

DISEÑO DEL SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE FUEL OIL DE LOS RESIDUOS DEL PROCESO DE FILTRACIÓN

DESIGN OF THE SYSTEM FOR RECOVERING FUEL OIL FROM THE RESIDUES OF THE FILTRATION PROCESS

PATRICIO ALCOCCER¹, BETSY MIRANDA², JOSSELYN MURILLO³, FERNANDO PINCAY⁴

1 Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador. palcocer@uteq.edu.ec

2 Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador. mmedina@uteq.edu.ec

3 Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador. ejosselin.murillo2015@uteq.edu.ec

4 Investigadora particular. arianalcocker@hotmail.com

RESUMEN

El presente trabajo de investigación consiste en el diseño de un sistema de recuperación de *fuel oil* en la planta de tratamiento de combustible de la Central Termoeléctrica Quevedo II, a partir de los residuos obtenidos del proceso de filtración para ser reutilizados en las calderas auxiliares para la generación de vapor y en otras actividades desempeñadas dentro de la misma. Analizando cada uno de los resultados alcanzados en los ensayos se obtuvo que el residuo puede ser utilizado en la generación de vapor con un punto de inflamación mayor de (73.5°C) con respecto al combustible utilizado en la generación eléctrica de la central (62.0°C); además el contenido de agua en el *fuel oil* sedimentado reduce un 6.71%; los métodos analítico, deductivo, inductivo. Se utilizó en la presente investigación, además la técnica Cuasi experimental y las fuentes de recopilación de la información. El estudio realizado ha permitido obtener resultados favorables en cuanto a la recuperación de *Fuel Oil* que corresponde a un 76.5% de los residuos obtenidos después del proceso de filtración, además se creó mediante software un sistema de recuperación de *Fuel Oil* conllevando a obtener mejoras dentro del proceso de generación actual en la Central y a su vez se muestra una amplia bibliografía actualizada respecto al tema de estudio. En conclusión, se recupera 375.1653949 galones de *Fuel Oil* durante las 12 horas de generación beneficiándose la empresa con \$ 636.05 en el transcurso del año.

PALABRAS CLAVE: centrales termoeléctricas, residuos, combustible, sedimentación, recuperación.

ABSTRACT

The present research work consists of designing a fuel oil recovery system in the fuel treatment plant of the Quevedo II Thermoelectric Power Plant, from the waste obtained from the filtration process to be reused in the auxiliary boilers for the generation of steam and in other activities carried out within it. Analyzing each of the results achieved in the tests it was obtained that the residue can be used in the generation of steam with a flash point greater than (73.5 ° C) with respect to the fuel used in the power generation of the plant (62.0 ° C); furthermore, the water content in the sedimented fuel oil reduced 6.71%; the analytical, deductive and inductive methods were used in the present investigation. In addition to the quasi-experimental technique and the sources of information collection. The study carried out has allowed obtaining favorable results in terms of the recovery of Fuel Oil, which corresponds to 76.5% of the waste obtained after the filtration process, in addition, a Fuel Oil recovery system was created through the software, leading to improvements within of the current generation process in the Central and at the same time shows a wide updated bibliography on the subject of study. In conclusion, 375.1653949 gallons of Fuel Oil are recovered during the 12 hours of generation, the company is benefiting with \$ 636.05 in the course of the year.

KEYWORDS: thermoelectric plants, waste, fuel, sedimentation, recovery.

DOI: <http://dx.doi.org/10.23878/alternativas.v21i3.338>

RECIBIDO: 5/11/2020

ACEPTADO: 4/11/2020

INTRODUCCIÓN

Los combustibles tienen una función importante en nuestra sociedad, se los utiliza para el funcionamiento de máquinas industriales, en los vehículos de transporte y de carga, principalmente y a su vez el emplazamiento de Centrales Termoeléctricas que permiten mediante la quema de combustibles la obtención de la Energía Eléctrica que se utiliza para distintas finalidades. Es así, como en la actualidad los combustibles tales como el fuel oil se han convertido en una necesidad, la cual es satisfecha por las industrias dedicadas al refinamiento del petróleo. (Editorial, Importancia.org, 2013)

Una central termoeléctrica es una instalación en donde la energía mecánica que se necesita para mover el rotor del generador, y por tanto obtener la energía eléctrica, se lo hace a partir del encendido en fuel oil de las máquinas de combustión interna para así generar gases que son llevados a una caldera para hervir el agua. El vapor generado tiene una gran presión, y se hace llegar para calentar tanques, planta de tratamiento de combustible obteniendo un rendimiento óptimo para ser utilizados en las máquinas. (Boix & Morer, 2010)

Una central termoeléctrica se forma de una caldera y una turbina que mueve el generador eléctrico. La caldera es el elemento fundamental, y en ella se produce la combustión del carbón, fuelóleo o gas. (Boix & Morer, 2010). Una caldera, en la industria, es una máquina, recipiente cerrado o un dispositivo industrial diseñado para generar vapor; en el cual el agua se evapora en forma continua por la aplicación de calor por medio de gases. Este vapor se genera a través de la transferencia de calor a presión constante, en el cual el fluido generalmente en estado líquido, se calienta y cambia ese ciclo a vapor saturado. (De la Cruz Flores, y otros, 2018)

El Diésel es un líquido denso y aceitoso con valores de densidad de 0,9 g/ml y destila a temperaturas de 275°C y 325°C, y sus componentes son formados por hidrocarburos de más de 18 átomos de carbono. (Carrillo Santana & Papacristofilou Sedano), se considera un combustible más eficiente, por lo general contiene aditivos que ayuda a mejorar las cualidades y prestaciones de motores, cuantas más calidades tengan éstos, mejor rendimiento a nivel de potencia y de cuidado de todos los elementos que formen parte del equipo. (RO-DES, 2019) Fuel oil son derivados del petróleo, preparados mediante mezclas de fracciones pesadas (principales de la destilación y de los procesos de conversión) con

diluyentes (destilados livianos) hasta cumplir los requerimientos de calidad (viscosidad, metales, azufre) exigido fuel oil para su uso como combustible. (Editorial, Petropar.gov.py, 2013).

Uno de los problemas de ciertos combustibles, es que después de la combustión y liberación de la energía, dejan ciertos residuos en el ambiente tanto líquidos, sólidos y gaseosos. (Boned Marí, 2013) El residuo líquido generado es producto de no haber llegado a destilar y el fuel oil que se extrae de una base desde la torre es un líquido negro y viscoso de excelente poder calorífico alrededor de 10.000 cal/g, este combustible generalmente es muy usado como combustible en fábricas de cemento y vidrio, además puede ser sometido a una segunda destilación fraccionada en la que se trabajan a presiones muy reducidas. (Gómez Molina & Merchan Bermudez, 2016)

Parte del proceso de generación termoeléctrica implica el uso de combustibles fósiles como el fuel oil, en la etapa de filtración la misma que genera importantes residuos sin que sean tratados de forma adecuada, siendo llevado a tanques de almacenamiento para ser transportados a otra ciudad. (Chiluita García, 2016)

Los sedimentos que aparecen en el combustible como polvo, suciedad, granos y escamas, pueden provenir de estanques de alimentación, receptáculos ferrosos o container, filtros o filtros separadores, válvulas, bombas, medidores, cañerías, mangueras, empaquetaduras, diagramas y sellos. El óxido es el tipo más común de contaminación sólida. Las partículas dañinas de sedimentos pueden ser extremadamente pequeñas, las superiores a 10 micrones se consideran gruesas y las inferiores de 10 micrones se consideran finas. Las partículas inferiores a 150 micrones pueden ser retiradas por filtros separadores. (Rogel Soliz, 2015)

El objetivo de la purificación del combustible es el separar el agua y eliminar las impurezas. El fuel oil alimenta al tanque de servicio instalado en el tejado de la cámara de máquinas auxiliares, por medio de la bomba con purificadora, luego de que la pasta diluida ha sido eliminada por acción de las cuatro purificadoras. (Muentes & Jaramillo)

La sedimentación del combustible pesado se lleva a cabo en 3 tanques de capacidad de 50.000 galones cada uno. La sedimentación implica el asentamiento por gravedad de las partículas sólidas suspendidas en un líquido. Puede dividirse en dos clases: sedimentación de materiales arenosos y desimentación de

limos. Por lo general, en la sedimentación conlleva la separación del agua contenida en el combustible por efectos de condensación, o sea también por efectos mismos de la refinación, también se generarán sólidos residuales como los sedimentos arenosos, productos que se trata de un combustible pesado o residuo de petróleo. (Yunda Méndez, 2017)

Diseñar un sistema de recuperación de residuos de fuel oil, después del proceso de filtración revierte gran importancia desde el punto de vista de protección ambiental y por ende de tipo económico en industrias de generación termoeléctrica, ya que actualmente utilizan combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica, manteniendo un sistema de purificación de diésel adecuados utilizados en los motores de combustión interna Hyundai 9H21/32; siendo este tipo de combustible no reutilizado para ninguna otra operación dentro de la empresa. (Chiluiza García, 2016)

En el trabajo de investigación se ha realizado, mediante pruebas de campo, el nivel de sedimentación del diésel obtenido a partir de los residuos después del proceso de filtración, para ello se necesitó pruebas de laboratorio para la debida verificación del grado de inflamación del mismo; lo cual ha permitido continuar con el desarrollo de esta investigación.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación fue realizada en la Central Termoeléctrica Quevedo II, ubicada en el km1½, vía El Empalme, sector la Virginia diagonal al Club de Tropas de la Policía Nacional. Para lo cual se siguieron los siguientes pasos:

- Determinación del volumen de fuel oil a recuperar
- Modelación del sistema de recuperación del fuel oil
- Determinación del grado de inflamación del fuel oil recuperado

DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE FUEL OIL A RECUPERAR

El combustible líquido es suministrado por los carros tanques y luego es bombeado directamente a los tanques de almacenamiento. Para determinar la cantidad de producto en el tanque es necesario el uso de una vara de medir en buenas condiciones y la tabla de conversión del tanque. La tabla de conversión del tanque es un listado que indica el volumen contenido a cada nivel de producto dado. (Muentes & Jaramillo)

El fuel oil y HFO es bombeado desde los depósitos de almacenamiento principales, hacia el tanque intermedio para combustible, a través de la línea de transferencia de fuel oil y HFO. El tanque intermedio está equipado en su interior con medidores de nivel, los mismos que controlan el accionamiento de la válvula automática de la línea de transferencia según el nivel del tanque intermedio sea alto o bajo. (Muentes & Jaramillo)

MODELACIÓN DEL SISTEMA DE RECUPERACIÓN DEL FUEL OIL

El contenido de agua y sólidos que se manifieste en el combustible debe ser controlado. El agua, por tener una densidad mayor al combustible, se depositará en el fondo del tanque. Para verificar la cantidad de agua en el fondo del tanque, se puede recurrir al sistema de control por reacción química de un medio con el agua. Se introduce un peso dentro del tanque que lleva una sustancia que reacciona con el agua verificándose así la presencia de agua. (Pastas de Agua). (Muentes & Jaramillo)

La sedimentación del combustible pesado se lleva a cabo en 3 tanques de capacidad de 50.000 galones cada uno. La sedimentación implica el asentamiento por gravedad de las partículas sólidas suspendidas en un líquido. Puede dividirse en dos clases: sedimentación de materiales arenosos y desimantación de limos. Por lo general, en la sedimentación conlleva la separación del agua contenida en el combustible por efectos de condensación, o sea también por efectos mismos de la refinación, también se generarán sólidos residuales como los sedimentos arenosos, productos que se trata de un combustible pesado o residuo de petróleo. (Yunda Méndez, 2017)

Desde el tanque intermedio de fuel oil, el combustible pasa a la fase de purificación. La planta dispone de cuatro purificadoras, las cuales entran en funcionamiento según sea el número de motores en operación. El objetivo de la purificación del combustible es el separar el agua y eliminar las impurezas. El circuito de fuel oil alimenta al tanque de servicio instalado en el tejado de la cámara de máquinas auxiliares, por medio de la bomba con purificadora, luego de que la pasta diluida ha sido eliminada por acción de las cuatro purificadoras. (Muentes & Jaramillo)

Mediante el software SOLIWORDS 2018 se realizó la estructura del sistema de recuperación mediante el proceso de sedimentación utilizando materiales que se encuentran en nuestro medio, además recuperándose materiales y accesorios que se encuentran dentro de la Central.

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE INFLAMACIÓN DEL FUEL OIL RECUPERADO

Para obtener resultados confiables se tomaron varias muestras respecto al residuo del fuel oil en varios volúmenes, como fueron desde 1 litro hasta 100 litros de dicho combustible, para luego en el transcurso de 72 horas ser llevadas al laboratorio químico de la Central Termoeléctrica Guangopolo de la ciudad de Quito.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS VOLUMEN DE FUEL OIL RECUPERADO

En el tanque de residuos que ha pasado por el proceso de filtración de fuel oil tiene medidas de 470 cm de largo x 70 cm de ancho x 40 cm de altura con una capacidad de 1316000 cm³ que corresponden a 347.65 galones estadounidenses.

TABLA 1. DATOS DEL TANQUE DE RESIDUOS.

DATOS DEL TANQUE DE LODOS		
MEDIDAS DEL TANQUE	UNIDAD (CM)	
LARGO	L	470
ANCHO	A	70
ALTURA	H	40
VOLUMEN		1316000 cm ³

FUENTE: CELEC EP

En la tabla 2 se muestran dos fechas distintas de las cuales la primera es el Fuel Oil que se mantiene en reposo y la segunda es la que se obtiene al filtrar, donde el tanque 102 es de almacenamiento el cual se mantiene para la recepción de tanqueros y el 105 es el que se utiliza para el arranque de cada una de las unidades de generación.

TABLA 2. DATOS PARA CÁLCULO DE VOLUMEN DE LOS TANQUES 102 Y 105 A RECUPERAR.

VOLUMEN	FECHA	TANQUES		RADIO	UNIDADES
		102	105		
Inicial	01/10/2019	5.312	4.013	2.64	m
Final	02/10/2019	3.038	6.245		m

FUENTE: CELEC EP.

En la tabla 3 se muestra la cantidad de galones que se utilizó en el proceso de filtración dando como resultado dos cantidades diferentes, la cual T-102 representa el volumen de Fuel Oil que se encuentra almacenado y el T-105 el volumen de Fuel Oil en servicio; obteniendo un residuo de 243,4 galones.

TABLA 3. DATOS DE LA CANTIDAD DE FUEL OIL QUE SE ENCUENTRA ALMACENADO Y EN SERVICIO.

	DIFERENCIA DE VOLUMEN INICIAL Y FINAL	UNIDADES
T-102	13180.6	gal
T-105	12937.2	gal

FUENTE: CELEC EP.

Por cada 13180.6 gal de Fuel Oil en proceso de filtración se generan 243.4 gal de residuos y de estos se podría recuperar 186.201 gal. Tabla 4 Y 5.

TABLA 4. RESIDUO EXISTENTE EN 12 HRS DE GENERACIÓN.

ALMACENADO	EN SERVICIO	GENERACIÓN EN 12 HRS
13180.6 gal	12937.2 gal	26066.4 gal

FUENTE: CELEC EP.

ELABORADO: MURILLO, PINCAY (2020).

TABLA 5. CANTIDAD DE FUEL OIL (A RECUPERAR) EN DIVERSOS ESCENARIOS

RECUPERACIÓN	GAL
6 HRS	186,201
12 HRS	375,165395
24 HRS	750,33079
30 DÍAS	1500,66158
12 MESES	3001,32316
60 MESES	6002,64632

FUENTE: CELEC EP.

MODELACIÓN DEL SISTEMA DE RECUPERACIÓN DEL FUEL OIL

A continuación, se puede visualizar en las figuras del 1 al 6, el diseño del sistema de recuperación para los residuos de Fuel Oil con sus respectivos elementos, el cual cuenta con un tanque de residuos donde se depositan todos los restos de combustible siendo estos transferidos a un sistema de recuperación, impulsada por una bomba de 1 HP para poder reutilizar dicho recurso y a su vez poder ser almacenado dentro de un tanque donde permanecerá el Fuel Oil sedimentado.

GRADO DE INFLAMACIÓN DEL FUEL OIL RECUPERADO

Mediante las pruebas tomadas y enviadas el día 24/10/2019 a la ciudad de Quito en los laboratorios de la Central Térmica Guangopolo, los resultados se muestran en la Tabla 6.

Mediante este análisis de laboratorio se ha llegado a la conclusión que el combustible recuperado posee mejores características físicas-

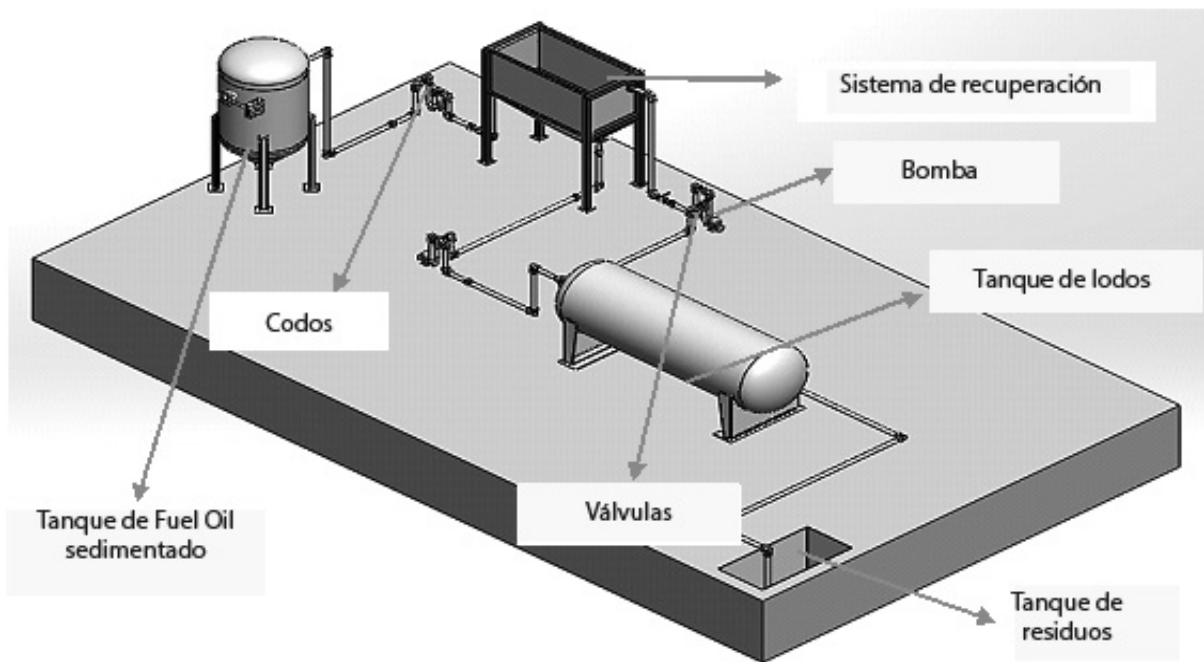


Figura 1. Diseño del sistema de recuperación para los residuos de Fuel Oil.

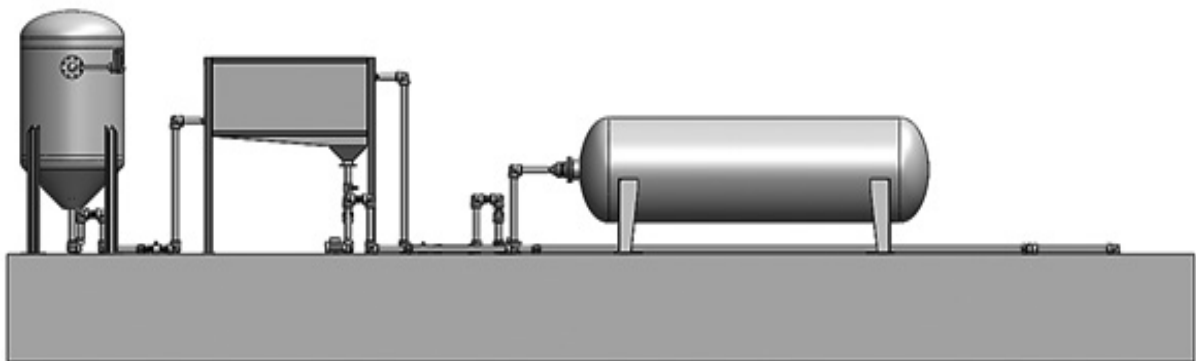


Figura 2. Vista frontal del diseño del sistema de recuperación.

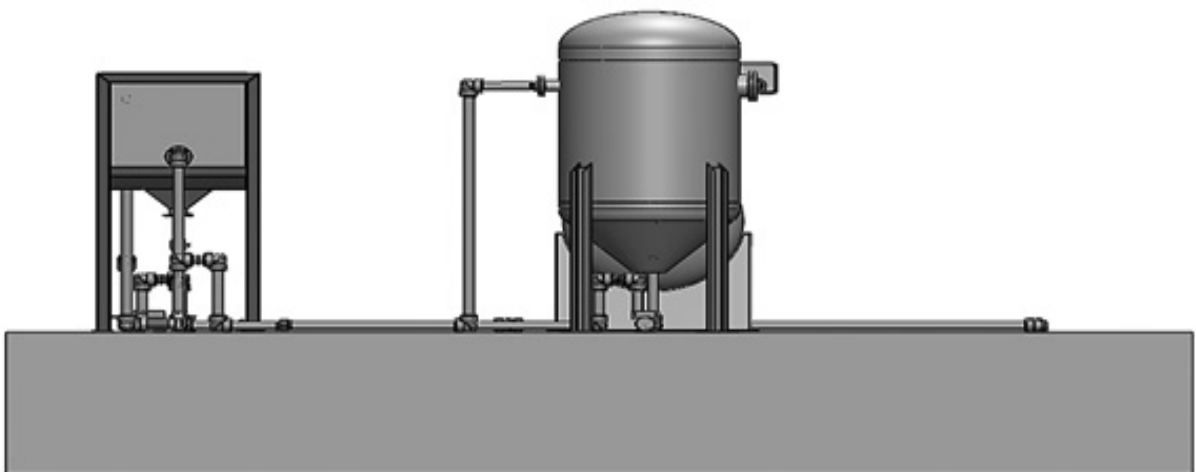


Figura 3. Vista lateral derecha del diseño del sistema de recuperación.

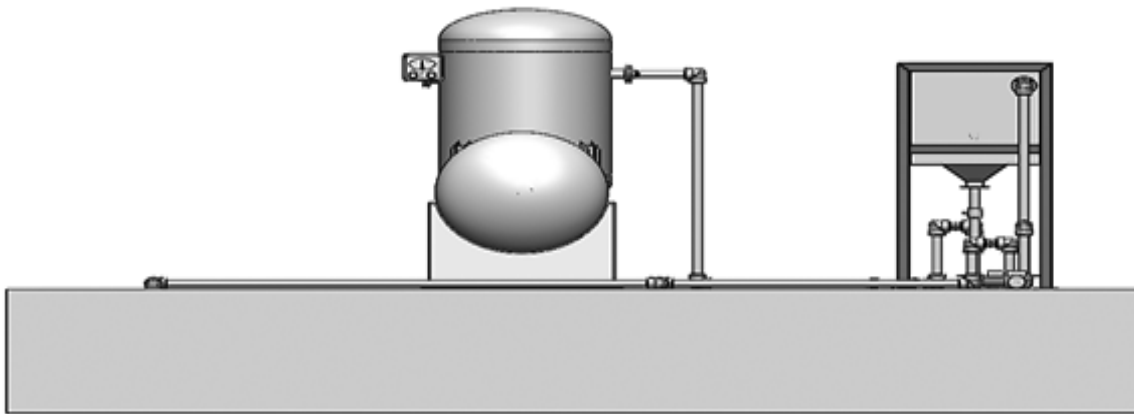


Figura 4. Vista lateral izquierda del diseño del sistema de recuperación.

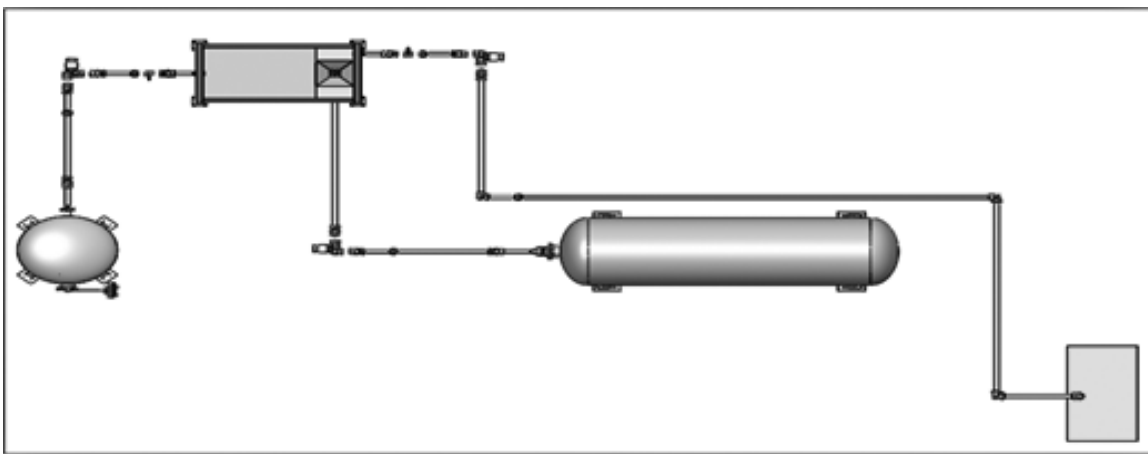


Figura 5. Vista superior del diseño del sistema de recuperación.

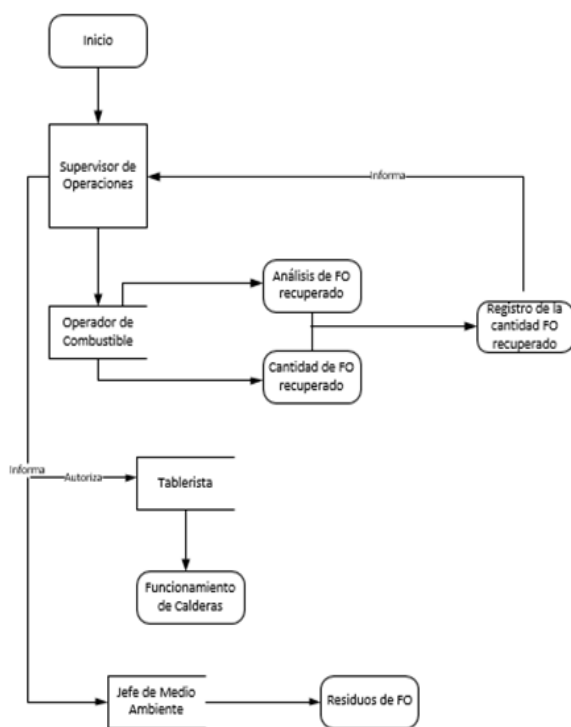


Figura 6. Diagrama de Flujo de Información del Sistema de Recuperación de FO.

químicas que el combustible que actualmente se está utilizando, entre una de sus características se encuentra el grado de inflamación del Fuel Oil recuperado, obteniendo como resultado de la prueba un 73.5°C de inflamación el cual es mayor al que se emplea normalmente (62 °C).

DISCUSIÓN

En base a las investigaciones realizadas en artículos científicos, revistas, libros, documentos y en páginas de sitio web como Scienedirect existe una carencia en cuanto al tipo de método que se ajuste a nuestra manera por lo tanto nuestro medio se puede patentar a cualquier tipo de procedimiento en los cuales exista recuperaciones u otros tipos de procesos que requieran reutilizar este Fuel Oil o cualquier otro tipo de combustible que se ajusten a los cálculos empleados en esta investigación.

Según investigaciones realizadas en ciertos artículos científicos, revistas, libros, sitios web confiables como *Scienedirect*, Google académico existen actualmente carencias en diseños de sistemas de recuperación de Fuel Oil que se

TABLA 6. RESULTADOS DE LA PRUEBA TOMADA EN EL LABORATORIO.

ENSAYO REALIZADO	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS				UNIDAD	MÉTODO
	TANQUE 102 RECEPCIÓN	TANQUE 105 FILTRADO	TANQUE 103 SIN SEDIMENTAR	TANQUE 103 SEDIMENTADO		
Contenido de agua	39,89	62,60	282,96	54,28	mg/kg	ASTM D1533-12
Contenido de agua y sedimentos	< 0,1	< 0,1	0,1	< 0,1	% (V/V)	ASTM D1796-11 (2016)
Punto de inflamación	62,0	62,0	85,5	73,5	°C	ASTM D92-18
Viscosidad cinemática a 40 °C	2,693	2,711	3,164	2,817	mm ² /s	ASTM D445-19
Densidad a 15°C	0,8401	0,8408	0,8446	0,8419	g/mL	PE1 / ASTM D4052-18a
Densidad relativa 60/60°F	0,8406	0,8412	0,8451	0,8423	-----	PE1 / ASTM D4052-18a
Gravedad API	36,8	36,7	35,9	36,5	°API	PE1 / ASTM D4052-18a

Fuente: Laboratorio Químico de Central de Guangopolo

ajusten al modelo mostrado dentro de la investigación por lo cual se puede aceptar este diseño para futuras investigaciones que requieran de la recuperación no solo de Fuel Oil sino de cualquier tipo de combustible que sea destinado a centrales termoeléctricas.

Actualmente realizando las investigaciones necesarias en diversas fuentes se encontró que no existen pruebas que se asemejen a las que han sido llevadas a cabo mediante esta investigación las cuales fueron realizadas en el laboratorio químico de la Central Guangopolo en la ciudad de Quito que permitan medir el grado de inflamación de Fuel Oil recuperado para verificar que si existe un Fuel Oil recuperado con mejores características físicas-químicas que ayuden a obtener un proceso de generación mejorado.

Según Martín Hamilton y Alfredo Pezo (Hamilton Wilson & Pezo Paredes, 2005) el B/C es un criterio que contribuye en la toma de decisiones de proyectos tomando en consideración los siguientes criterios: si la relación B/C es igual a la unidad, el proyecto no presenta beneficios ni pérdidas; si la relación B/C es mayor a la unidad, el beneficio es superior al costo y si es menor que la unidad, no existe beneficios, por lo tanto se registran pérdidas; esto coincide con el resultado obtenido en el desarrollo del objetivo dando una viabilidad positiva mayor a la unidad, cumpliendo con uno de los criterios de interpretación que describe el autor antes mencionado.

CONCLUSIONES

Cuando se realiza el proceso de filtración de fuel oil con un volumen de 243.4 gal de residuos se obtiene una cantidad de 186.201 gal recuperados durante las 6 horas de generación; además en las 12 horas se recuperan 375.1653949 gal con una eficiencia del sistema de 0.90 la cual

representa un 76.5% de recuperación para ser utilizados en la Central Termoeléctrica Quevedo II.

Mediante el software SolidWorks 2018 se modeló el sistema de recuperación para los residuos de fuel oil por medio de un proceso de decantación o sedimentación para así optimizar los recursos que se utilizan dentro de la Central mostrando sus diversas vistas tanto frontales, lateral derecha, izquierda, superior y a su vez se determinó mediante cálculos de fluidos que la potencia que requiere la bomba para impulsar el FO es de 0.03HP.

Con los resultados obtenidos mediante pruebas de laboratorio se observa que el fuel oil recuperado mantiene un grado de inflamación de (73.5°C) mayor al combustible que se utiliza en la generación que es de (62.0°C); además con una viscosidad cinemática, densidad y gravedad similar al combustible que mantiene la Central.

Al recuperar 375.1653949 galones de Fuel Oil durante las 12 horas de generación se está beneficiando la empresa con \$ 636.05 en el transcurso del año, es decir que dicho beneficio es positivo y favorable para la Central al ser sus beneficios mayores que los costos; además se demuestra mediante cálculo realizado en varios períodos de generación que dicha inversión se recupera en el transcurso de los 30 días de generación dentro de la Central.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Boix, & Morer. (22 de Junio de 2010). Foro Nuclear. Recuperado el 28 de 11 de 2019, de <https://www.foronuclear.org/es/100957-faqs-sobre-energia/capitulo-8/115750-106-ique-es-una-central-termoelectrica>

- Boned Marí, J. M. (03 de Febrero de 2013). Análisis y redimensionado de un sistema de combustible a partir del remolcador " Willy-T" y el buque Ro-Pax "Murillo". Barcelona: Facultad Náutica de Barcelona UPC. Recuperado el 28 de 11 de 2019, de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/17383/AN%C3%81LISIS%20Y%20REDIMENSIONAMIENTO%20DE%20UN%20SISTEMA%20DE%20COMBUSTIBLE-P.pdf>
- Carrillo Santana, C., & Papacristofilou Sedano, S. (s.f.). Derivados del Pétroleo . México: Dirección de Movilidad y Transporte CONUEE. Recuperado el 27 de Noviembre de 2019, de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/241728/DieselFT.pdf>
- Chiluiza García, F. (2016). "Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales provenientes de los procesos de ósmosis inversa y generación eléctrica, para su posterior reutilización en la central termoeléctrica Quevedo II.". Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Recuperado el 23 de Enero de 2020, de <http://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3767/1/T-UTEQ-0043.pdf>
- De la Cruz Flores, L. F., Lucero León, M. E., Cordova Garay, J. G., Rosas Vargas, G. K., Pacora Chirito, J. J., & Yarleque Yovera, J. (14 de 10 de 2018). Calderas. Huacho-Perú: Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Recuperado el 28 de 11 de 2019, de https://www.academia.edu/8723090/Libro_Calderas
- Editorial. (18 de Marzo de 2013). Importancia.org. Obtenido de <https://www.importancia.org/combustible.php>
- Editorial. (2013). Petropar.gov.py. Recuperado el 19 de Diciembre de 2019, de <http://www.petropar.gov.py/index.php/2012-02-08-08-18-09/fuel-oil>
- Gómez Molina, L. L., & Merchan Bermudez, A. M. (Agosto de 2016). Caracterización fisicoquímica de los lodos provenientes de una planta de tratamiento de agua residual industrial de una empresa de café del departamento de Caldas. Manizales: Universidad Católica de Manizales. Recuperado el 26 de Noviembre de 2019, de <http://repositorio.ucm.edu.co:8080/jspui/handle/10839/1305>
- Hamilton Wilson, M., & Pezo Paredes, A. (2005). Formulación y evaluación de proyectos tecnológicos empresariales aplicados. Colombia: Convenio Andrés Bello.
- Muentes, A., & Jaramillo, M. (s.f.). Mejora del proceso de tratamiento de combustible en la unidad de negocio termopichincha-central quevedo aplicando PMBOK (Project Management Body of Knowledge). Quevedo: Unidad de Negocios Termopichincha-Central Quevedo. Recuperado el 05 de 01 de 2020, de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/8878/1/AC-%20MGP-ESPE-048270.pdf>
- RO-DES. (18 de Julio de 2019). Recuperado el 26 de Diciembre de 2019, de <https://www.ro-des.com/mecanica/el-diesel-o-gasoil/>
- Rogel Soliz, E. J. (2015). "Análisis y descripción de las etapas: recepción, tratamiento y despacho de combustible jet fuel del terminal de productos limpios Beatereo". Quito: Universidad Tecnológica Equinoccial.
- Yunda Méndez, E. (2017). Estudio de la estabilidad intrínseca de mezclas de fuel oil base y cutter stock para la obtención del fuel oil comercial. Quito: Universidad Central del Ecuador. Recuperado el 20 de Enero de 2020, de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/13902/1/T-UCE-0017-0086-2017.pdf>