD DE CELEC EP. SE ASESORÓ EN LA ELABORACIÓN DE ESTE DISEÑO DE INSTRUMENTACIÓN MECÁNICA Y TUBERÍA CON LA AYUDA DE LA UNIDAD DE NEGOCIOS TERMoeLECTRICIDAD DE CELEC EP. SE ASESORÓ EN LA ELABORACIÓN DE ESTE DISEÑO DE INSTRUMENTACIÓN MECÁNICA Y TUBERÍA CON LA AYUDA DE LA UNIDAD DE NEGOCIOS TERMoeLECTRICIDAD DE CELEC EP.



**CENTRAL TERMOELÉCTRICA GUANGOPOLO
LABORATORIO QUÍMICO**

Quito – Ecuador. Valle de Los Chillos, sector la Armenia.
Calles: Pedro Fermín Cevallos y José de la Cuadra.
Telefax: (593-2) 2340 045 / 2340 046 ext. 3720/21/22



INFORME DE RESULTADOS DE ANALISIS

RL-I-315

Guangopolo, 23 de abril de 2012.

ORIGEN DE LAS MUESTRAS

CENTRAL	Sacha
----------------	--------------

REQUERIMIENTO

TIPO DE MUESTRAS	Combustible Fuel Oil No. 6
TRABAJO SOLICITADO	Análisis Físico Químicos y Metalográfico.
MUESTREO POR	Pablo Barahona
FECHA DE MUESTREO	12 de abril de 2012.
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS	17 de abril de 2012.
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS	23 de abril de 2012.
ANALIZADO POR	Freddy Farinango.

IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS

CODIGO	DESCRIPCIÓN
M - 1	<ul style="list-style-type: none"> -Fuel Oil No. 6. -Fecha de muestreo: 12-04-2012 (08H00). -Punto de muestreo: Salida de Tanquero. -Empresa Transportista: Herloptrucks. -Chofer: José Martínez. -Placa: PAA-1025.



CENTRAL TERMOELÉCTRICA GUANGOPOLO
LABORATORIO QUÍMICO

Quito – Ecuador. Valle de Los Chillos, sector la Armenia.
 Calles: Pedro Fermín Cevallos y José de la Cuadra.
 Telefax: (593-2) 2340 045 / 2340 046 ext. 3720/21/22



INFORME DE RESULTADOS DE ANALISIS

RL-I-315

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

PARÁMETRO	UNIDADES	NORMA ASTM-D	M-1
Densidad (15 °C)	Kg/m ³	1298	1004.5
Contenido de agua	Método Cualitativo	-----	Trazas
Punto Inflamación	°C	92	65.6
Viscosidad Cinemática (50°C)	cSt	445	1611
Viscosidad Cinemática (140°C)	cSt	445	23.472
Azufre	% p/p	6728	1.65
Carbono Residual	%	524	14.71
Poder Calorífico	Kcal/Kg	4809	10159

RESULTADOS DE ANÁLISIS METALOGRAFICO

PARÁMETRO	UNIDADES	NORMA ASTM-D	M-1
VANADIO	ppm	6595	165.36
SODIO	ppm		7.80
ALUMINIO	ppm		5.63
SILICIO	ppm		2.30
CALCIO	ppm		0.90
MAGNESIO	ppm		0.09
ZINC	ppm		0.84

 <p>CELEC EP Corporación Eléctrica del Ecuador UNIDAD DE NEGOCIO TERMOPICHINCHA</p>	<p>CENTRAL TERMOELÉCTRICA GUANGOPOLO LABORATORIO QUÍMICO Quito – Ecuador. Valle de Los Chillos, sector la Armenia. Calles: Pedro Fermín Cevallos y José de la Cuadra. Telefax: (593-2) 2340 045 / 2340 046 ext. 3720/21/22</p>	 <p>LABORATORIO</p>
---	--	---

INFORME DE RESULTADOS DE ANALISIS

RL-I-315

Observaciones:

- Los valores reportados están dentro de los usuales para este tipo de combustible.

