



UNIVERSIDAD DE MATANZAS

FACULTAD DE CIENCIAS TECNICAS

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA

**RECUPERACIÓN DE TURBO COMBUSTIBLE JET A1 A
PARTIR DE LA INTRODUCCIÓN DE LOS SISTEMAS DE
DRENAJES CERRADOS EN LOS TANQUES DE LA
REFINERÍA CAMILO CIENFUEGOS**

Trabajo final en opción al Título Académico de Especialista en Tecnologías de refinación de
petróleo

Autor: Ing. Vidalina Solangel Torres Aldana

Matanzas

2015



UNIVERSIDAD DE MATANZAS
FACULTAD DE CIENCIAS TÉCNICAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA E
INGENIERÍA QUÍMICA



CENTRO POLITÉCNICO DEL
PETRÓLEO
SEDE: CIENFUEGOS

**RECUPERACIÓN DE TURBO COMBUSTIBLE JET A1 A
PARTIR DE LA INTRODUCCIÓN DE LOS SISTEMAS DE
DRENAJES CERRADOS EN LOS TANQUES DE LA
REFINERÍA CAMILO CIENFUEGOS**

Trabajo final en opción al Título Académico de Especialista en Tecnologías de refinación de
petróleo

Autor: Ing. Vidalina Solangel Torres Aldana

Tutor: Ms. C. Pablo R Pérez Estévez

Tutor: Ms. C. Fernando Piñón Yanes

Matanzas

2015

NOTA DE ACEPTACIÓN

Presidente del Tribunal

Miembro del Tribunal

Miembro del Tribunal

Miembro del Tribunal

Miembro del Tribunal

Calificación

Ciudad, fecha



DECLARACION DE AUTORÍA

Yo, Vidalina Solangel Torres Aldana, mayor de edad, vecino de Edificio 18 Plantas # 19 Apto 1403 Pastorita, Cienfuegos, identificado con 54051000619, actuando en nombre propio, en mi calidad de autor del presente trabajo denominado:

Recuperación de turbo combustible jet a1 a partir de la introducción de los sistemas de drenajes cerrados en los tanques de la refinería Camilo Cienfuegos.

Hago entrega del ejemplar respectivo y de sus anexos en formato digital y 2 copias impresas y autorizo a la Universidad de Matanzas utilice y use en todas sus formas, los derechos patrimoniales de reproducción, comunicación pública, transformación, y distribución que me correspondan como creador de la obra objeto del presente documento. La presente autorización se hace extensiva no sólo a las facultades y derechos de uso sobre la obra en formato o soporte material, sino también para formato virtual, electrónico, digital, óptico, uso en red, internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y la realizó sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es de su exclusiva autoría y detenta la titularidad sobre la misma.

Para constancia se firma el presente documento a los 23 días del mes Octubre de 2015.

EL AUTOR



Vidalina S Torres Aldana

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todas aquellas personas que de una u otra forma, colaboraron o participaron en la realización de este trabajo, a todos mis amigos que me apoyaron, a mis tutores y a mi familia. A todos ellos les doy las gracias por ayudarme a hacer realidad esta idea.



ABSTRACT



ABSTRACT

Turbo fuel Jet A1 is the fuel mainly used for civil and commercial aviation, thus its importance for the world transportation. The jet fuel quality requirements are improved and upgraded every year. The existence of water particles, dust, impurities and bacteria in this fuel during its transit, storage, and before its commercialization are a danger to be avoided. This research objective is to analyze technological improvement, such as the closed drainage systems in the manual drainage system towards tanks as to reduce the current losses due to the tanks daily drainage of the products to avoid bacteria formation and water particles in the turbo fuel final products. In order to achieve that the author reviewed the literature relevant to close manual and automatic drainage systems in operation at the oil and aviation fuel industry. The research was developed in the area of the final turbo fuel products tanks focusing on the process and tanks drainage time in the crude and products movement area (MCP by its Spanish acronym) and losses were accounted. As simulation and calculation tool for the pipes system the author used the software Pipephase 9.5 de SIMSCI approved by PDVSA for its refineries and subsidiaries. For the closed drainage systems proposed, the author made the Class V and the profitability indicators were proposed. The results of the research showed that the introduction of the close drainage systems in the refinery Camilo Cienfuegos leads to a reduction of the jet fuel losses and the project profitability.

RESUMEN



RESUMEN

El turbo combustible Jet A1 es el combustible por excelencia utilizado para la aviación civil ó comercial de ahí su importancia para la transportación mundial. Los requerimientos de calidad del mismo se mejoran y profundizan cada año. En estos sistemas la presencia de partículas de agua, polvo, impurezas y bacterias durante el trasiego, almacenaje del producto y antes de su comercialización son un peligro a eliminar. La investigación, se realiza con el objetivo de analizar la introducción de mejoras tecnológicas como los sistemas de drenaje cerrados en el proceso de drenaje manual de los tanques con vistas a reducir las pérdidas de productos. Estas pérdidas se producen en la actualidad dada la obligatoriedad de drenar los tanques diariamente para evitar la formación de micro bacterias y la presencia de partículas de agua en los tanques de producto terminado de turbo combustible. Para esto fue necesario realizar una revisión bibliográfica sobre los sistemas cerrados de drenaje manuales y automáticos en operación en la industria del petróleo y la aviación. Se investigó en el área de tanques de producto terminado de turbo combustible sobre el proceso y tiempo de duración del drenaje de los tanques en el área de movimiento de crudo y productos de la refinería (MCP) y se contabilizaron las pérdidas. Se empleó como herramienta de simulación y cálculo del sistema de tuberías el software *Pipephase 9.5* de SIMSCI aprobado por PDVSA para sus refinerías y filiales. Se obtuvo el estimado de costo clase V para el sistema de drenaje cerrado propuesto y se determinaron los indicadores de rentabilidad. Los resultados demostraron que la introducción de los sistemas de drenaje cerrados en la refinería Camilo Cienfuegos conlleva una reducción del volumen de las pérdidas de este producto y que el proyecto es rentable.

Palabras claves

Turbo combustible Jet A1.

Separadores de Drenaje Gammom ()

Gammon Technical Products: Empresa especializada con reconocimiento mundial en el Manejo y Control de Calidad de Combustibles de Aviación desde 1960.

TABLA DE CONTENIDO



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I: ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO	4
1.1 Generalidades del proceso de almacenaje de turbo combustible.	4
1.2 Importancia del turbo combustible.....	6
1.3 Nuevas tecnologías para sistemas de drenaje de tanques.....	6
1.4 Control de la calidad del trasiego y almacenaje.....	10
1.5 Procedimiento de drenaje de un tanque de turbo combustible.	11
1.6 Requisitos para la entrega de combustible desde el tanque.....	14
1.7 Sistema de drenaje cerrado para los tanques de turbo combustible.....	15
1.8 Principios generales de funcionamiento de la tecnología	16
1.9 Simulador Pipephase v.7.....	20
CAPITULO II. DISEÑO METODOLÓGICO.....	25
2. Características operacionales del sistema de turbo combustible....	25
2.1 Funcionamiento del sistema de turbo combustible.	25
2.2 Diseño metodológico de la investigación científica.....	26
2.3 Estrategia de investigación.....	27
2.3.1 Método observación.....	27
2.3.2 Muestra.....	28

ÍNDICE

2.3.3 Población.....	28
2.3.4 Unidad de estudio.....	29
2.4 Estrategia de la investigación seleccionada.	29
2.5 Parámetros para el muestreo	30
2.6 Variantes de diseño para la introducción de la tecnología.	34
2.7 Alternativas para la valoración económica de la información obtenida.....	37
2.8 Estudio de Pre- factibilidad técnico económico.....	39
2.9 Bases para el estudio de Pre- factibilidad técnico económico.	39
CAPITULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	41
3.1 Volúmenes de drenaje por tanques.....	41
3.2 Tabla 3.1. Recopilación de los datos del muestreo.	43
3.3 Resultados de los cálculos hidráulicos.	51
3.2 Revisión del esquema tecnológico en función de los resultados de las corridas del <i>pipephase</i> y la investigación.	54
3.3 Carta de operación del sistema de drenaje cerrado en operación manual. 59	
3.4 Equipos que conforman el sistema de drenaje cerrado.	60
3.5 Estimado de costo conceptual.....	60
3.6 Conclusiones parciales del estimado de costos clase V y el estudio de pre-factibilidad.	69

ÍNDICE

CONCLUSIONES.....	70
RECOMENDACIONES	71
BIBLIOGRAFÍA	72
SIMBOLOGÍA.....	75
ANEXOS	76



INTRODUCCIÒN

Cuando una Refinería hace entregas directas a las instalaciones de un aeropuerto por cualquier medio de transporte, la práctica normal es que el combustible suministrado desde estas instalaciones hasta los aeropuertos tiene que satisfacer ciertas normas de calidad (en términos de suciedad y de agua), lo cual se logra con una combinación de instalaciones y procedimientos tales como: brazos de succión flotantes en los tanques de entrega y filtros separadores de agua y partículas en las tuberías de entrega. En realidad las refinerías que hacen entregas directas a los aeropuertos, están funcionando como instalaciones de distribución y deben satisfacer los mismos requerimientos que las instalaciones de distribución en los aeropuertos.

El combustible de aviación en las instalaciones, tiene que almacenarse en tanques verticales de techo fijo. No está permitido el almacenamiento en tanques de techo flotante.

Los almacenes de turbo combustible Jet A1, tienen las siguientes funciones:

- ✓ Garantizar la entrega de combustible mediante el uso de pailas y sistemas de abastecimiento centralizados a partir del plan de abastecimiento aprobado.
- ✓ Verificar la calidad, completamiento, correcto almacenamiento y conservación de los combustibles almacenados.
- ✓ Renovación parcial, completa y oportuna de los productos almacenados.
- ✓ Llevar un riguroso registro y control de los medios almacenados acorde a las exigencias del subsistema de control interno.
- ✓ Reducir al mínimo las pérdidas de producto de todo tipo durante las operaciones de recepción, almacenamiento y entrega, eliminando las que se ocasionan por violaciones o negligencias.
- ✓ Lograr una elevada preparación del personal de todas las categorías en la explotación de las instalaciones.
- ✓ Mantener un sistema de verificación, mantenimiento y reparación del sistema de detección, señalización, extinción de incendios y para la vigilancia y seguridad técnica.

Problemática:

El esquema de proceso de la refinería Camilo Cienfuegos prevé la producción, tratamiento y el almacenaje de 293 000 t/año (7000 barriles/año) de turbo combustible. Su objetivo es la comercialización de este producto de alta demanda como combustible de aviación para su venta en el mercado nacional y del Caribe.

Cumpliendo con el manual de operación de turbo combustible es necesario drenar el tanque de turbo cada día de trabajo y cada vez que se realice una operación de venta desde un tanque. El sistema de turbo en Área de Movimiento de Crudo y Productos (MCP) consta de 8 tanques de almacenaje y cada uno de estos tanques actualmente se drena a la línea 1061 diariamente y para cada entrega, por esta línea el combustible se envía al sistema de tratamiento de residuales (PTR) desde la línea de 3 y en algunos casos 2 pulgadas de diámetro de drenaje de los tanques a abertura completa de la válvula de drenaje. Actualmente todo este producto drenado (agua en suspensión +turbo) constituye una carga adicional al sistema de tratamiento de residuales aunque forma parte de las pérdidas permisibles del proceso, ya que no es posible su recuperación.

Problema científico:

¿Cómo reducir las pérdidas de turbo combustible Jet A1 en los sistemas de drenaje de los tanques de la refinería Camilo Cienfuegos?

Hipótesis:

¿Es posible técnica y económicamente disminuir las pérdidas de turbo combustible Jet A1 por concepto de drenaje utilizando un sistema cerrado de recolección del drenaje del fondo de los tanques?

Objetivo:

Proponer un sistema cerrado de recolección del drenaje del fondo de los tanques del turbo combustible Jet A1 en la refinería Camilo Cienfuegos que disminuya las pérdidas por concepto de drenaje.

Objetivos específicos:

1. Realizar estudio del arte sobre el tema de la investigación.
2. Evaluar en el área de estudio el método de drenaje empleado (procedimiento, tiempo de duración y capacitación de los operadores).
3. Evaluar el esquema tecnológico y los posibles impactos de la solución propuesta.
4. Seleccionar la mejor alternativa de solución que disminuya las pérdidas por concepto de drenaje.
5. Realizar un estudio de factibilidad técnico - económica de la propuesta a desarrollar.

Justificación de la investigación

La presente investigación se realiza con el propósito de que dado el caso que resulte factible lograr la aprobación del presupuesto para la ejecución de la Inversión de los sistemas de drenaje cerrado en los tanques de turbo combustible de la refinería a partir del cálculo del valor del producto recuperado en los sistemas de drenaje cerrados.

Los resultados esperados consisten en la recuperación de la inversión teniendo en cuenta el volumen de producto de turbo combustible recuperado de los drenajes y la reducción del efluente a la planta de tratamiento de residuales (PTR).

CAPITULO I: ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO

CAPITULO I: ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO

1.1 Generalidades del proceso de almacenaje de turbo combustible.

En el área de Movimiento de Crudo y Productos de la refinería (MCP) están construidos y en operación para el turbo combustible 8 tanques con una capacidad total de almacenamiento de 55 000 m³.

Todos los tanques son verticales de 12 metros de altura de techo fijo, 7 de ellos de 5000 m³ y 1 tanque de 20 000 m³ de capacidad respectivamente (Figueredo Eduardo, 1999-2005)

En el Bloque 9 y 10 en el Título 25 están construidos los tanques 25-1017, 1018 y 1019 y el Tk-25-1061 de 20 000 m³ de reciente construcción en el año 2010 y en el Bloque 8 en el Título 24 los tanques 24-1020, 1021, 1022 y 1023 que están habilitados para almacenar turbo combustible.

Se recibe el producto por muelle y desde la planta combinada específicamente la planta de tratamiento MEROX y se entrega al mercado por los cargaderos de camiones, cargadero de FFCC y por el muelle.

Para la entrega de turbo combustible están instalados filtros separadores y micrónicos en todos los puntos de entrega al mercado que son: los cargaderos de camiones, de ferrocarril y el muelle así como para la recepción del producto en los tanques en el Bloque 8.

El turbo combustible es manejado mediante las bombas P-11/2-1024 y 1024-1, de 650 m³/h, marca HK-560/335-70 1-b de procedencia rusa.

Una vez terminado el proceso de recepción del producto en los tanques, éste debe permanecer en asentamiento durante el tiempo establecido para cada producto. El turbo combustible con asentamiento de 12 horas y posteriormente con asentamiento de 1 hora por cada 30 cm de altura de producto para efectuar la entrega. (López, 2011). Cumplido el periodo de asentamiento se procederá a medir el nivel de producto en el tanque, el agua la temperatura y el muestreo del mismo reflejando los resultados en el libro de incidencias.

CAPITULO I: ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO

Se han ejecutado a partir del año 2007 muchas mejoras en los tanques de turbo combustible como son, instalación de filtros separadores de agua y partículas, fondos cónicos en los tanques del título 25 y 24, brazos de succión flotante en algunos tanques de turbo combustible como en el TK-25-1061 y 1017, para la entrega del producto con calidad, sin contaminantes y cumpliendo con las normas vigentes para este producto.

Según el Reglamento nacional para combustibles de aviación página No 72, Capítulo 5.1.1.7. referido al sistema de drenaje, separación de agua y recuperación de combustible se cita:

“Cada uno de los tanques verticales, excepto los tanques intermedios de producción, tiene que estar provisto de un sistema rápido de drenaje, separación de agua y recuperación del combustible, para evitar el riesgo de perder producto o contaminar el medio ambiente.

Estos sistemas deben ser de fácil operación y el tamaño del tanque recolector debe ser mayor que el volumen del producto a extraer de la tubería de drenaje antes de obtener productos sin agua. Deben contar con bombas eléctricas, neumáticas o manuales para devolver el combustible al tanque, después que este último haya sido totalmente purgado. Además deben tener la posibilidad de extraer muestras de la tubería, mientras está pasando el combustible para efectuar análisis visuales. Es aconsejable que la tubería sea de un material no corrosible, seleccionado para evitar la acción galvánica que se crea entre metales diferentes, y de hasta 50 mm de diámetro.

Como alternativa para garantizar el drenaje de los tanques, estos tienen que estar provistos de un sumidero de punto bajo, tubería de purga y válvula apropiada para la purga del agua y del sedimento acumulado. Los tanques se drenarán por gravedad o, en caso que sea necesario, utilizando una bomba de achique. Se extraerá toda el agua que haya en todas las conexiones de drenaje del fondo, haciendo salir a pleno caudal una cantidad mayor que el contenido de la tubería de drenaje.” (ECASA, 2008)

En la refinería de Cienfuegos se está utilizando la alternativa del drenaje de los tanques por gravedad desde el sumidero de punto bajo (instalado en el fondo cónico del tanque con pendiente de hasta un 3 %) situado en el centro del tanque extrayendo toda el agua que haya

CAPITULO I: ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO

en la conexión de drenaje de fondo. No se está recuperando el combustible de los drenajes de los tanques.

Uno de los objetivos de este trabajo es realizar una investigación del cumplimiento por parte del personal del área del procedimiento de muestreo establecido para los tanques de turbo combustible y como se desarrolla éste en las instalaciones de MCP.

Otro objetivo del trabajo es demostrar que la introducción de las nuevas tecnologías existentes en el mundo semi-automáticas y automáticas permitirá la reducción de las pérdidas de combustible a una mínima expresión con el consiguiente incremento de la eficiencia de la Refinería.

1.2 Importancia del turbo combustible

El turbo combustible Jet A1 es el combustible por excelencia utilizado para la aviación civil ó comercial de ahí su importancia para la transportación mundial.




Su precio en el mercado del Caribe escenario base de precios (Jet Caribe) según los lineamientos para la evaluación económica de proyectos de inversión de Capital (LEEPIC 2012) de PDVSA para el año 2015 es de 105.74 USD/Bbl (PDVSA, 2013).

El cumplimiento de los requisitos de calidad de los combustibles de aviación es un requisito esencial para minimizar problemas de largo plazo tales como desgaste, corrosión o taponeo de los filtros u orificios (la limpieza de estos se define como la ausencia relativa de agua libre y partículas sólidas) y cambia durante el transporte. El control de la calidad debe ser tal que garantice que solo combustible limpio es entregado a las aeronaves.

1.3 Nuevas tecnologías para sistemas de drenaje de tanques.

Las nuevas tecnologías de avanzada a nivel mundial incluyen los sistemas de drenaje automático de tanques con tratamiento para el agua drenada y ofrecen las siguientes ventajas:

Operación automática.

-  Elimina el factor humano y minimiza los errores durante el proceso de drenaje.
-  No hay pérdidas de producto durante el proceso de drenaje.
-  No hay contaminación al sistema de aguas oleosas.

CAPITULO I: ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO

✚ Mantenimiento fácil.



Figura 1.1. Sistema automático de drenaje de agua para tanques de gasolina. (LTD Intecha, 2013)

En la figura 1.1 y 1.2 se muestran los sistemas de drenaje cerrado de operación automática en uso en tanques de almacenaje de productos del petróleo. Los resultados de la instalación de estos sistemas de drenaje en los tanques reducen la concentración de hidrocarburos en las aguas drenadas hasta 20 ppm de hidrocarburos, disminuyen las pérdidas de hidrocarburos y reducen la contaminación con aceites de las plantas de tratamiento de residuales.

En la figura 1.3 se muestra un separador de drenaje (TS). Este separador de drenaje se usa solo para drenar tanques aéreos, en su interior la separación se produce por gravedad, está equipado con una bomba, válvula de cheque y una línea de retorno por la cual el turbo recuperado es bombeado de regreso al tanque. Previene la contaminación del turbo con agua, son de fácil mantenimiento, el motor y la caja de conexión eléctrica son construidos a prueba de explosión, el separador está protegido internamente con resina epóxica. (Becker & Associates, Inc.) .

CAPITULO I: ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO



Figura 1.2. Sistema automático de drenaje de agua para tanques de gasolina. (Agar Corporation, 2015).



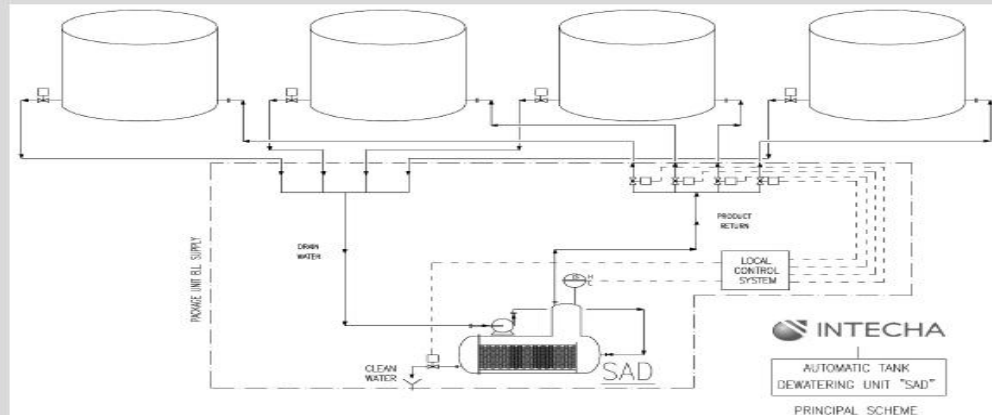
Figura 1.3 .Separador de drenaje. TS

La figura 1.4 muestra los detalles del diseño de detalle de un sistema de drenaje cerrado automático en explotación en una refinería de petróleo.

CAPITULO I: ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO

- Detail Design engineering
- EPC - package supply; supervision; start-up assistance

PROCESS EXAMPLE:



- **OIL/WATER SEPARATION** when draining
- **separated oil (hydrocarbons)** – return back to drained tank **NO NEEDS OF A SLOP TANK**
- **NO PRODUCT LOSS**
- **AUTOMATIC** operation – tank dewatering and separation
- **EFFLUENT < 20 ppm**



Automatic tank dewatering Unit for 4 gasoline storage tanks



Figura 1.4. Nuevas tecnologías para el drenaje automático de tanques. En la refinería RECOPE en Costa Rica (LTD Intecha, 2013).

CAPITULO I: ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO

1.4 Control de la calidad del trasiego y almacenaje.

Las especificaciones de calidad del producto (turbo combustible Jet A 1) a suministrar estarán de acuerdo a las normas vigentes (requerimientos) de los potenciales compradores, según (Defence, 2014) y Joint Fuelling System Check List (excepto la conductividad eléctrica) y el catálogo de especificaciones de los productos combustibles de Cupet DC-GC/C 0702 y además debe ir acompañada por la declaración de conformidad correspondiente. (Cupet, 2008) El suministrador entregará a bordo del tanquero, para aditivación directa por el cliente en su destino, tambores de aditivo STADIS 450 incluido en el acuerdo contractual entre el comercializador y el cliente. El STADIS 450 RDE / A /621 fabricado por INNOSPET LLC es el aditivo antiestático utilizado internacionalmente como disipador estático. Ver catálogo de productos de Cupet página 61/81. (Cupet, 2008)

El cumplimiento de la calidad será certificado por un inspector independiente, de acuerdo a los informes de ensayo de las muestras de los tanques de tierra realizados en el laboratorio de la refinería (incluido en los laboratorios certificados por Cupet), que deberán cumplir todas las especificaciones de la norma acordada y estar listos previamente al comienzo de la carga del tanquero nominado.

Tabla 1.1 Análisis realizados en el laboratorio de la refinería. Anexo 6.

Propiedades	Valor
Densidad @ kg/m ³	812.4
Acidez Total :mgKOH/g	0.0054
Contenido de Azufre wt%	0.118
Punto de congelamiento °C	-52.9
Punto Flash °C	45.07
Punto de Humo: mm	20.4
Aromáticos : vol.%	19.5
ASTM D86 10 vol. %:	176.5
ASTM D86 FBP °C	247.6

CAPITULO I: ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO

Las especificaciones actuales promedio del turbo producido son las mostradas en la tabla 1.1:

Las normas internacionales coinciden en los requisitos de calidad del turbo combustible de la Unión Cupet. El combustible que se produce en la refinería está en correspondencia con las normas antes mencionadas. Ver: (Comerciales, 2005) (PDVSA, 1990)

Las Características del turbo combustible según Catálogo de Cupet se muestran en el Anexo # 5.

Los riesgos para la salud humana durante su manipulación están claramente identificados: (Shell , 1999)

- ✚ Por ingestión, la aspiración por los pulmones puede causar neumonía química que puede ser fatal.
- ✚ El contacto prolongado/repetido puede reseca la piel originando dermatitis.
- ✚ En condiciones de poca higiene personal, una exposición prolongada puede originar irritación, acné o foliculitis y verrugas que podrían llegar a ser malignas.
- ✚ La exposición prolongada a vapores/nieblas en concentraciones superiores al TLV recomendado, puede causar: dolor de cabeza, vértigo, náuseas, irritación de los ojos, vías respiratorias, garganta, vía digestiva, asfixia, inconsciencia o incluso la muerte.

1.5 Procedimiento de drenaje de un tanque de turbo combustible.

Los procedimientos vigentes y que deben ser cumplidos durante la operación de drenaje de los tanques de turbo combustible de en las refinerías son:

- 1 Reglamento nacional para combustible de aviación.
- 2 Reglamento para turbo combustible de la Unión Cupet
- 3 Procedimientos de trabajo de la refinería

A: De acuerdo al Reglamento nacional para turbo combustible de aviación.

(ECASA, 2008). Las operaciones a realizar son:

1. Medir el contenido de producto del tanque antes de efectuar el drenaje, y anotar en la libreta de medición.
2. Abrir la válvula de drenaje a máximo caudal hasta que se evacúe hacia el tanque colector el volumen de la tubería de drenaje.

CAPITULO I: ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO

3. Tomar muestra de 1 litro durante la operación de drenaje, por la válvula de fondo del tanque colector hacia un pomo de cristal de boca ancha, (transparente y limpio) o visualizador.
4. Realizar visualmente las pruebas de apariencia y contenido de agua con la utilización de la cápsula Shell.
5. Cerrar la válvula y colocar los sellos, tomar la enumeración de los mismos y anotarlos en la libreta de medición.
6. Finalizada la operación de drenaje, medir el contenido de producto del tanque y anotar en la libreta de medición.
7. Determinar la diferencia entre el volumen de agua medida antes y después del drenaje. Anotando este valor como volumen extraído de agua y para las tuberías y filtros.

Los siguientes métodos permiten determinaciones cuantitativas.

En caso de que la muestra de drenaje no esté limpia, ni clara, con suciedades o impurezas sólidas, o contenga agua, continuar drenando hasta eliminarlas.

1. Agua libre y contaminación por partículas en combustibles destilados (procedimiento de pasa/no pasa de claro y brillante).
2. Los procedimientos con el método de ensayo ASTM D 4176 proporcionan métodos rápidos pero no cuantitativos para detectar contaminación en un combustible destilado.

En caso de que se detecte presencia de lodos, fetidez e impurezas que puedan estar asociadas a contaminación microbiológica. Solicitar los servicios del Centro de Investigaciones del Petróleo CEINPET para muestrear el fondaje del tanque y realizarle ensayos del conteo microbiológico.

Características de separación de agua.

La facilidad de combinarse del agua con el combustible está influenciada por agentes surfactantes y se determina por el método de ensayo ASTM D 3948 que está diseñado para ser usado como un método de campo o de laboratorio. Un elevado índice indica un combustible libre de surfactantes; un bajo índice indica la presencia de surfactantes. Los surfactantes, que

CAPITULO I: ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO

pueden ser contaminantes o ser añadidos deliberadamente, afectan el normal funcionamiento de los filtros, permitiendo que finas gotas de agua y partículas contaminantes pasen a través de los equipos separadores

B: De acuerdo a la Instrucción de seguridad para el drenaje de equipos, recipientes y tuberías de la refinería Camilo Cienfuegos. Página 7 y 8. (Albelo, 2011)

Para realizar el drenaje en áreas de tanques se debe cumplir con los siguientes requerimientos:

General: Los tanques se drenarán cuando se determine por medición la existencia de agua en su interior.

Los tanques con turbo combustible se drenaran con asentamiento de 12 horas y posteriormente con asentamiento de 1 hora por cada 30cm de altura de producto para efectuar la entrega diariamente.

Al mismo tiempo que se drena el agua se observa la apariencia del producto. Si este presentara una apariencia anormal se suspenderá el drenaje y se solicitará la autorización del jefe de sector para continuar haciéndolo.

Al realizar el drenaje de tanques se debe tener en cuenta: (Boris L López Albelo, 2011)

1. Conocer el agua que tiene el mismo antes de comenzar su drenaje.
2. No dejar desatendida una válvula de drenaje cuando se encuentre abierta.
3. No abrir más de un drenaje cuando se esté solo.
4. Para realizar el drenaje colocarse de espaldas al viento.
5. Prestar especial atención a la operación que se realiza y así evitar pérdidas o derrames que puedan crear una situación de peligro.
6. Al abrir el drenaje cuidar que las salpicaduras no alcancen el rostro u otra parte sensible del cuerpo, especialmente cuando se trata de ácidos o álcalis.
7. Antes de abrir la llave de sifa de un tanque, limpiar la rejilla del registro de drenaje para evitar que dicho registro se obstruya.
8. Mantener un flujo de salida del tanque igual al que es asimilado por el drenaje.
9. Durante tormentas eléctricas no realizar operaciones de drenajes en tanques.

Solo se utilizan las cápsulas Shell para los puntos de entrega a mercado.

CAPITULO I: ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO

Los requisitos incluidos en los acápite A y B deberán ser cumplidos para el drenaje de los tanques de turbo combustible.

En revisiones efectuadas a normativas internacionales (Fernández, 2008) para el muestreo de tanques se constata que en la refinería se cumplen las bases generales de las normas cubanas e internacionales.

En EL Anexo 6. Figura A-6.1 se muestran los principales componentes constructivos de un tanque de almacenaje de combustible y los elementos para la mejora de la calidad del trasiego y almacenaje del turbo combustible que debe incorporar un tanque que almacena dicho producto según la normativa vigente y son:

1. Brazo de succión flotante que permite succionar el producto para su comercialización desde la parte superior del nivel de liquido en el tanque.
2. Fondo cónico (hasta un 3 % de pendiente del fondo) con sifa de drenaje central que permite que las partículas de agua en suspensión o gotas de agua libre si las hubiera se acumulen en el punto más bajo y faciliten su extracción más efectiva.

1.6 Requisitos para la entrega de combustible desde el tanque.

Siempre que se cumplan las siguientes condiciones se puede autorizar la entrega de combustible desde el tanque a un aeropuerto:

1. Los resultados de los análisis de laboratorio están dentro de los límites de las especificaciones de calidad.
 2. Después de realizar el análisis visual de las muestras extraídas del punto de drenaje del tanque se obtengan los siguientes resultados:
 3. El producto está limpio, claro y brillante.
- ✓ La prueba con el detector de agua Shell de resultado negativo.
 - ✓ La densidad determinada por el laboratorio, del contenido del tanque, no se diferencia en más de $\pm 3 \text{ kg/m}^3$ de la densidad medida en los vagones de ferrocarril, buques y patanas recibidos del suministrador. Previo acuerdo la diferencia puede ser establecida en relación con el tanque del suministrador, principalmente si se transporta por turbo ducto.

CAPITULO I: ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO

- ✓ Para hacer la comparación, todas las cifras de densidad deben corregirse a la misma temperatura de referencia.
- ✓ No se autorizará la entrega de combustible desde el tanque, hasta que se encuentre una explicación satisfactoria de esa diferencia y se tomen las medidas necesarias.
- ✓ La conductividad debe ser no menor de 50 Ps/m.

La autorización para la entrega desde un tanque se anotará con los datos correspondientes en el Anexo 5.10 y los movimientos de combustible entre tanques se registran por Cupet en el Anexo 5.11 y por el IACC y las FAR por el Anexo 5.12 del Manual Nacional. (ECASA, 2008)

1.7 Sistema de drenaje cerrado para los tanques de turbo combustible.

La instalación de un sistema cerrado de drenaje para los tanques de turbo combustible debe tener en consideración las dimensiones del tanque a instalar, la distancia del mismo hasta el tanque separador de drenaje, y las dimensiones de los sumideros (sifa) de drenaje de los tanques. Así como el diámetro de la línea que llega al mismo,

Teniendo en cuenta la obligatoriedad del drenaje de los tanques para eliminar la formación de micro bacterias en el turbo combustible por el agua en suspensión que se puede formar por condensación dentro de los tanques. La instalación de un sistema cerrado de drenaje para estos tanques permite la reducción de las pérdidas por concepto de drenaje en tanques de producto terminado. Así como la reducción de la carga contaminante al sistema de tratamiento de residuales de la refinería en lo adelante PTR.

CAPITULO I: ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO

1.8 Principios generales de funcionamiento de la tecnología

Los principios generales para un buen funcionamiento de la tecnología y la obtención de resultados son:

1. Cumplir con el asentamiento del combustible en los tanques.
2. Cumplir con la obligatoriedad del drenaje diario de los tanques.
3. Muestrear los tanques según procedimiento.
4. Certificación de la calidad del producto.
5. Cumplimiento de las medidas de seguridad.
6. Utilización de la succión flotante en los tanques.
7. Maximización de la recuperación del producto.
8. Compatibilización de la instrumentación con el DCS existente en operación.
9. Instalación de los fondos cónicos en los tanques.

Según la experiencia recogida Muñiz (Muñiz, 2014) se confirma que: **Figura 1.6**

1. El tiempo de asentamiento del combustible en el tanque es directamente proporcional al aumento del tamaño de las partículas de agua y su posterior decantación.
2. La obligatoriedad del drenaje sistemático de los tanques para evitar la formación de agua en suspensión dentro del mismo o contaminación micro bacteriana.
3. El tiempo de asentamiento normado por Cupet de 12 horas más 1 hora por cada 30 cm de altura de producto en tanque favorece la decantación de las moléculas de agua.

La Figura 1.6 ilustra el Ciclo del agua en los tanques de turbo combustible Jet A1.

El tanque separador (TS) que se muestra en la **Figura 1.3 y 1.5**. Tipo Gammon (Marca registrada para tanques separadores en servicio en el aeropuerto de Varadero con buenos resultados) con la bomba para el retorno del combustible al tanque de almacenamiento con un flujo de $2.5 \div 3 \text{ m}^3/\text{h}$. El volumen promedio de drenaje de los tanques de 5000 m^3 es de 0.5 m^3 .

CAPITULO I: ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO

Separador de drenaje :



Figura 1.5. Separador de drenaje (HydrocarbonsProcesing, 2015)

El tanque separador (TS) que se muestra en la Figura 1.5. Es utilizado para recibir el combustible drenado de los sumideros de los tanques de almacenamientos y filtros separadores. Este equipo permite realizar el drenaje obligando a que el combustible mezclado con el agua penetre tangencialmente, originando un torbellino el cual provoca la decantación rápida del agua por la acción de la fuerza centrífuga y la diferencia de densidad con el combustible. Una vez decantada el agua, utilizando el mismo principio del embudo, separa el agua drenándola por la parte inferior del cono y enviándola a través de la red de tuberías al tratamiento de aguas contaminadas y dejando solo combustible limpio en el tanque. Una vez que el combustible se comprueba de forma visual y con la prueba expresa de que está libre de agua, se devuelve a través de la bomba nuevamente al tanque de donde proviene o a un tanque de asentamiento en dependencia de las reglamentaciones locales y el volumen de combustible necesario de drenaje de cada punto.

CAPITULO I: ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO

Tiempo de asentamiento de una gota de agua al recorrer un metro de altura en el combustible de aviación en reposo a una temperatura de 15°C.

Tamaño de la Gota de agua en micras	Tiempo de asentamiento en horas
20	5,2
40	1,5
60	0,85
80	0,5
90	0,4
100	0,3

Ciclo del agua en tanques para en el combustible de aviación.

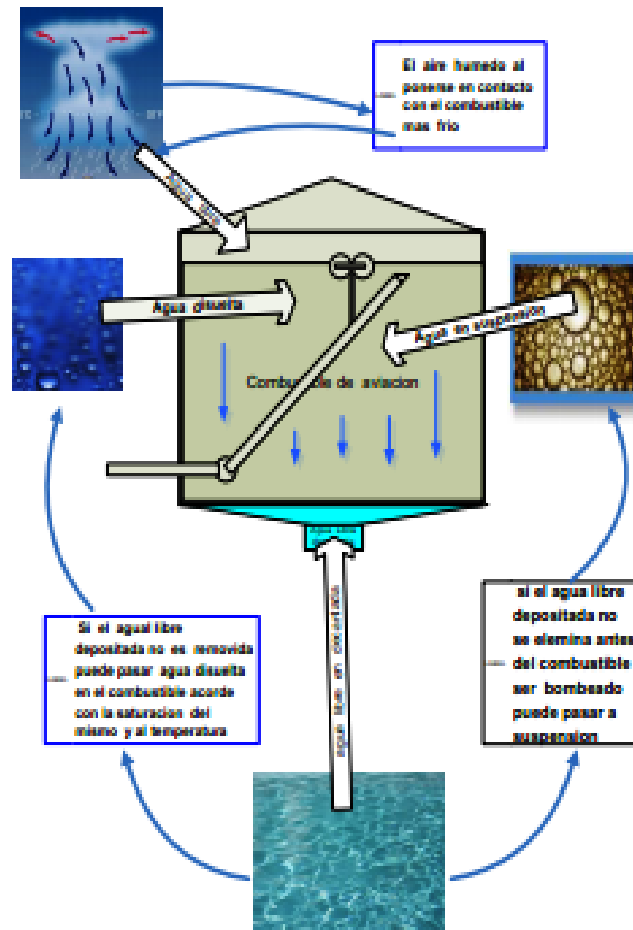


Figura 1.6. El Ciclo del agua en los tanques de turbo combustible Jet A1. **Fuente:** Muñiz, 2014

Tanque de decantación



Figura 1.8. Tambor de recolección o decantación.

La Figura 1.8 muestra el tanque de decantación o tambor recolector de drenaje en lo adelante (TRD) .Es un tambor de acero con protección epóxica diseñado con el volumen mínimo calculado según la cantidad de drenaje mínimo que se realiza en la instalación y será utilizado para depositar el combustible con poca agua en suspensión que no se logra decantar en el separador (TS)

La capacidad del tanque recolector de drenaje se diseñará para 8 m^3 de capacidad operacional y se estima que el volumen de condensación será de aproximadamente $1,25 \text{ m}^3$ /día para el tanque TK 25-1061 y de, $1,5 \text{ m}^3$ para los 3 tanques existentes del Título 25 lo que da un tiempo de cobertura de aproximadamente 2.5 días.

El caudal de la bomba para retorno de turbo combustible y la de trasiego de agua hacia el tratamiento de residuales, será de $3 \text{ m}^3/\text{h}$, lo cual permite el vaciado del tanque de recolección de drenajes en 2.5 horas aproximadamente.

CAPITULO I: ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO



Figura 1.9. Jarra toma muestra para turbo combustible

La Figura 1.9 ilustra una jarra toma muestra para turbo combustible. Esta jarra es diseñada en varios volúmenes; la más utilizada es la de 4 litros. Se utiliza para verificar visualmente la muestra de combustible. Es de cristal por lo que facilita el observar al detalle la muestra. El combustible entra en ella en forma de torbellino lo que hace que el agua y las partículas se depositen en el fondo de color blanco dejando ver claramente. Esta jarra tiene posibilidades de accesorios para poner el densímetro, el termómetro y el detector de agua, conocido como cápsula Shell, facilitando el control de calidad de la manera más ecológica.

El detector de agua, conocido como cápsula Shell y su uso se describe en las figuras 1.10 y 1.11

1.9 Simulador Pipephase v.7

El simulador (*PipePhase v7*) está recomendado en el Manual de Diseño de procesos para fase líquida (PDVSA, 2009) para redes de flujo de fluido. Este Simulador permite diseñar, evaluar y/u optimizar sistemas complejos de flujo de fluidos a nivel de producción en fase líquida, gaseosa o parcialmente vaporizada. Además se puede utilizar también para simular pérdidas de calor en sistemas de tuberías aéreas y soterradas.

Las simulaciones que entregó la empresa venezolana Noel Consult en el año 2011 durante el proyecto expansión de la refinería, para la evaluación de los sistemas de tuberías al muelle constituyen la experiencia anterior del uso de este software en la refinería de Cienfuegos.

CAPITULO I: ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO

El detector de agua conocido como "Capsula Shell" es un dispositivo de los más empleados a nivel mundial en la industria del petróleo y la aviación por ser un método sencillo y rápido utilizado para la determinación de la presencia de agua finamente dispersa que no está disuelta en combustibles la cual encontramos a concentraciones más bajas que las que normalmente son detectables por examen visual como son niveles tan bajos a menos de 30 ppm. Su nombre se debe a que fue desarrollado y puesto en el mercado por la conocida compañía inglesa Petrolera Shell oil Company y es utilizado entre otros para comprobar el trabajo de los filtros separadores y o monitores tomando la muestra después de pasado el filtro

DESCRIPCION

El detector consta de dos partes:



- Una jeringa hipodérmica común, de polietileno o nylon, de 5 ml de capacidad, con un accesorio de boquilla de tipo Record.



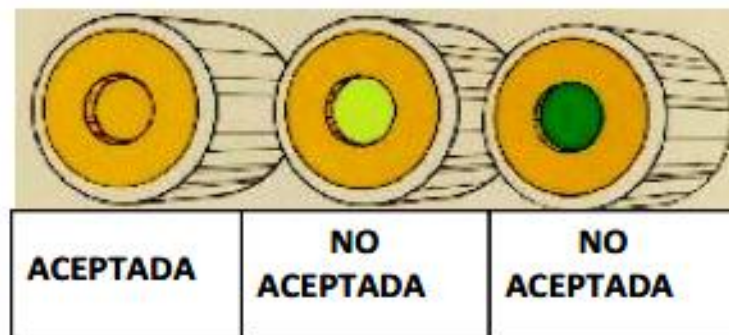
-Una cápsula detectora de plástico que contiene un disco de papel de filtro tratado con sustancias químicas sensibles al agua.

CHEQUEO ANTES DE COMENZAR A EJECUTAR

- Examinar la parte inferior del tubo que contiene las capsulas chequeando la fecha para asegurar que las cápsulas no tienen pasado su fecha de caducidad.
- Examinar que la jeringa funcione libremente sin trabarse al deslizarse y que la boquilla no está dañada
- Garantizar el dispositivo o frasco utilizado para la muestra está limpio y libre de agua

Figura 1.10. Descripción de la cápsula Shell.

CAPITULO I: ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO



SIEMPRE DEBE TENER EN CUENTA

- ❖ Al extraer LA CAPSULA para el análisis se debe volver a cerrar inmediatamente con su tapa de rosca el tubo que contiene las cápsulas, a fin de evitar que se decoloren las restantes debido a la humedad atmosférica. No se deben dejar cápsulas no utilizadas desparramadas por cualquier parte ni se las debe llevar sueltas en los bolsillos.
- ❖ La capsula Shell es desechable es decir Cada cápsula se utilizará sólo una vez y luego se desechará, ya que su sensibilidad está en función de la cantidad de combustible que pasa por el papel (solo 5 ml).
- ❖ Las cápsulas para el detector de agua Shell se mantienen útiles durante nueve meses desde el momento de su fabricación. La fecha de caducidad (mes/año) aparece en la base de cada tubo de cápsulas y viene impresa también en un extremo de cada caja de diez tubos. En el fondo de cada caja también aparece un número clave (entre 1 y 10); este número, junto con la fecha de caducidad, hace posible que los fabricantes sepan la fecha exacta de fabricación (lote de papel y de sustancias químicas utilizadas, etc.); en toda comunicación relativa a defectos del detector de agua Shell, debe hacerse mención de ambos datos. La capacidad de reacción de las cápsulas al agua en suspensión disminuye considerablemente cuando tienen más de aproximadamente 9 meses; la contaminación con agua del combustible de turbinas puede ser indicada incorrectamente por cápsulas más viejas.



Figura 1.11. Uso de la cápsula Shell. Criterios de aceptación de la prueba.

Precio de mercado de la cápsula: 1.45 USD

CAPITULO I: ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO

El requerimiento primordial en los diseños de tuberías consiste en encontrar el diámetro interno que permitirá cierto flujo requerido a una presión dada. Y usualmente este procedimiento involucra un procedimiento de tanteo. Por lo que la utilización de un software que reduzca el tiempo empleado para el cálculo de los sistemas resulta de utilidad en el proceso productivo para manejar los cambios que se introducen en el mismo.

La ecuación básica para el cálculo de caída de presión para líquidos en tuberías y accesorios es la ecuación de Bernoulli generalizada, la cual asume densidad constante.

$$-\frac{F_2 \Delta P}{\rho} = \frac{\alpha \Delta(V_2)}{2g_c} + \frac{g \Delta Z}{g_c} + F \quad (1.1)$$

En unidades métricas

F = Fricción o pérdida de cabezal	kPa.m ³ /kg
g = Aceleración de la gravedad	m/s ²
g _c = constante dimensional	1x10 ³ kg/ KPa.m.s ²
ΔP = Cambio de presión	KPa
V = Velocidad del fluido	m/s
ΔZ = Elevación	m
P = densidad	kg/m ³
α = constante dependiente del perfil de velocidad	
α = 1.1 para flujo turbulento	
α = 2.0 para flujo laminar	
F = factor = 1	

Para el caso de simulación de flujo en fase líquida el principio de operación del software asume la viscosidad y la densidad constante. Y que el flujo es isotérmico a través de la sección transversal del tubo (ignorando cualquier cambio de temperatura a lo largo de la tubería) luego entonces la caída de presión puede ser calculada dividiendo la tubería en un número "n" de tramos y calculando la caída de presión en cada tramo. Lo que permite el dimensionamiento de la bomba adecuada para el sistema. Los datos de entrada y salida del software se emiten en un reporte en Excel resultante de la corrida del mismo, que incluye la

CAPITULO I: ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO

lista resumen de los resultados para cada tramo y nodo del sistema y la caracterización de la bomba que se utiliza en la simulación.

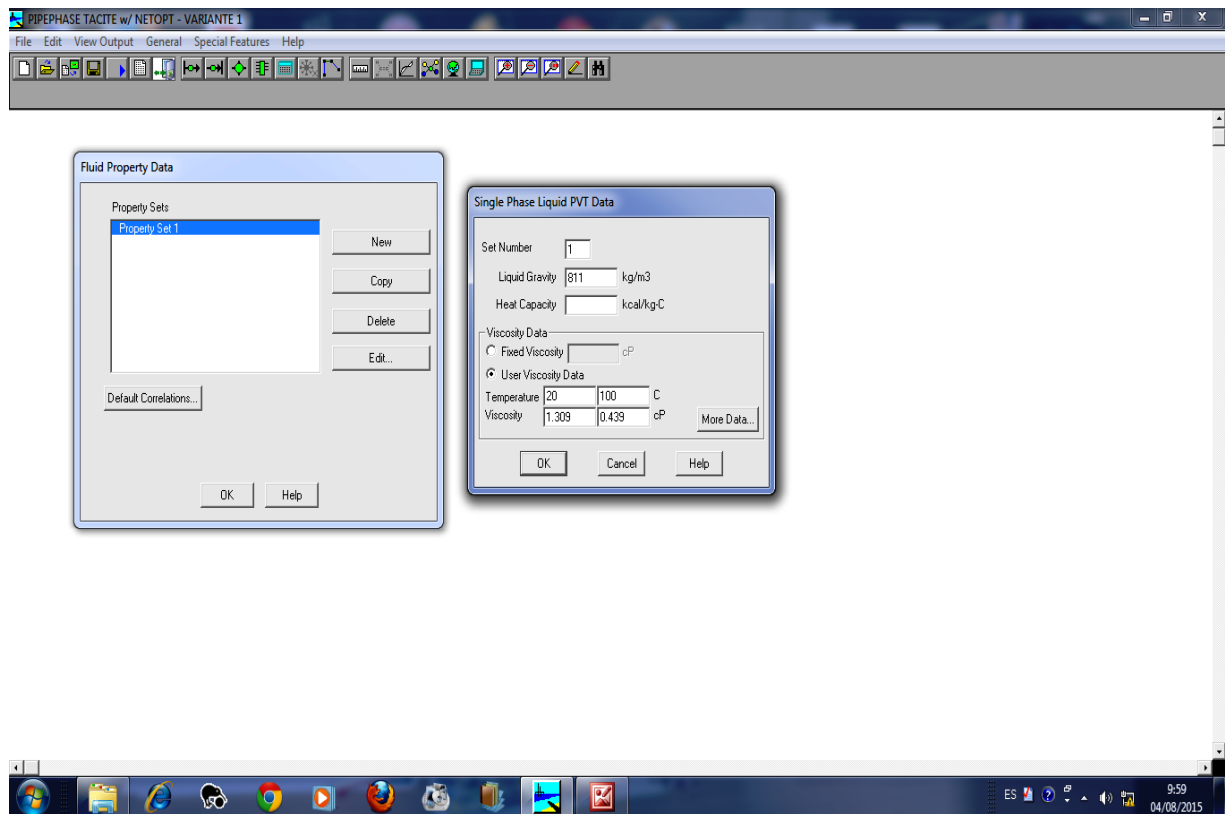


Figura 1.12. Introducción de las propiedades del fluido en el simulador

CAPITULO II. DISEÑO METODOLÓGICO

2. Características operacionales del sistema de turbo combustible.

2.1 Funcionamiento del sistema de turbo combustible.

En el Anexo # 1 (planos 1,2 y 3) se muestra la operación del sistema de turbo combustible en la refinería de Cienfuegos desde su fraccionamiento en la torre de destilación atmosférica, y tratamiento en la planta Merox (plano #1), el almacenaje (plano # 2), y la comercialización final del producto (plano #3).en línea continua aparece la instalación actual.

La investigación se llevará a cabo en el área de tanques de almacenaje de productos terminados títulos 24 y 25.Y el análisis técnico económico se realizará solo para los tanques del título 25 que consta con 4 tanques de almacenaje.

Para la recepción del turbo combustible en los tanques del título 25 desde la planta Merox se utiliza la línea existente de 80 mm de diámetro L 1111/1. El flujo de recepción es de 140 m³/h.

Para la recepción en los tanques del producto desde la planta de destilación atmosférica (sección 100) se utilizará la línea L 1104/6 de 80 mm de diámetro.

La recepción del producto desde Muelle hasta los tanques TK-25-1017, 1018,1019 y1061 se realiza por las líneas L 1111/4, L 1111/9 y L 1111/3 con una presión de descarga máxima de 7 kg/cm² y un flujo de 650 m³/h y para una presión de descarga máxima de 10 kg/cm², el flujo de operación será de 900 m³/h. El producto antes de la entrada al tanque pasará por filtros de entrada VM-01 y VSA-01 (filtro micrónico y filtro separador respectivamente), que se encargarán de eliminar las impurezas y el agua del producto, ubicados en el área de tanques de almacenaje de gasolina y fuel oil según plan general de la refinería en lo adelante Bloque 8.

Están instaladas en los tanques de turbo combustible TK- 25-1017 y 1061 tomas de succión flotante de 8 y 20” de diámetro respectivamente para la entrega de producto, para garantizar la entrega del producto a: muelle, cargaderos de camiones y ferrocarril, así como el trasiego entre tanques se interconectarán a la salida del los tanques las líneas L 1111/2 y L 1111/3.

CAPITULO II. DISEÑO METODOLÓGICO

La entrega del turbo combustible a muelle desde los tanques TK-25-1017, 1018,1019 y 1061 se realiza por las líneas L 1111/2 y L 1111/4 hasta los brazos de carga por medio de las bombas P11/1-1024, ó P11/1-1024-1 a un flujo entre 700 y 1000 m³/h.

También se puede efectuar la entrega del turbo combustible a muelle por gravedad mediante las líneas L 1111/3, L 1111/9 y L 1111/4 y por los filtros separador y micrónico instalados, el flujo oscila entre 50 -100 m³/h y depende de los niveles mínimos y máximos de producto en los tanques y de la máxima caída de presión permisible en los filtros.

Desde los tanques TK-25-1017, 1018,1019 y1061 el turbo combustible es succionado por la línea L 1111/3, enviado a la succión de las bombas P11/2-1025,1025-1 de reserva y por la línea L 1111/6 al cargadero de camiones del Título 96 a un flujo de 200 m³/h. El producto antes de ser entregado será filtrado en los filtros VM-02 Y VSA-02 marca FAUDI.

La entrega del turbo combustible al cargadero de FFCC se realizará por medio de las líneas L 1111/2, L 1111/5 y las bombas P11/2-1024-1 a un flujo de 200 m³/h, el producto será filtrado antes de ser entregado por lo que pasará por los filtros VM-03 y VSA-03.

Los tanques TK-25-1018 y 1019 no tienen instalados en la actualidad fondos cónicos, ni brazos de succión flotante.

2.2 Diseño metodológico de la investigación científica.

La elaboración acertada del diseño metodológico es de vital importancia para la ejecución de una investigación, pues define el tiempo necesario para su realización, el costo de la misma y la calidad de los resultados obtenidos, lo que está relacionado directamente con la experiencia del investigador, su preparación y nivel de actualidad en el tema que investiga, esto permitirá definir la estrategia de investigación más adecuada para cumplir los objetivos propuestos.

El diseño teórico ayuda al investigador a concretar su trabajo, pues en el mismo quedan definidos todos los elementos necesarios para buscar la respuesta al problema de investigación y el diseño metodológico le permite seleccionar las herramientas fundamentales para ejecutarlo.

CAPITULO II. DISEÑO METODOLÓGICO

En el diseño metodológico se define la unidad de estudio, la población, la muestra seleccionada, el esquema de investigación que está integrado por los métodos, procedimientos y técnicas a utilizar y las alternativas para la valoración estadística de la información obtenida.

2.3 Estrategia de investigación.

El método científico de investigación es la forma de abordar la realidad, de estudiar la naturaleza, la sociedad y el pensamiento, con el propósito de descubrir su esencia y sus relaciones.

2.3.1 Método observación.

Es uno de los métodos más utilizados en la investigación científica, debido a que es un procedimiento fácil de llevar a cabo y que exige técnicas de tabulación muy sencillas. De la misma forma permite percibir directamente, sin intermediarios que deformen la percepción, los hechos de la realidad objetiva, con lo cual se eliminan las deformaciones de otros métodos indirectos. En síntesis se puede entender la observación como el registro visual de lo que ocurre en una situación real, en un fenómeno determinado, que clasifica y consigna los acontecimientos pertinentes de acuerdo con algún esquema previsto. Sin embargo, para que éste cumpla con los requisitos de validez y confiabilidad, debe ser bien planeada, conducida de manera hábil y sistemática, así como tener la destreza para el registro de los datos y diferenciar los aspectos significativos de los que no lo son.

En general, el método de observación es sumamente útil en todo tipo de investigación: descriptiva, analítica y experimental.

La observación como método científico permite investigar el fenómeno en su manifestación externa, sin llegar a la esencia del mismo, es por eso que junto con la observación se trabajan otros métodos como son la medición y la experimentación.

Los instrumentos de medición a utilizar deben reunir un conjunto de requisitos. Los más importantes son validez y confiabilidad.

Según como se le quiera utilizar, la observación adopta diferentes modalidades: Para esta investigación se proponen las siguientes: **Sistemática y participante.**

- a) De acuerdo con el papel que desempeña el observador:

CAPITULO II. DISEÑO METODOLÓGICO

Estructurada o sistemática: Cuando el observador estructura un guión que le permite establecer de antemano los aspectos que desea observar, sistematizando los detalles más significativos para la investigación.

Se prevé uso de cronómetro para medir el tiempo de duración del muestreo, medidor de flujo digital para medir el flujo que se drenará y el análisis químico de laboratorio para medir el % de agua y turbo combustible en la muestra.

Observación participante. Cuando la persona que la realiza entra en contacto directo con la realidad que se estudia y se integra al grupo sujeto a investigación.

Los conceptos fundamentales que se deben tener en cuenta para enfrentar la investigación son: población, unidad de estudio y muestra.

2.3.2 Muestra

Es un grupo relativamente pequeño de unidades de estudio que representa las características de la población.

Tamaño de la muestra.

El número de unidades de estudio a incluir en la muestra para poder evaluar toda la población es una cuestión esencial que preocupa a todo investigador y para lo cual no existe una respuesta exacta, sin embargo, todos coinciden en que el tamaño de la muestra debe determinarse de acuerdo con las tareas de la investigación, el conjunto de técnicas y métodos que se emplean para hacer la selección y el grado de homogeneidad de la población desde el punto de vista de las cualidades que se emplean para su estudio.

Los dos primeros aspectos pueden ser decididos por el investigador pero el tercero se refiere a características objetivas de la población objeto de estudio, lo que indica que el criterio para seleccionar el tamaño de la muestra debe ser en lo fundamental cualitativo, es decir, debe analizarse las características de la población y los objetivos propuestos.

2.3.3 Población.

Cualquier conjunto de elementos que tengan una o más propiedades en común definidas por el investigador y que puede ser desde toda la realidad, hasta un grupo muy reducido de fenómenos.

CAPITULO II. DISEÑO METODOLÓGICO

Las principales características de una población se pueden resumir de la forma siguiente:

Las dimensiones cuantitativas y cualitativas de una población, son establecidas por el investigador de acuerdo con los objetivos propuestos y el nivel de explicación que se pretende con los resultados.

- Toda población puede incluirse en otra mayor o subdividirse en otras menores en función de los fines que se persiguen
- Siempre se debe partir de una definición clara y precisa de la población para evitar que la generalización de los resultados afecte la calidad de su aplicación.

2.3.4 Unidad de estudio.

Son los elementos, fenómenos, sujetos o procesos que integran la población y pueden ser individuos, grupos de personas, hechos, procesos, talleres, turnos de trabajo, empresas, documentos, etc.

Las unidades que integran la población se determinan de acuerdo con la naturaleza de la investigación y el diseño teórico elaborado.

En la mayoría de las investigaciones el estudio de poblaciones completas se hace muy costoso, complejo y afecta la calidad de los resultados. Es por eso que por lo general en las investigaciones científicas se trabaja con una muestra de la población y los resultados obtenidos son generalizados a toda la población de origen.

Como antecedente en el área se han realizado algunas mediciones del tiempo empleado por los operadores durante el muestreo pero no se cuenta con estadísticas al respecto.

2.4 Estrategia de la investigación seleccionada.

La estrategia de la investigación escogida para la demostración de la Hipótesis planteada para la tesis fue la Investigación por muestreo teniendo en cuenta que esta estrategia y los procedimientos que se utilizan para la ejecución del drenaje son las que establece el reglamento de Cupet para el trabajo en el área de MCP. Aplicando la instrucción técnica de operación para el drenaje de los tanques de almacenamiento de productos derivados del petróleo. (Gell, Yasnelis, Boris Lopez Albelo, 2011) y la instrucción de seguridad para el drenaje de equipos, recipientes y tuberías. RF-DMCP-IGS-21-02

CAPITULO II. DISEÑO METODOLÓGICO

Presenta las ventajas siguientes:

- Reduce el tiempo y los recursos materiales y humanos necesarios para realizar la investigación.
- Permite un estudio más profundo de la operación que se ejecuta y el chequeo del cumplimiento de las normativas establecidas para la operación, por lo que se obtienen datos de mayor valor que los recopilados con el estudio de la población completa donde no es posible una gran profundización.

Objeto de Estudio. Método de ejecución del drenaje de los tanques de turbo combustible en la refinería Camilo Cienfuegos.

Población: Tanques de turbo combustible en operación. (6 de los 7 tanques que almacenan turbo combustible).

Tk-25-1061	Capacidad: 20 000 m ³
Tk-25-1017	Capacidad: 5 000 m ³
TK-25-1018.	Capacidad: 5 000 m ³
TK-25-1019.	Capacidad: 5 000 m ³
Tk-25-1021	Capacidad: 5 000 m ³
TK-25-1022.	Capacidad: 5 000 m ³

Total de muestras:(3-5 tanques) * 30 días laborables >90 muestras

Unidad de Estudio: Drenaje diario de los tanques

Periodo de ejecución de la investigación: 24 de mayo- 30 de junio.

2.5 Parámetros para el muestreo

1. Hora de ejecución preferencial. 7.00-9.30 am. Ver Nota 1 al final del epígrafe.

2. Calidad del producto.

Análisis de laboratorio. Densidad, destilación ASTM D-86, % de agua, ASTM-D-4052. (ASTM, 2011).

3. Cumplimiento del procedimiento de trabajo. Medición diaria.RF-DMCP-IT-21-04 (Boris Alvelo, Yasnelis Gell. Mario Vega, 2011).

4. Anotación de la medición obtenida en el registro de control. Tabla de movimiento de productos en tanques. RF-DMCP-IT-21-08-02.

CAPITULO II. DISEÑO METODOLÓGICO

5. Tiempo de duración del muestreo. Cronómetro certificado del laboratorio. Marca Control Company. Certificado NC. Apto para el uso. No.1273703.

6. Turno de trabajo. Brigadas A, B y C.

Muestra: Ejecución del drenaje de los Tanques de turbo combustible durante el mes de abril- mayo- junio del 2015.

La operación de drenaje es realizada por los operadores B de MCP que atienden el área de tanques de productos terminados.

1^{er} paso: Lectura en el panel del nivel de los tanques que van a ser drenados pues se encuentran listos para entrega al mercado. Realizada por el panelista (operador A MCP).
Figura 2.2

2^{do} paso: Drenaje de los tanques.

a) Apertura rápida de la válvula (llave sifa) de drenaje hasta su apertura total. De manera tal que rompa el flujo laminar, genere turbulencia y arrastre el agua decantada en forma de micro partículas.

b). Conteo del tiempo de drenaje del tanque hasta 1 minuto conforme a lo estipulado en el Libro de órdenes del área.

c) Observación visual del producto que se drena en la sifa y su aspecto.

d) Cierre de la válvula de drenaje.

3^{er} paso: Lectura final en el panel del nivel de cada tanque que fue drenado. Figura 2.2

4^{to} paso: Cálculo del volumen drenado. Realizado por el especialista de control de la producción. Se usa la tabla ASTM 54B, para calcular el factor de corrección del volumen para derivados del petróleo por temperatura (F.C.V) a la densidad a 15 °C entregada por el laboratorio para el tanque que está para mercado. Figura 2.1

5^{to} paso: Actualización del registro de movimiento de productos en tanques. Anexo 11.Figura A-11.1

6^{to} paso: Envío de la información a la dirección de control de la producción. En esta área se calcula el volumen de producto drenado.

CAPITULO II. DISEÑO METODOLÓGICO

Determinación	U/Medida	Método	Resultado
Color Saybolt	-	ASTM D - 155/6045	4.22
Punto de Congelacion	°C	ASTM D 7153	55.5
Densidad a 15 °C	g/cm3	ASTM D - 4052	0.8113
Azufre FRX	%m/m	ASTM D - 4294	0.129
Temp. Inflamación CC, TAG	°C	ASTM D - 56	43.5
Destilación Inicial	°C	ASTM D - 88	80.0
10%			74.8
50%			203.2
90%			229.5
Destilación Final	° C	ASTM D - 88	44.6
Punto de Humo	mm	ASTM D - 1322	20.8
Hidrocarburos Naftalenoicos	%v/v	ASTM D - 1840	1.98
Aspectos a tener en cuenta: Tanques Terminados			
Fecha de Recepción: 27/5/2015		Fecha de Terminación: 27/5/2015	

Figura 2.1 .Reporte Tk-1061. (Software de YoKogawa incorporado al DCS).

En la refinería no se realizan análisis al producto drenado para comprobar el % de agua en suspensión en los drenajes.

Los filtros instalados a la salida de la planta MEROX impiden el paso de partículas de agua hacia los tanques de almacenaje, está en ejecución la instalación de 1 micro filtro y un separador de agua adicional en el Bloque 8 antes de la entrada del turbo a los tanques. Los análisis de laboratorio que se realizan al producto en los tanques luego de terminado el periodo de asentamiento no incluyen el muestreo del agua libre pues esta no existe en los tanques de turbo a mercado como se puede ver en las figura 2.2 y figura A-11.1.El agua en suspensión en los tanques producto de la condensación del aire es drenada diariamente para evitar la formación de micro bacterias.

En caso de duda por turbidez del producto drenado se utiliza la pastilla Shell para verificar la presencia de agua finamente dispersa en el combustible, que no se detecta de forma visual y que se encuentra en niveles más bajos que 30 ppm. Ver figura 1.10 y 1.11.

CAPITULO II. DISEÑO METODOLÓGICO

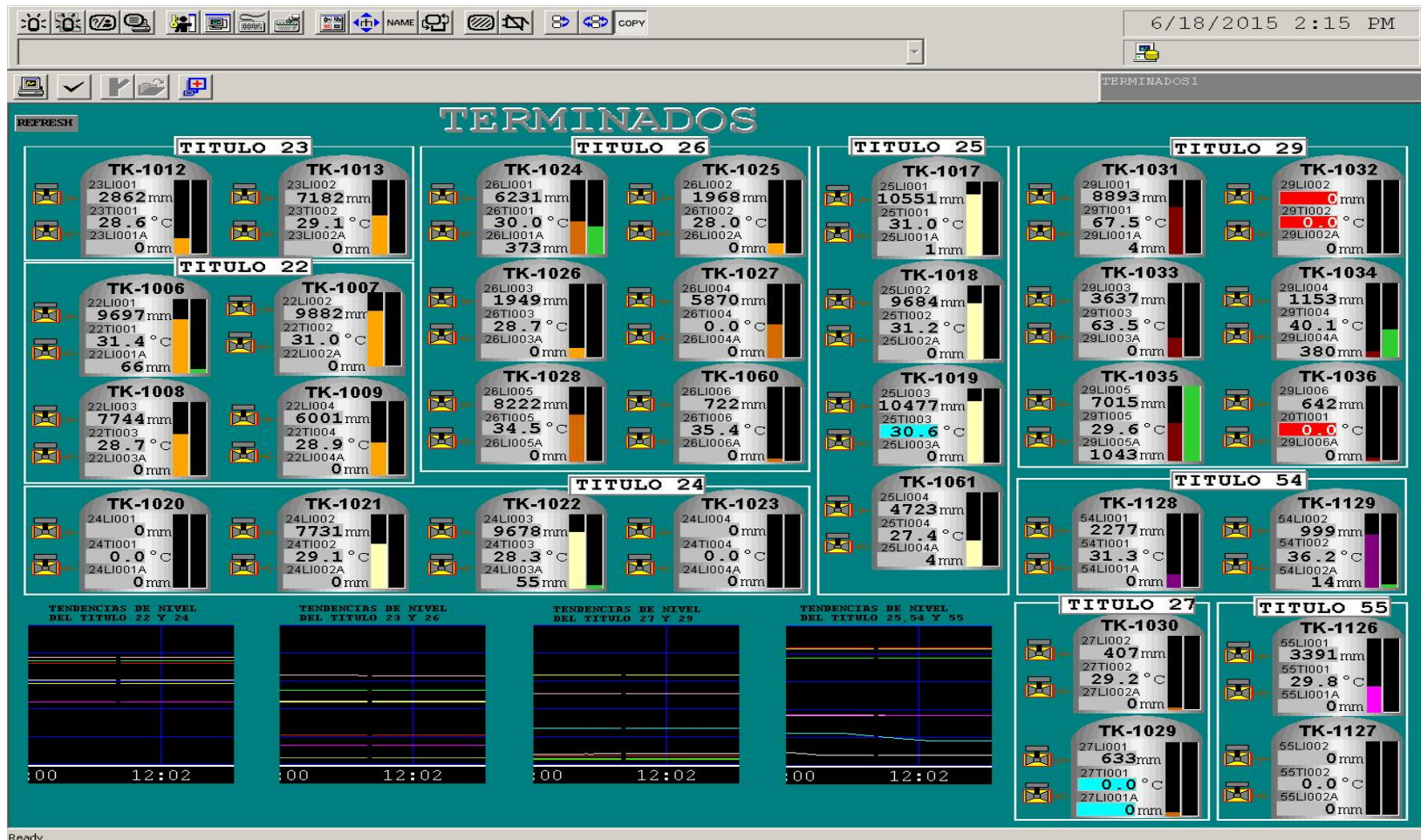


Figura 2.2. DCS. Panel de instrumentación, muestra del nivel de los tanques de productos terminados

CAPITULO II. DISEÑO METODOLÓGICO

La variación del volumen de almacenaje del producto en los tanques de turbo luego de realizado el drenaje de los mismos se muestra en la Tabla 3.1, epígrafe 3.2. A partir de estos datos, se cuantifica diariamente el volumen de producto drenado teniendo en cuenta la temperatura del producto almacenado, la densidad a 15 °C, el factor de corrección del volumen y el aforo del tanque. Con esta información se confeccionan los gráficos de comportamiento del drenaje en cada tanque, se calculan los volúmenes de drenaje diario y mensual y se grafican los resultados del volumen drenado por cada tanque.

Nota 1. En los casos en que los tanques cumplen el periodo de asentamiento para el mercado en horarios de la tarde, estos tanques serán drenados y analizados en este horario.

2.6 Variantes de diseño para la introducción de la tecnología.

Se utiliza el *software Pipephase* para el cálculo hidráulico del sistema y la presión de descarga de las bombas incorporadas en los tambores separadores teniendo en cuenta que el sistema propuesto de drenaje y almacenaje del producto recuperado involucra tanques y estacadas de tuberías existentes.

Se utiliza la bibliografía, el levantamiento topográfico del área Figura A-10.9 se ubicó en el plan general del área de tanques del título 25 los tambores separadores (TS_{1, 2, 3,4}) correspondientes a cada tanque con sus accesorios y el tanque colector de drenaje (TRD) con sus bombas y accesorios, se definieron las longitudes preliminares de las tuberías de la red. Se calcularon los diámetros de las tuberías para el sistema teniendo en cuenta los volúmenes máximos de producto drenado obtenidos durante la investigación y la distancia existente entre soportes en la estacada de tubería, que permiten minimizar la ejecución de obras civiles (ya que la refinería no cuenta con personal especializado para ejecutar obras civiles complejas) y la reducción de los costos de inversión. Las distancias entre equipos, las longitudes de las tuberías de interconexión, el nivel de piso y fondo de los tanques existentes que forman parte del esquema tecnológico de la red se tomaron del levantamiento topográfico.

Se elaboraron los planos para cada una de las variantes a considerar. Anexo 1. Plano 4 y 5. Anexo 10 figura A.10.10

CAPITULO II. DISEÑO METODOLÓGICO

Los datos obtenidos se introdujeron en el *software*, simulándose varias variantes de operación del sistema para comprobar la operación de la red.

Simbología utilizada en el software.

Para la variante de operación sin TRD

L = Tramo de línea L001÷ L007

J = Puntos de unión de los tramos J001÷J0067

Tk-1061, 1017,1018, 1019 = Fuentes de emisión del drenaje

Gammon= Fuente de alimentación de la bomba

Tk-1030= Tanque Receptor del producto drenado

Se realizan corridas del simulador para cada variante:

1. Sistema manual por gravedad

Se analizó el tanque emisor (TK-1061) más distante del tanque receptor (TK-1030) para varios niveles operacionales. Anexo 1.Plano 5 sin la operación de las bombas.

2. Sistema manual con la utilización de las bombas incluidas en los separadores de drenaje (TS).

Se analizaron las bombas de cada tambor separador para 2 variantes de flujo 3 y 5 m³/hr respectivamente. Anexo 1.Plano 5

3. Sistema automático con la utilización del tambor de recuperación de drenaje (TRD). Anexo 1.Plano 4

Se analizaron las caídas de presión del sistema y se calculó la bomba para 3 m³/hr del tambor de recuperación al tanque receptor de drenaje Tk-1030.

Luego de definido el esquema de la red se tomaron como datos de entrada para el cálculo en el software Pipephase los siguientes datos del producto turbo combustible.

1. Densidad del producto a 28 °C igual a 0.803 Kg/ m³
2. Viscosidad a dos temperaturas 20 y 100 °C igual a 1,309 y 0.439 cP respectivamente.
3. Flujo de operación estimado de las bombas entre 3÷5 m³/hr.
4. Longitudes estimadas , diámetros y accesorios de cada línea según los planos 4 y 5

Los datos de entrada así como los resultados de las simulaciones realizadas se pueden encontrar en los reportes de salida en Excel del software. Anexo # 12, Anexo # 13 y Anexo # 14.

CAPITULO II. DISEÑO METODOLÓGICO

El software se ejecutó con la secuencia que se muestra en el Anexo 10

- ✓ Abrir y nombrar la simulación a realizar. Figura A-10.1
- ✓ Seleccionar el tipo de simulación a ejecutar. Figura A-10.2.
- ✓ Seleccionar el tipo de fluido. Figura A-10.3
- ✓ Seleccionar las unidades de medidas. Figura A-10.4
- ✓ Confirmar las selecciones realizadas.
- ✓ Introducir las propiedades del fluido. Anexo 2 y Figura A-10.5
- ✓ Introducir los datos de la alimentación y del sistema. Figura A-10.6
- ✓ Introducir los datos de las tuberías de la red donde L es tramo de tubería y J punto de unión entre tramos. Figura A-10.7
- ✓ Simular la corrida operacional. Anexos 12,13 y 14
- ✓ Emitir reportes en Excel de los resultados. Figura A-10.8

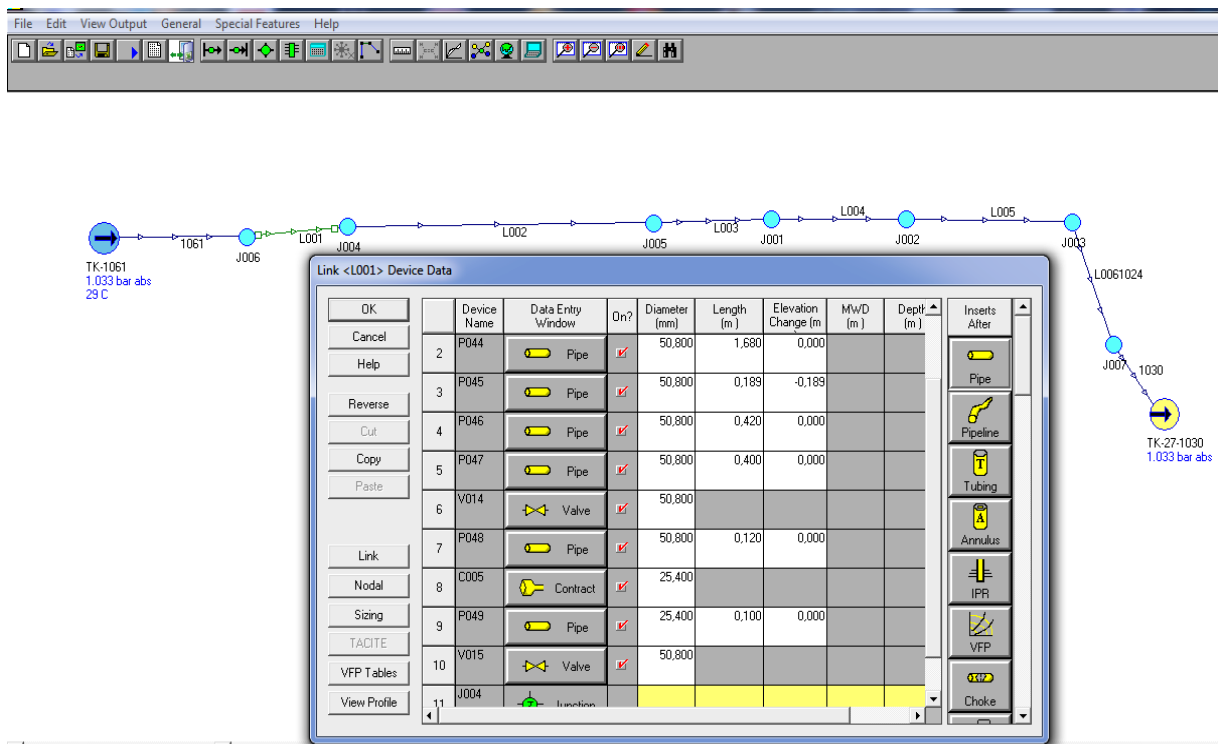


Figura 2.3 Introducción de los datos de las tuberías de la red.

CAPITULO II. DISEÑO METODOLÓGICO

2.7 Alternativas para la valoración económica de la información obtenida.

La propuesta que se analiza según la Metodología de PDVSA para la valoración de las Inversiones es una **Propuesta de reemplazo**: Que incluye los programas que no generan ingresos pero disminuyen costos de operación Pag 16/87 de las LEEPIC (PDVSA, 2013).

Las propuestas de reemplazo consisten en la comparación de alternativas relacionadas con:

Deterioro físico: Desgaste del activo que incrementa los costos de operación y de mantenimiento.

Obsolescencia funcional/ tecnológica: Disminución de la calidad, cantidad del producto o en su disponibilidad oportuna.

Se analiza la situación actual y las nuevas propuestas, siendo el objetivo la disminución de los costos. Se realiza una selección entre las nuevas opciones con el objetivo de determinar cuál es la menos costosa.

En la tesis se analiza la pérdida de productos por los drenajes debido al uso de métodos obsoletos para realizar los mismos.

La refinería comenzó la contabilización del volumen drenado de turbo combustible a partir del II trimestre del 2015 por lo que no se cuenta con estadísticas anteriores para los cálculos.

El volumen de drenaje diario de turbo combustible es contabilizado por la dirección de operaciones de la refinería en su balance diario de productos.

El quinto objetivo de este trabajo es realizar un Estimado de costo Clase V.

Los estimados de costos clase V se realizan para diferentes propósitos, como son: La planificación estratégica de negocios, evaluación de alternativas, estudios de ubicación y de pre factibilidad, que sirven para respaldar la toma de decisiones con respecto a los planes estratégicos a mediano plazo y para solicitar fondos para desarrollar la ingeniería.

En este caso el estimado de costos servirá de base para calcular los ingresos por concepto de disminución de las pérdidas y para justificar la ejecución del proyecto objeto de análisis: La instalación de los sistemas de drenaje cerrado en los tanques de turbo combustible en el área de almacenaje de combustible diesel y turbo combustible según plan general de la refinería en

CAPITULO II. DISEÑO METODOLÓGICO

lo adelante Bloque 9 cuya implementación permita disminuir las pérdidas de turbo durante los drenajes a la canalización.

Estimado de Costo Clase V: Es el estimado de costo que permite la definición del monto de la inversión de la tecnología a emplear en la etapa de conceptualización de un proyecto. Y permite una aproximación del costo de la inversión en un +/- 30 % del valor real.

Para el estimado de costo se utilizaron los precios de las ofertas de equipos similares solicitadas para el Proyecto Expansión realizado para la refinería de petróleo en el año 2012

A partir de las ofertas de equipos similares, solicitadas para el Proyecto Expansión de la refinería de Cienfuegos del año 2012 se calculó el valor del costo total de equipos de la propuesta en análisis para el año 2014. Anexo # 3 Tabla A.3.1. Figura A-3.1.

Para los equipos con diseños similares pero cuya capacidad de operación es diferente a las ofertas analizadas se aplicó una factorización del costo del equipamiento teniendo en cuenta las condiciones operacionales diferentes. Anexo # 3 Tabla A.3.2. Figura A-3.2

Debido a que los costos de los equipos estarán dado en un tiempo determinado, se actualizarán mediante la ecuación que plantean los autores Blank y Tarquin en la página 353 (Blank, 1999)

$$C_t = \frac{C_0 I_t}{I_0} \quad 2.1)$$

Dónde :

C_t = Costo estimado en el momento presente

C_0 = Costo en momento anterior

I_t = valor de índice en el momento t

I_0 = valor de índice en el momento t_0

Los valores de índice que se utilizarán para actualizar los costos son los de Nelson Farrar que se aplica a la construcción de refinerías de petróleos y se publican en la revista *Oil and Gas Journal* en el primer número de cada trimestre (Chauvel, 2003). Este índice considera la inflación del costo (HUMPHREYS, 2005)

Para el caso de los equipos que se determine su costo basado en costos referenciales de equipos de otras plantas, se le realizará un escalamiento mediante la fórmula de Peter (PETER Max, 1991)

CAPITULO II. DISEÑO METODOLÓGICO

$$\text{Costo equipo}_a = \text{costo equipo}_b \left(\frac{\text{capacidad equipo}_a}{\text{capacidad equipo}_b} \right)^n \quad (\text{Ec 2.2})$$

Donde:

n: exponente para costo de equipos. Figura A-3.2

Se utilizó para la estimación de los costos del proyecto el libro Manual de Estimado de Costos Conceptual (Page, 1996). Para la estimación de los costos directos del proyecto la tabla de la página 318 "*Ratio Percentages Direct Cost*" y para la estimación de los costos indirectos del proyecto se utilizó la tabla de la página 324 "*Ratio Percentages Direct Cost*".

2.8 Estudio de Pre- factibilidad técnico económico

El estudio de pre-factibilidad técnico económico a realizar tiene el objetivo de evaluar el impacto de la inversión propuesta.

La propuesta de inversión es una propuesta de reemplazo: Que incluye según la metodología de PDVSA programas que no generan ingresos pero disminuyen costos.

La introducción de esta tecnología tiene como objetivo la reducción de las pérdidas del producto turbo combustible que se producen durante el drenaje diario y obligatorio de los tanques de producto terminado que almacenan turbo combustible en la refinería Camilo Cienfuegos y la reducción de la carga contaminante a la planta de tratamiento de residuales (PTR).

2.9 Bases para el estudio de Pre- factibilidad técnico económico.

1. La estructura del estudio basada en la metodología dispuesta en el Decreto 118 de la ley de inversiones extranjeras.
2. USD = 1 CUC = 1CUP
2. Periodo evaluado: 2015-2035.(2035 vigencia de la empresa mixta)
3. Se consideraron las pérdidas promedio de turbo combustible como el 95-100 % del valor del drenaje resultado de la investigación ejecutada durante el trimestre abril-mayo- junio.

CAPITULO II. DISEÑO METODOLÓGICO

4. Se consideraron como precios promedio del turbo combustible y el diesel el valor promedio del 1 semestre del año 2015 entregado por el departamento de planeación y control de la refinería.
5. Precio del barril de turbo combustible USGC Platt's: 70.85 \$ (USD)/Bl real promedio de enero- abril 2015. Precio del barril de diesel 0.5 % S Platt's: 69.36 \$ (USD)/Bl real promedio de enero- abril 2015. Gerencia de planificación CUVENPETROL
6. Se estimó una operación de 350 días/año. (HQC/Technip, 2012)
7. Costo de mantenimiento 7 % del valor total de la inversión. (HQC/Technip, 2012)
8. Ejecutar la inversión con fondos propios por lo que no se requiere de un esquema de financiamiento.
9. Se propone un flujo de desembolso único para la inversión.
10. Para el cálculo de los indicadores económicos se utiliza una tasa de descuento de un 10 %.
11. El valor de la contingencia se fija en un 15 %. Datos tomados de las conferencias del Especialista en estimación de costos de PDVSA Ángel Córcega (Estimación de Costos, 2014)

Los cálculos para la pre-factibilidad económica se realizan basados en las fórmulas de cálculo del Excel así como el flujo de desembolso de la inversión. Anexo 15 y la tabla 3.6 del capítulo

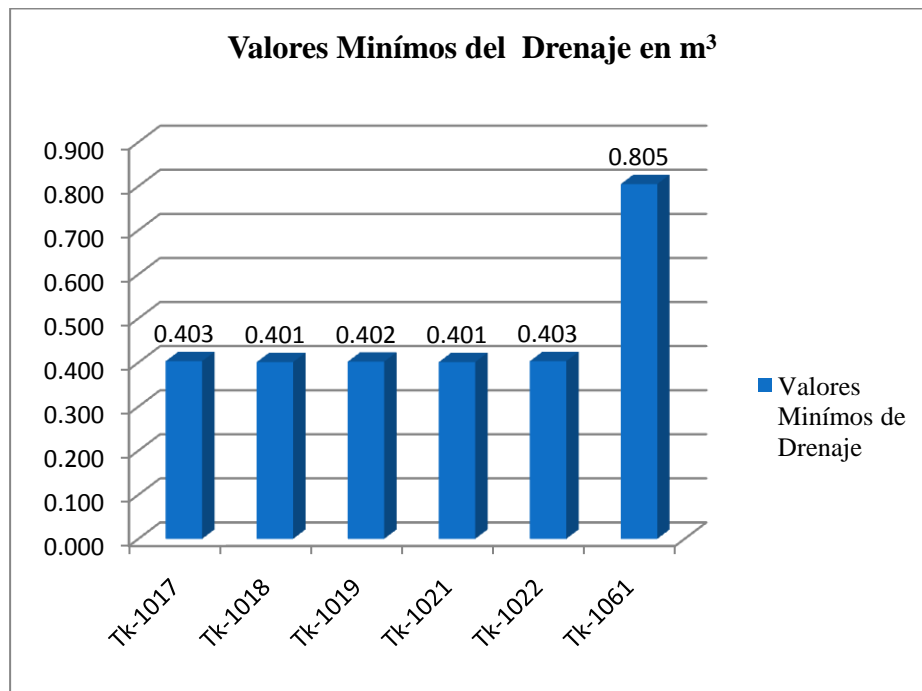
3.

CAPITULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

3.1 Volúmenes de drenaje por tanques.

Los resultados de la investigación realizada en el terreno durante el drenaje de los tanques de turbo combustible se muestran en la Tabla 3.1, epígrafe 3.2.

Los volúmenes de drenaje diario mínimo para cada tanque se muestran en la figura 3.1. Se constata que los volúmenes de drenaje mínimo para los tanques de 5000 m³ oscilan entre 0.401 y 0,403 m³ y para el Tk-1061 de 20000 m³ aumenta a 0,805 m³ para diámetros de tuberías de drenaje entre 2", 3" y 4" en un periodo de tiempo menor o igual a 1 minuto.



Figuras 3.1. Valores mínimos de drenaje en m³ Anexo 7. Figura A-7.3

CAPITULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Los volúmenes de drenaje diario máximo para cada tanque se muestran en la figura 3.2. Se ilustra que los volúmenes de drenaje máximo para los tanques de 5000 m³ oscilan entre 1.613 y 2,447 m³ y para el Tk-1061 de 20000 m³ aumenta a 3,294 m³ para diámetros de tuberías de drenaje entre 2", 3" y 4" en un periodo de tiempo menor o igual a 1 minuto,

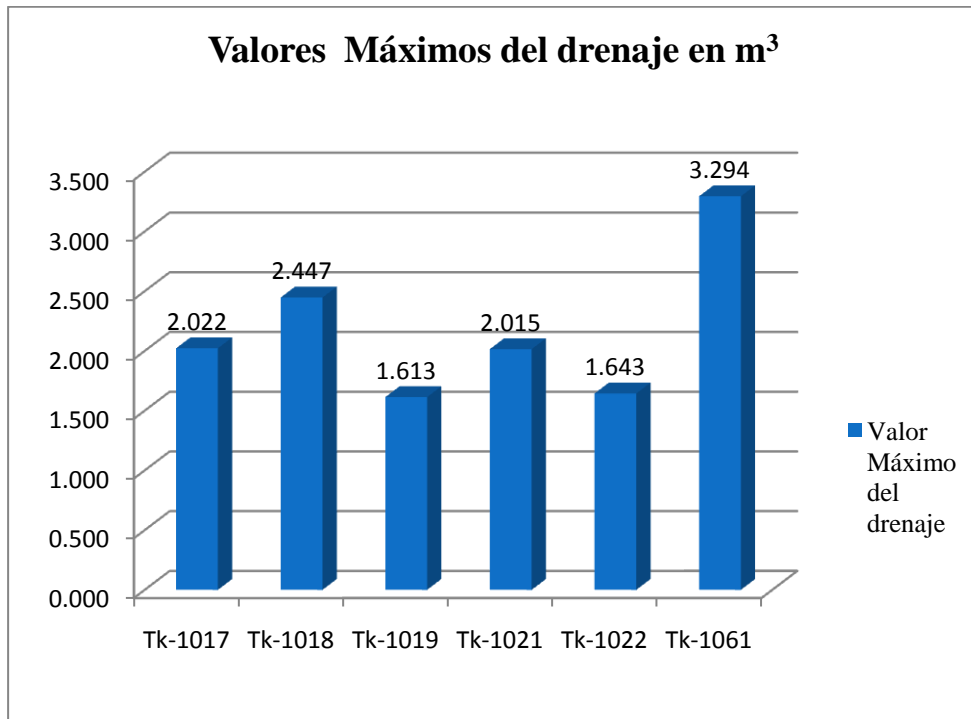


Figura 3.2. Valores Máximos del drenaje en m³. Anexo 7. Figura A-7.4

La Tabla 3.1 muestra los resultados de la investigación en el terreno. Con esta información se confeccionan los gráficos de comportamiento del drenaje en cada tanque, Figuras 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4.

CAPITULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

3.2 Tabla 3.1. Recopilación de los datos del muestreo.

No Muestra	No Tanque	Hora 7.00-7.30 am	Temp °C	Tiempo de toma de la muestra min:seg:cseg	Diámetro del drenaje pulgadas	% de agua	No del análisis de laboratorio Densidad 15 °C	Nivel 1 Antes del drenado mm	Nivel 2 Después del drenado mm	Volumen Drenado Calculado m ³
1	TK-1017	8:00	27.8	00:57:42	3	0	10036/0.8110	5682	5680	0.808
2	TK-1018	8:04	30.6	00:50:00	3	0	11615/0.8112	9457	9456	0.402
3	TK-1021	8:15	28.3	00:58:56	2	0	8054/0.8109	10249	10249	0.402
4	TK-1022	8:20	28	00:44:37	4	0	9850/0.8113	5555	5554	0.404
5	TK-1017	8:45	27.3	00:57:16	3 y 4	0	10036/0.8110	5251	5247	1.616
6	TK-1018	8:48	30.6	01:02:16	3	0	11615/0.8112	9304	9301	1.207
7	TK-1021	9:05	28.2	00:58:00	4	0	8054/0.8109	10208	10206	0.805
8	TK-1022	9:10	27.9	00:44:52	4	0	9850/0.8113	5067	5066	0.404
9	TK-1017	7:40	27.4	00:58:00	3	0	10036/0.8110	5042	5040	0.808
10	TK-1018	7:42	30.7	00:57:56	3	0	11615/0.8112	9152	9150	0.804
11	TK-1021	7:31	28.3	00:58:46	2	0	8054/0.8109	10164	10162	0.805
12	TK-1022	7:33	28.1	00:51:40	4	0	9850/0.8113	4760	4758	0.808
13	TK-1017	9:10	28.2	01:02:16	3	0	10036/0.8110	4529	4526	1.21
14	TK-1018	9:13	30.8	00:52:16	3	0	11615/0.8112	8979	8975	1.608

CAPITULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

15	TK-1021	9:26	28.3	00:58:36	4	0	8054/0.8109	10114	10111	1.207
16	TK-1022	9:32	28.1	00:44:50	4	0	9850/0.8113	4475	4474	0.404
17	TK-1061	9:17	29.1	00:58:20	4	0	9430/0.8113	10570	10569	1.641
18	TK-1017	8:00	28.1	00:57:55	3	0	10036/0.810	4665	4663	0.807
19	TK-1018	8:12	30.8	01:01:56	3	0	11615/0.8112	8830	8822	3.215
20	TK-1021	8:30	28.3	01:01:36	2 y 4	0	8054/0.8109	10066	10062	1.61
21	TK-1022	8:40	28.1	00:45:00	4	0	9850/0.8113	4510	4509	0.403
22	TK-1061	8:20	29	00:59:12	2 y 4	0	9430/0.8113	10566	10564	3.282
23	TK-1017	7:50	28.3	00:44:50	3	0	10036/0.810	4321	4320	0.403
24	TK-1018	7:52	30.8	00:57:55	3	0		8674	8672	0.803
25	TK-1021	7:54	28.3	00:58:52	2	0		10017	10015	0.804
26	TK-1022	8:00	28.1	00:45:10	4	0		4197	4196	0.404
27	TK-1061	8:04	29	00:59:10	2	0		10561	10560	1.641
28	TK-1017	15:00	28.6	Ver Nota 1	2	0	10036/0.810	4553	4553	0.000
29	TK-1018	15:01	31.3		3	0		8493	8492	0.402
30	TK-1021	15:02	28.5		2	0		9961	9960	0.402
31	TK-1022	15:03	29.0		4	0		4262	4261	0.403
31	TK-1017	8:00	28.3	00:57:54	3	0	10036/0.810	4601	4599	0.807
32	TK-1018	8:05	31.0	00:58:45	3	0		8396	8393	1.206
33	TK-1019	8:10	30.6	00:46:50	3	0		10600	10599	0.403

CAPITULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

34	TK-1021	8:22	28.4	00:58:41	2	0		9910	9908	0.805
35	TK-1022	8:27	28.9	00:51:00	4	0		5080	5078	0.808
36	TK-1061	8:15	28.9	00:59:10	2	0	12596/0.8115	10550	10549	1.641
37	TK-1021	8:20	28.6		4	0		9862	9858	1.610
38	TK-1017	8:00	28.2		4	0		4238	4236	0.806
39	TK-1018	8:00	31.1		3	0		8258	8257	0.402
40	TK-1019	8:00	30.6		3	0	13211/0.8111	10593	10589	1.613
41	TK-1061	8:31	28.8		4	0	12596/0.8115	10548	10546	3.282
42	TK-1021	16:50	27.9		2	0		9890	9889	0.403
43	TK-1022	16:52	27.3		4	0		10490	10488	0.810
44	TK-1017	16:16	27.5		3	0		3193	3192	0.403
45	TK-1018	16:18	29.6		3	0		6012	6011	0.402
46	TK-1019	16:20	30.6		3	0	12986/0.8111	10567	10565	0.806
47	TK-1021	8:00	27.8		4	0		9901	9899	0.805
48	TK-1022	8:00	27.2		4	0		10460	10459	0.403
49	TK-1017	8:00	27.2		3	0		2612	2610	0.807
50	TK-1018	8:00	29.4		3	0		5919	5916	1.207
51	TK-1019	8:00	30.6		3	0	13211/0.8111	10558	10555	1.21
52	TK-1021	10:50	27.2		2	0		9926	9925	0.403
53	TK-1022	10:52	26.8		4	0	13211/0.8112	10412	10410	0.809

CAPITULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

54	TK-1017	10:55	26.3		3	0		2669	2668	0.404
55	TK-1018	10:58	28.7		3	0		5768	5766	0.805
56	TK-1019	11.00	28.9		3	0	13211/0.8111	10540	10539	0.404
57	TK-1021	7:49	27.2	01:01:00	2	0		9974	9973	0.404
58	TK-1022	7:52	26.8	00:58:47	4	0	13211/0.8112	10345	10343	0.809
59	TK-1021	8:00		01:16:00	2	0		9665	9663	0.805
60	TK-1022	7:55		00:46:00	4	0	13211/0.8112	10302	10301	0.404
61	TK-1021		27.6			0		9701	9698	1.208
62	TK-1022		27			0		10260	10257	1.213
63	TK-1017		26.8			0		2536	2534	0.807
64	TK-1018		28.9			0		5320	5317	1.207
65	TK-1019		30.6			0		10518	10516	0.806
66	TK-1021		27.9			0		9054	9052	0.805
67	TK-1022		27.4			0	13665/0.8112	10197	10196	0.404
68	TK-1017		27.0			0		2539	2537	0.807
69	TK-1018		29.2			0		5207	5204	1.207
70	TK-1019		30.6			0		10516	10512	1.613
71	TK-1061		27.4			0	13840/0.8115	4821	4819	2.448
72	TK-1021		28.2			0		8794	8793	0.403
73	TK-1022		27.5			0		10130	10129	0.404

CAPITULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

74	TK-1021		28.2			0		8506	8504	0.805
75	TK-1022		27.5			0		10064	10061	1.213
76	TK-1017		27.2			0		2300	2298	0.807
77	TK-1019		30.6			0		10502	10499	1.210
78	TK-1061		27.4			0		4820	4819	0.805
79	TK-1021		28.4			0		8599	8597	0.806
80	TK-1022		27.7			0		9976	9974	0.809
81	TK-1018		30.9			0		10374	10372	0.804
82	TK-1019		30.6			0		10492	10491	0.403
83	TK-1061		27.4			0		4803	4801	2.451
84	TK-1021	8:16	28.5	00:48:30	2	0		8630	8629	0.403
85	TK-1022	8:20	27.7	00:40:24	4	0		9925	9924	0.404
86	TK-1018	00:00	30.8		3	0	14148/0.8113	10238	10236	0.804
87	TK-1019	00:00	30.6		3	0	14157/0.8111	10495	10493	0.806
88	TK-1061	8:07	27.4	01:19:10	4	0		4836	4834	2.445
89	TK-1021	7:38	28.8	00:50:00	2	0	14158/0.8111	8541	8540	0.402
90	TK-1022	7:36	27.9	00:50:04	4	0		9864	9862	0.808
91	TK-1018	8:32	31.0	01:00:02	3	0		10056	10054	0.804
92	TK-1019	8:35	30.6	00:55:00	3	0		10492	10491	0.403
93	TK-1061	8:30	27.4	00:53:16	4	0		4783	4782	0.813

CAPITULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

90	TK-1022	8:00	27.8	00:41:00	4	0		9788	9787	0.405
91	TK-1017	8:00	29.8	00:43:35	3	0		10555	10553	0.807
92	TK-1018	8:00	30.8	00:42:15	3	0		9888	9886	0.804
93	TK-1019	8:00	30.6	00:39:10	3	0		10484	10483	0.403
94	TK-1061	8:00	27.3	00:49:10	2	0		4718	4717	0.822
95	TK-1021	8:00	28.6	01:03:45	2	0		8254	8253	0.403
96	TK-1021	8:30	28.6	01:03:25	2	0		7689	7688	0.402
97	TK-1022	8:34	28	00:35:00	4	0		9706	9702	1.618
98	TK-1017	8:40	29.6	00:43:05	3	0	14266/0.8112	10553	10552	0.405
99	TK-1018	8:05	30.9	00:52:46	3	0	14148/0.8113	9728	9725	1.206
100	TK-1061	8:15	27.4	00:59:40	4	0		4748	4746	2.462
101	TK-1021	8:25	29.3	00:55:00	4	0		7416	7413	2.02
102	TK-1022	8:29	28.4	00:38:00	4	0		9614	9612	2.814
103	TK-1017	8:35	29.8	00:46:00	4	0		10551	10546	1.613
104	TK-1018	8:40	31.3	00:53:00	3	0	14148/0.8113	9561	9554	1.207
105	TK-1019	8:43	30.6	00:50:00	3	0		10479	10475	0.808
106	TK-1061	8:45	27.5	01:00:00	4	0		4733	4725	3.15 Ver Nota 2
107	TK-1021	7:44	31	01:04:25	2	0		8210	8209	0.402
108	TK-1022	7:48	28.9	01:03:03	4	0		9160	9158	0.808
109	TK-1017	8:20	28.8	00:59:52	4	0		9913	9912	0.405

CAPITULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

110	TK-1018	8:24	31.4	01:00:10	3	0	14148/0.8113	9337	9336	0.402
111	TK-1019	8:26	30.6	1:03:40	3	0		9040	9039	0.403
112	TK-1021	8:00	32.4	1:10:00	2	0		10519	10516	1.204
113	TK-1022	8:00	29.1	0:44:00	4	0		8836	8835	0.404
114	TK-1017	8:00	29.2	1:06:00	3	0		8971	8969	0.807
115	TK-1018	8:00	31.6	1:04:00	3	0	14148/0.8113	9329	9325	1.607
116	TK-1019	8:00	30	1:03:00	3	0	14159/0.8113	6743	6740	1.21
118	TK-1022	8:15	29.4	1:03:22	4	0	14712/0.8111	8020	8018	0.807
119	TK-1017	8:00	29.1	00:43:12	3	0		8820	8819	0.404
120	TK-1018	8:00	31.9	1:03:40	3	0	14148/0.8113	9294	9290	1.607
121	TK-1019	8:05	30.6	1:05:15	3	0		6746	6742	1.612
122	TK-1021	8:00	31.9	1:10:47	2	0	14714/0.8111	10285	10281	1.605
123	TK-1022	8:00	30.1	00:43:09	4	0		7632	7631	0.403
124	TK-1017	8:00	29.7	1:03:42	3	0		8715	8711	1.613
125	TK-1019	8:00	30.6	1:02:20	3	0		6755	6752	1.209
126	TK-1021	8:15	31.3	1:02:00	2	0		10224	10222	0.803
127	TK-1022	8:20	29.9	0:43:50	4	0		7320	7319	0.403
128	TK-1017	8:00	29.1	00:45:08	3	0		8517	8516	0.404
129	TK-1018	8:05	31.9	00:59:01	3	0		9135	9133	0.803
130	TK-1061	8:10	30.1	1:01:32	2	0		9700	9699	1.639

CAPITULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

La figura 3.3 muestra los volúmenes de drenaje totales para cada tanque durante el II trimestre del año 2015 periodo investigado para realizar el estudio de pre-factibilidad técnico económico. Anexo # 7. Figura A-7.1

La figura 3.4 muestra los volúmenes de drenaje por mes para el tanque TK-1061 de 20000 m³ de capacidad durante el II trimestre del año 2015. Anexo # 7 .Figura A-7.2

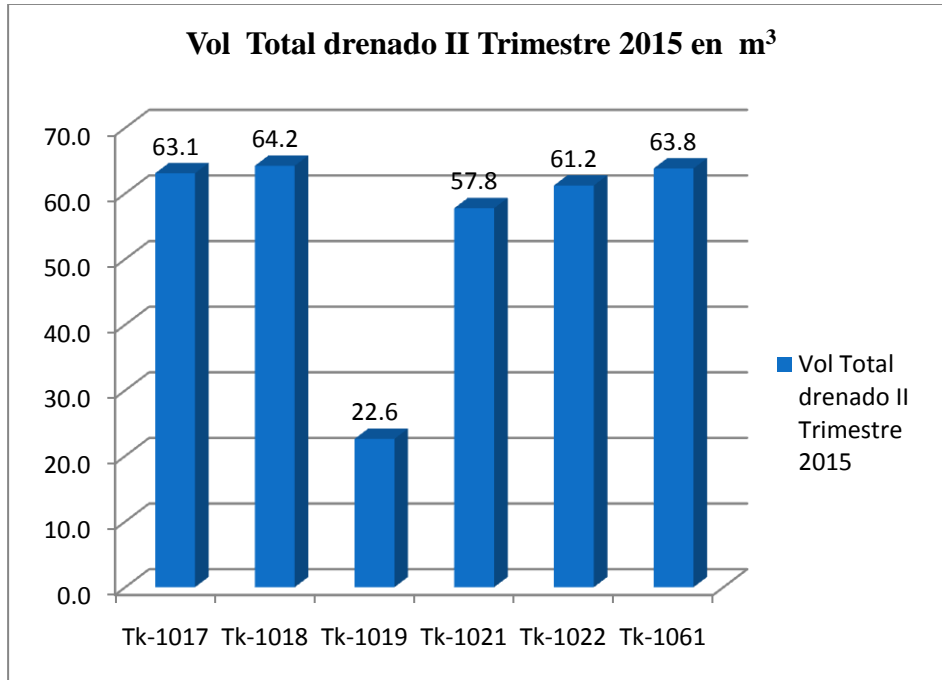


Figura 3.3. Volumen total drenado en el II Trimestre 2015.

El volumen total drenado en el trimestre en que se realiza la investigación para el grupo de tanques de almacenaje de turbo combustible del título 25 se muestra a continuación en la Figura 3.4

CAPITULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

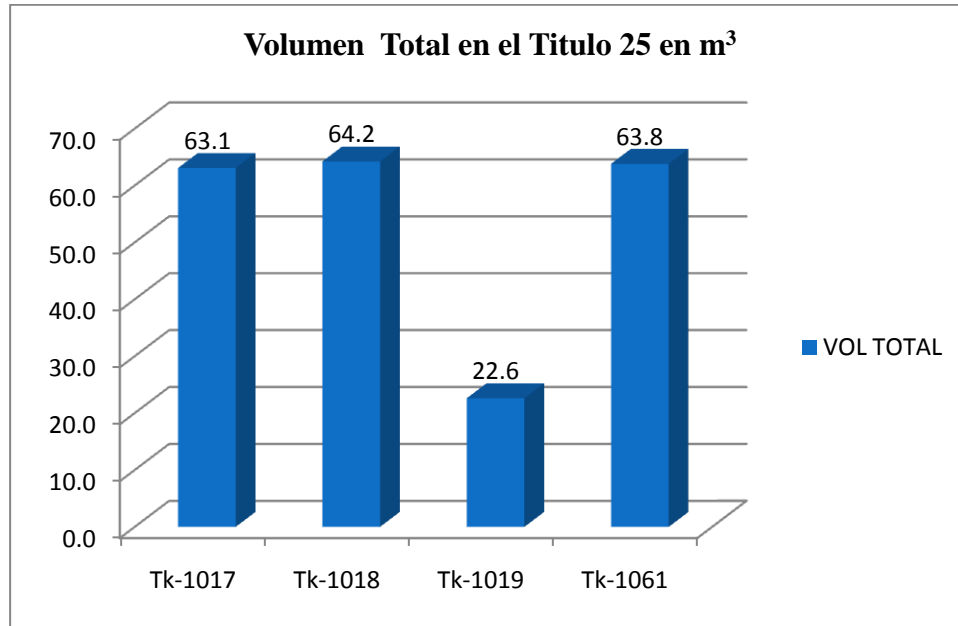


Figura 3.4 Volumen total drenado en el título 25 en el II Trimestre 2015

3.3 Resultados de los cálculos hidráulicos.

Los resultados del *software Pipephase* utilizado para el cálculo del sistema en las 3 variantes seleccionadas se muestran en los anexos.12, 13 y 14.

✓ Variante operacional por gravedad. Figura 3.7.

En la tabla 3.2 se muestran las simulaciones realizadas para el caso de operación de drenaje por gravedad para el Tk-1061 y se obtuvo como resultado, que el tanque emisor (TK-1061) puede ser drenado cuando el tanque receptor (TK-1030) se encuentra en el nivel mínimo. Ver reporte de salida en Excel del software pipephase en el Anexo # 12

Tabla 3.2. Resultados de la variante de cálculo del sistema por gravedad

CAPITULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Altura TK-1061	Altura TK-1030	Flujo	P _{entrada} TK-1030	P _{mín ent} (*) TK-1030
m	m	m ³ /h	atm	atm
10.6	7	3	1.63	1.55
7.6		0	1.45	1.55
4.6		0	1.21	1.55
1.6		0	0.98	1.55
10.6	4	8.4	1.35	1.32
7.6		4.3	1.35	1.32
4.6		0	1.21	1.32
1.6		0	0.98	1.32
10.6	1	11.3	1.11	1.08
7.6		8.5	1.11	1.08
4.6		4.3	1.12	1.08
1.6		0	0.98	1.08

(*) Corresponde a la presión hidrostática a cada nivel de tanque determinada por la siguiente expresión:

$$P_{min} = \frac{\rho \times g \times h}{101\,325} \text{ (atm)} \quad (3.1)$$

Donde:

ρ : Densidad del Turbo Combustible (kg/m³)

g : Aceleración de la gravedad (m/s²)

h : Altura del líquido en el tanque (m)

- ✓ Variante # 2. Operación manual de los separadores de drenaje en los tanques con la utilización de las bombas incluidas en los separadores de drenaje (TS). Figura 3.8.

Se obtiene como resultado una presión de descarga de las bombas de 2.0 bar_{abs} para flujos de operación de 5 m³/hr.

Se obtiene como resultado una presión de descarga de las bombas entre 1.9 y 2 bar_{abs} para flujos de operación de 3 m³/hr.

CAPITULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Los resultados de las variantes de cálculo desarrolladas para la variante # 2 se comparan a continuación.

Nivel del fondo del tanque TK-27-1030 = 17.84 m

Tabla 3.3. Resultados de los cálculos del software *Pipephase*. Anexo 13

Código del separador	Flujo m ³ /hr	Tanque drenado	Nivel del fondo del tanque	ΔH m	Presión Descarga de la bomba bar abs	Presión final en tk-1030 bar abs	Longitud total de tubería m
TS-1	5 m ³ /hr	TK-1019	20.04	2.2	2.0	1.25	274
TS-2	5 m ³ /hr	TK-1018	20.03	2.1	2.0	1.25	308
TS-3	5 m ³ /hr	TK-1017	20.03	2.1	2.0	1.25	344
TS-4	5 m ³ /hr	TK-1061	19.50	1.66	2.0	1.12	357
TS-1	3 m ³ /hr	TK-1019	20.04	2.2	1.9	1.18	274
TS-2	3 m ³ /hr	TK-1018	20.03	2.1	1.9	1.18	308
TS-3	3 m ³ /hr	TK-1017	20.03	2.1	1.9	1.19	344
TS-4	3 m ³ /hr	TK-1061	19.50	1.66	2.0	1.18	357

Las especificaciones de la bomba resultado de los cálculos del simulador *pipephase* son las que se muestran a continuación.

Pump Summary - Base Case								
Name	Actual Inlet Rate	Suction Pressure	Outlet Pressure	Outlet Temperature	Head	Efficiency	Power	Stage
	M ³ /HR	BAR	BAR	DEG C	M HEAD		KW	
P078	5.03	1.06	2.00	28.02	11.96	0.70	0.19	1.00

Figura 3.5. Especificaciones de las bombas de los TS. Anexo 13.

CAPITULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

- ✓ Variante # 3. Operación automática de los separadores de drenaje en los tanques incluyendo un sistema automático de detección de agua y drenaje de cada tanque de la batería.). Figura 3.9

En la figura. 3.6 se muestra que para la variante de drenaje automático simultáneo existe flujo reverso en la línea de drenaje (L015) del tanque Tk-1019 lo que conlleva incluir un sistema de retardo en la operación de apertura de la válvula de drenaje de cada tanque para evitar la apertura simultánea de las mismas.

Ver reporte de salida en Excel del software pipephase en el Anexo # 14.

El retorno del producto separado en el tambor recuperador TRD se propone al Tk-1017 por ser el tanque más cercano a la ubicación del TRD en el terreno

3.2 Revisión del esquema tecnológico en función de los resultados de las corridas del *pipephase* y la investigación.

El diseño de un sistema cerrado de drenaje para los tanques de Turbo combustible debe tener en consideración las dimensiones del tanque a instalar, la distancia del mismo hasta el Tanque separador de drenaje, así como el diámetro de la línea que llega al mismo y las dimensiones de la sifa (sumidero) de drenaje de los tanques según la (API, 2012).

El tanque separador (TS) se diseñó teniendo en cuenta que los sumideros instalados en los tanques de la Refinería acumulan un volumen entre 0.401 y 0.805 m³ de producto + agua en suspensión para tuberías de un diámetro mayor de 2".

La tubería para el drenaje a colocar dentro del tanque con un diámetro de 2" según la norma API 650 y una longitud total de 25 m dentro del tanque y 2 metros en el exterior del tanque, definió la capacidad máxima de los tambores separadores (TS) considerando que 1 minuto es un tiempo suficiente para el drenado del tubo hasta el TS mas un % del producto en la sifa, para el tanque de 20 000 m³ que es el de mayor capacidad en la batería de turbo combustible. Figura A-6.1

La propuesta de diseño evaluado se mantiene excepto para el TS correspondiente al Tanque de 20 000 m³ TK-1061.

CAPITULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Link Summary - Base Case										
Drenaje automático simultáneo mín, TRD lleno										
Link Name	Inlet / Outlet	Node Name	Gas GV Rate	Oil LV Rate	Water LV Rate	Pressure	Pressure Change	Temperature	Gas Holdup	Liquid Holdup
			MM M3/HR	M3/HR	M3/HR	BAR	BAR	DEG C	MM SCM	SCM
T-1061	In	TK-1061	0.0000	1.25	0.00	<u>1.03</u>		28.00		
	Out	J00-0	0.0000	1.25	0.00	1.17	0.14	27.31	0.0000	3,964.84
L004	In	J002	0.0000	1.25	0.00	1.02		27.24		
	Out	J009	0.0000	1.25	0.00	1.02	0.00	27.17	0.0000	0.23
T-1017	In	TK-1017	0.0000	0.09	0.00	<u>1.03</u>		28.00		
	Out	J00-01	0.0000	0.09	0.00	1.07	0.04	26.68	0.0000	446.60
L008	In	J004	0.0000	0.09	0.00	1.01		26.68		
	Out	J006	0.0000	0.09	0.00	1.01	0.00	26.67	0.0000	0.17
T-1018	In	TK-1018	0.0000	0.46	0.00	<u>1.03</u>		28.00		
	Out	J00-02	0.0000	0.46	0.00	1.07	0.04	27.17	0.0000	446.50
L011	In	J005	0.0000	0.46	0.00	1.01		27.16		
	Out	J006	0.0000	0.46	0.00	1.01	0.00	27.16	0.0000	0.00
L012	In	J006	0.0000	0.55	0.00	1.01		27.08		
	Out	J008	0.0000	0.55	0.00	1.01	0.00	27.00	0.0000	0.17
T-1019	In	J00-03	0.0000	-0.33	0.00	1.08		26.98		
	Out	TK-1019	0.0000	-0.33	0.00	1.03	0.05	26.71	0.0000	446.90
L015	In	J008	0.0000	-0.33	0.00	1.01		27.00		
	Out	J007	0.0000	-0.33	0.00	1.01	0.00	26.99	0.0000	0.00
L016	In	J008	0.0000	0.22	0.00	1.01		27.00		
	Out	J009	0.0000	0.22	0.00	1.02	0.01	26.86	0.0000	0.17
L017-1	In	J009	0.0000	1.47	0.00	1.02		27.12		
	Out	J019	0.0000	1.47	0.00	1.11	0.09	27.06	0.0000	0.31
TK-TRD	In	J019	0.0000	1.47	0.00	1.11		27.06		
	Out	TRD	0.0000	1.47	0.00	<u>1.01</u>	-0.10	27.00	0.0000	19.46

Rates reported at actual conditions. Gas holdup reported at standard conditions. Specified pressures are underlined.

Fig. 3.6. Reporte de salida para la variante de operación automática.

A partir de la investigación realizada se obtiene como resultado un volumen mínimo y máximo diario para el TK-1061 entre 0,805-3.2 m³/día en 1 minuto. Teniendo en cuenta que actualmente el tanque se drena indistintamente por 2 tuberías (2" y 4") se propone el incremento de la capacidad del TS para este tanque a 1.7 m³ y realizar un conjunto de muestras adicionales drenando el tanque solamente por la tubería de 2" para obtener un resultado más exacto.

El tanque separador será del tipo Gammon (Marca registrada para tanques separadores en servicio en el aeropuerto de Varadero con buenos resultados) de 230 litros de capacidad para los 3 tanques de 5000 m³ y será suministrado con su bomba para el retorno del combustible. Las especificaciones de las bombas para los TS se toman como resultado de la corrida del software y son: Ver figura 3.5

CAPITULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Bomba centrífuga de 1 etapa

$Q = 5.03 \text{ m}^3/\text{h}$. Potencia = 0.19 Kw

Head= 11.96 m Eficiencia= 0.7

$P_s = 1.06 \text{ bar}_{\text{abs}}$

$P_d = 2 \text{ bar}_{\text{abs}}$

Las mediciones efectuadas durante el periodo de análisis actual (Abril-Junio) del muestreo de los tanques reportan volumen máximo entre 2 y 3.3 m³ de producto drenado diario en 1 minuto de la batería de tanques

Teniendo en cuenta que en la actualidad el drenaje se realiza por tuberías de diferentes diámetros 2", 3" y 4" se considera para el diseño el volumen operacional de 8 m³ apropiado para el TRD. Lo que da un tiempo de cobertura de aproximadamente 2.5 días, permitiendo el asentamiento del producto recolectado en el TRD 24 horas como mínimo para lograr la separación entre el agua y el Turbo combustible. El caudal de la Bomba para retorno de Turbo combustible y la de trasiego de agua hacia el tratamiento de residuales, se mantienen para 3 m³/h, lo cual permite el vaciado y operación del sistema de drenaje cerrado.

La operación de muestreo y drenaje del tanque de almacenamiento se mantendrá una vez al día, antes de comenzar las entregas diarias, o de realizar cualquier otra operación y después de cada recepción de producto una vez transcurrido el tiempo de asentamiento del tanque.

Con este sistema instalado la cantidad de turbo combustible drenada se recupera en más de un 95 % de producto drenado y solo el agua contaminada se dirigirá al sistema de tratamiento de residuales llevando a su mínima expresión las pérdidas de combustible.

Los resultados del análisis económico demostraron que es rentable enviar el producto drenado en la de operación manual del sistema cerrado de drenaje (variante 2) tanto a turbo como a diesel.

CAPITULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

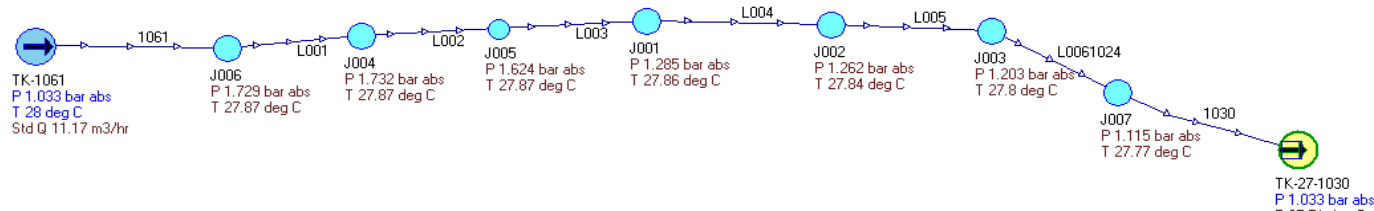


Figura 3.7. Esquema de la variante de flujo por gravedad hacia el Tk-1030 (diesel) vacío en software pipephase

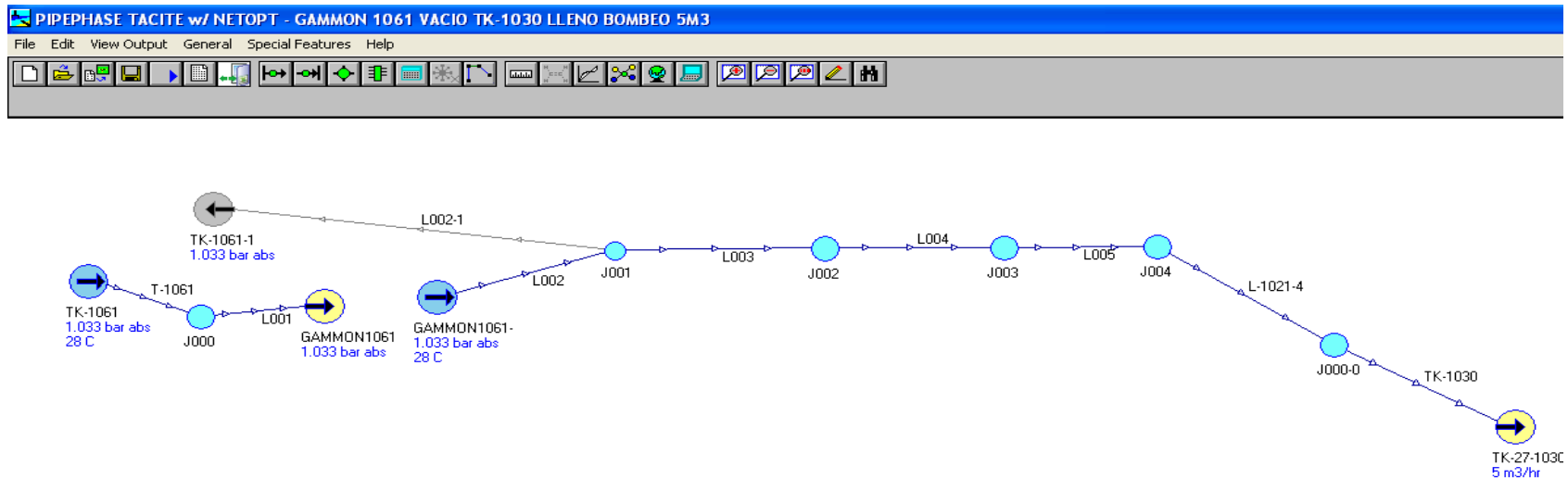


Figura 3.8. Esquema de la variante de flujo para bombeo 5 m³ Tk-1030 (diesel) vacío en software pipephase.

CAPITULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

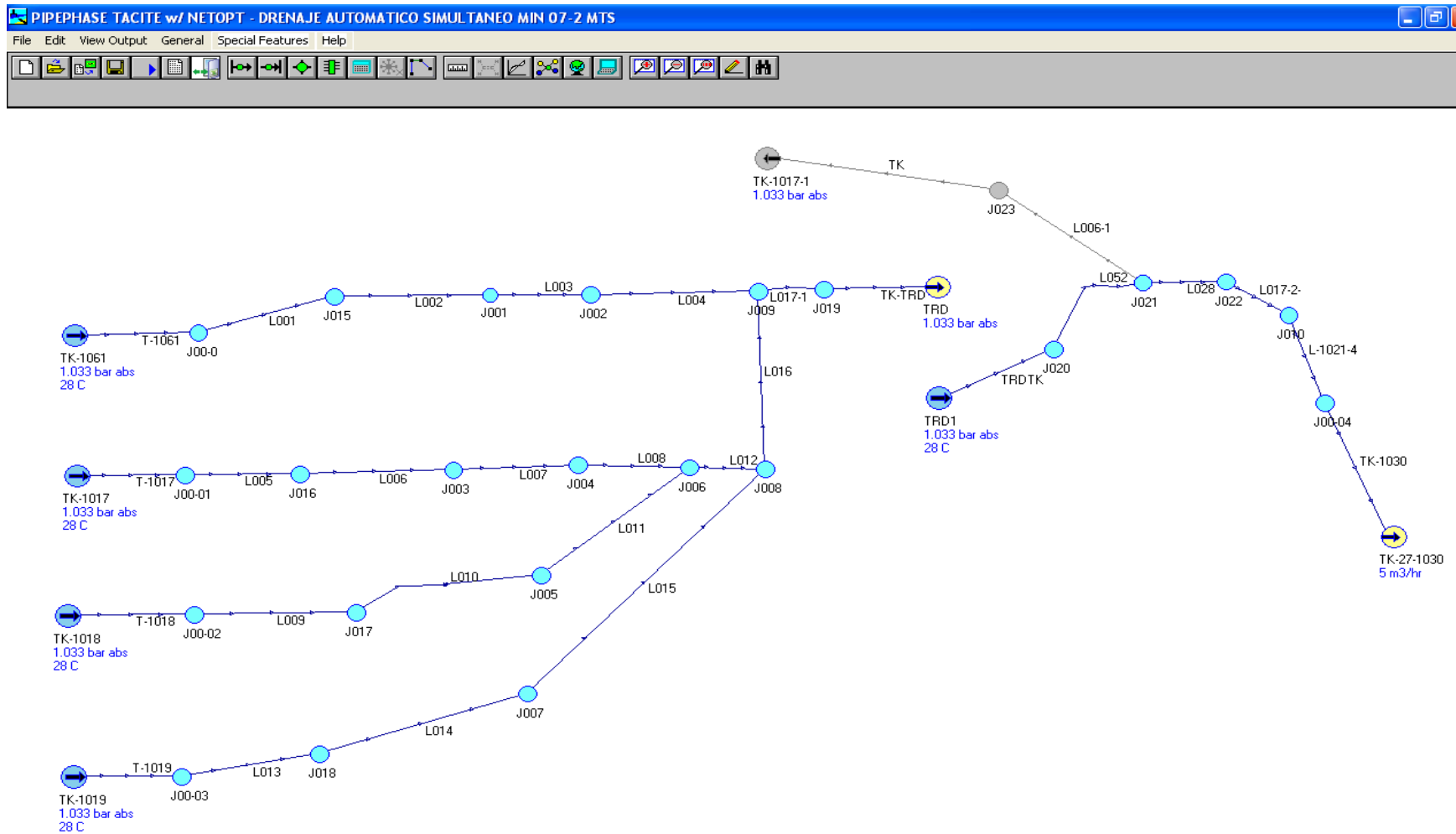


Figura 3.9. Esquema de la variante operación automática 5 m³ Tk-1030 (diesel) vacío en software pipephase.

CAPITULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

3.3 Carta de operación del sistema de drenaje cerrado en operación manual.

Esta carta de operación se corresponde con la variante de operación manual del sistema de drenaje cerrado. Variante 2. Anexo 1. Plano 5

La operación de muestreo y drenaje de los tanque de almacenamiento de turbo combustible se realiza una vez al día, antes de comenzar las entregas diarias, o antes de realizar cualquier otra operación y después de cada recepción de producto una vez transcurrido el tiempo de asentamiento del tanque.

El drenaje es realizado por los operadores B del área de productos terminados de la dirección de MCP cumpliendo con los requisitos establecidos en el procedimiento de trabajo RF-DMCP-IT-21-04 y la instrucción de seguridad RF-DMCP-IGS-21-02 aplicables para la ejecución de los drenajes como se pudo verificar durante la investigación.

Después de implementada la mejora técnica que se propone, las operaciones de drenaje que se realizan actualmente directamente a la canalización se realizarán como se describen a continuación. Se drenarán por gravedad los fondos de los tanques de almacenamiento de turbo combustible hasta los tanques separadores de drenaje TS₁, TS₂ TS₃, TS₄, (TS -Separadores), mediante las líneas propuestas (2"-Dre - A-18), con el objetivo de tomar una muestra del fondo del mismo. La muestra será tomada después que el operador se haya asegurado de que todo el volumen contenido en la línea de drenaje ha pasado hacia el tanque separador, garantizando de esta forma que la muestra a tomar sea del fondo del tanque.

Se realiza la prueba Shell para detectar contaminación con agua del producto drenado. Si la muestra que es tomada del fondo no se encuentra contaminada, entonces el producto es retornado al tanque de almacenamiento mediante la bombas B-01, B 02, B03 y B-04 de 3÷5 m³/h de capacidad (que serán suministradas de conjunto con el tanque separador) por las líneas 2"-Dre - A-15 y 2"-Dre - A-17.

Si la muestra está contaminada se repetirá la operación para verificar que no haya ocurrido un error humano en el muestreo, confirmada la contaminación el drenaje se envía mediante la

CAPITULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

bomba acoplada al Gammon por las líneas de 1 ½" (1 ½"-Dre - A-23) al colector de 3" (3"-Dre - A-30) que enviará el producto al tanque existente TK-27-1030 de Diesel.

Para evacuar el agua que se acumule en el tanque TS, en el fondo del mismo se conectará una línea hacia el registro de canalización más cercano para drenar a la línea L-1061 y de esta hacia la planta de tratamiento de residuales.

Con este sistema instalado la cantidad de turbo combustible drenada se recupera en más de un 95 % del producto drenado y solo el agua se dirigirá al sistema de tratamiento de residuales llevando a su mínima expresión las pérdidas de combustible. Para confirmar el % de agua en el combustible drenado se prevé durante la investigación, realizar análisis de la presencia de agua en los drenajes de los tanques.

3.4 Equipos que conforman el sistema de drenaje cerrado.

Tabla 3.4. Precios de las ofertas de los equipos del sistema de drenaje

No	Descripción	No Equipos	Precio Oferta Reuco (USD)	Precio del Estimado 2014 Dólares (USD)
1	Separador de Drenaje TS. Capacidad= 0.2 m ³	3		6,807.00
2	Separador de Drenaje TS. Capacidad= 1.7 m ³	1	8,023.74	6,807.00
3	Bombas centrífugas Q= 5÷3 m ³ /h P _d = 2 bar _{abs}	2		21490.18
4	Bombas centrífugas Q= 5÷3 m ³ /h P _d = 2 bar _{abs}	2		21490.18
5	Tambor recolector de drenaje V= 10 / 8 m ³	1		54608.71

La tabla 3.4 muestra los precios de los equipos principales

3.5 Estimado de costo conceptual

El cálculo de los ingresos a obtener en el estimado de costos con la ejecución de la inversión se realiza por el concepto de reducción de las pérdidas de la refinería al disminuir el volumen de turbo combustible que se pierde por los drenajes de los tanques.

La investigación realizada en el terreno más los datos estadísticos del departamento de operaciones de la refinería para el trimestre abril-mayo-junio nos dan los siguientes resultados.

CAPITULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

El volumen de drenaje de turbo combustible total del Trimestre II, datos tomados del balance diario de productos del trimestre investigado, para los 6 tanques de producto terminado (TK-25-1017, 1018, 1018, 1061, y Tk-24-1020,1022) de turbo combustible en operación en el área de MCP es igual a 333 m³. Tabla A-7.1

- ✓ Volumen de producto drenado en abril = 97 m³
- ✓ Volumen de producto drenado en mayo = 114.4 m³
- ✓ Volumen de producto drenado en junio = 121.4 m³

Para los 4 tanques sujetos a investigación (TK-25-1017, 1018,1019 y 1061) el volumen de drenaje total del trimestre de turbo combustible es igual a 213.7 m³

- ✓ Volumen de producto drenado en el TK-1017 = 63.1 m³
- ✓ Volumen de producto drenado en el TK-1018 = 64.2 m³
- ✓ Volumen de producto drenado en el TK-1019 = 22.6 m³
- ✓ Volumen de producto drenado en el TK-1061 = 63.8 m³

El Volumen diario de producto drenado se calcula = 213.7 m³ / 91 días = 2.35 m³/día

Se asume este volumen diario de producto drenado como constante para el cálculo del volumen anual de turbo combustible drenado a ser utilizado para el estimado de costo, ya que no se dispone de estadísticas anteriores.

Se convierte el volumen de producto de m³ a barriles debido a que los precios del combustible en el mercado se valoran en USD/barriles.

Se analizaron diferentes precios del turbo combustible. Se utilizaron para el estimado de costos los precios de la gerencia de planificación de Cuenpetrol SA para este año, ya que son un escenario más realista teniendo en cuenta la disminución de los precios del combustible en el mercado del petróleo.

- ✚ Precio del barril de turbo combustible USGC Platt's: 70.85 USD/Bl Real Promedio enero- abril 2015.
- ✚ Precio del barril de diesel 0.5 % S Platt's: 69.36 USD/Bl real promedio enero- abril 2015. Gerencia de planificación CUVENPETROL

Se calcula el monto anual de producto drenado para el año 2015 asumiendo 350 días de operación al año (HQC/Technip, 2012) aunque los tanques de la refinería operan todo el año.

CAPITULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Se calcula el monto anual por concepto de pérdidas planificadas para el año 2015 como turbo combustible drenado.

Volumen drenado	
m ³ /día	2.35
m ³ /año	822.5
Bl/año	5173

	TURBO	DIESEL
Precio, USD/Bl	70.85	69.36
Valor del producto drenado, USD	361853.45	354243.55

Tabla 3.5. Volumen drenado anual.

A partir de las Ofertas de equipos similares, solicitadas para el Proyecto Expansión de la refinería de Cienfuegos del año 2012 se calculó el valor del costo total de equipos de las propuestas en análisis. Ver Anexo # 8

Para los equipos con diseños similares pero cuya capacidad de operación es diferente a las ofertas analizadas se actualiza el costo del equipamiento mediante índices y se realizará el escalamiento mediante la fórmula de Peter.

Para el cálculo de los costos directos totales se utilizaron factores de estimación de proporción basados en el costo total de los equipos de proceso. Se utiliza para la estimación de costos conceptual la tabla de relación de porcentajes para sistemas de proceso en refinerías. Pag 318 y 324 del Manual de estimación de costo conceptual. (Page, 1996) , para los costos directos del proyecto la tabla de la página 318 "Ratio Percentages Direct Cost" para los costos indirectos la tabla de la página 324 del mismo libro.

Descripción de los conceptos de las diferentes partidas de costo.

Equipos de procesos: Incluye el costo del equipamiento, labor, materiales y subcontratos necesarios para izar e instalar los equipos de proceso en su posición final en las condiciones para la operación mecánica.

Preparación del sitio: Preparación general del sitio para la construcción.

CAPITULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Concreto: Cimentaciones de equipos y estructuras para equipos, terminación y curado del hormigón. Todo el movimiento de tierra. Aceros de refuerzo etc.

Aceros estructurales: Todos los costos de procura, fabricación, izaje de estructuras y misceláneas de acero, soportes de equipos, plataformas escaleras y pasarelas y soportes de tuberías.

Tuberías soterradas: Todas las tuberías soterradas incluyendo el sistema de protección contra incendio, líneas de agua y líneas especiales de proceso.

Tuberías aéreas: Incluye la fabricación e Izaje de todas las tuberías de proceso, válvulas y accesorios requeridos para el equipamiento de proceso. La instalación de las PSV (válvulas de seguridad), válvulas de control y accesorios para orificios está incluida.

Instrumentación: Incluye los materiales y el costo de labor de los trabajos de instrumentación.

Electricidad sobre el terreno: Todo el costo de labor requerido para el completamiento de los sistemas de fuerza e iluminación del proyecto. Incluye también la instalación de los instrumentos eléctricos y sus lazos.

Aislamiento: Incluye toda la labor y el costo de los materiales para aislamiento, refractarios para los equipos de proceso y sus tuberías.

Pintura: Incluye toda la preparación y capas de protección de las superficies con pintura epoxica de todo el proyecto. Excluye la pintura de edificios.

Pavimento: Incluye todo el pavimento, ya sea de asfalto o concreto de carreteras y áreas de proceso si se requiere.

Prorratables: Incluye los costos de labor y materiales para la limpieza diaria del área, andamios, pruebas finales, arrancada y asistencia para el pre-arranque.

Se utilizó la para la estimación (Page, 1996)de los costos directos del proyecto la tabla de la página 318 "*Ratio Percentages Direct Cost*" del Libro manual de estimado de costos conceptual. Se utilizó la para la estimación (Page, 1996)de los costos indirectos del proyecto la tabla de la página 324 "*Ratio Percentages Direct Cost*" del mismo autor.

CAPITULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Por la presente le hacemos llegar oferta de productos solicitados por Usted a nuestra compañía.

No	Codigo	Descripcion	UM	Cant	Precio	Importe
1	GTP-616B	Sump Separator for above ground storage tanks.	Uno	1	\$7.650,00	\$7.650,00
2	616B-2	Option 2. Adds return to storage piping.	Uno	1	\$373,74	\$373,74
3		TOTAL EXWORK USD				\$8.023,74
4		PUESTA FOB, COLON , PANAMA				\$1.000,00
5		FLETE (ESTIMADO)				\$ 600,00
6		SEGURO				\$ 60,00
7		TOTAL CIF HABANA, USD				\$9.683,74

Figura 3.10. Oferta de precio de un separador TS 1 (REUCO)

Esta oferta incluye la bomba de retorno del producto a los tanques.

Si la comparamos con la oferta del estimado de costos del Proyecto Expansión el costo del equipo es similar.

Se seleccionó para el estudio de factibilidad técnica económica el valor de la inversión correspondiente a los precios del estimado de costos 2012 (HQC/Technip, 2012).

Se calcularon varias variantes para el estudio de pre-factibilidad teniendo en cuenta.

1. Operación manual del sistema de drenaje .Anexo # 15. B4 a diesel A-15.1.

Esta variante incluye el valor de los equipos 4 TS, las bombas asociadas a estos para su operación y las tuberías de interconexión .Y el retorno del producto drenado en especificación comprobada por la calidad con la pastilla shell al sistema de turbo. En esta variante el precio utilizado para el cálculo es el del turbo

2. Almacenamiento final del producto drenado. Puede ser diesel o turbo. Anexo # 15. B4 a diesel A-15.3.

En estas variantes se cambia el precio del producto para realizar la valoración económica en función del destino final. En el caso de la variante de operación automática con flujo final a tanques de diesel no es necesaria la inclusión de los filtros.

3. Operación automática del sistema de drenaje cerrado. Anexo # 15. B2 A-15.2

Esta variante incluye el valor de los equipos 4 TS, las bombas asociadas a estos para su operación, el tambor recuperador de drenaje las 4 bombas asociadas al mismo, los filtros, micrónico y separador de agua para mantener la calidad del producto que se retorna al sistema de turbo y las tuberías de interconexión.

CAPITULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Tabla 3.6 .Resultados del estimado de costos. Ver Anexo# 4 y 15. Tabla A-4.1.

	Costos Asociados a la Inversión						Costo de Operación	Costo Total.	Costo del Fondo
Variante	Equipos con el Precio actualizado por capacidad	Costo Total Directo USD	Costo Total Indirecto USD	Costo total de la Inversión USD	Costos de Mtto. 7% del Costo de Inversión USD	Contingencia (15 %) de la Inversión USD	Costos Operacionales USD	Costos inversión + costos de Operación USD	Precio del Cambio de Fondo USD
B2	Operación automática	652830,7	183722,5	836553,2	58558,7	125482,9	2,850.50	1 023 445,3	
B4	Operación manual	399060,98	120704,7	519765,7	36383,6	77964,81	2,850.50	636 964,1	
B4+ fondo	Operación manual mas el precio de 1 fondo cónico			519765,7				1104765,63	495,000.00*
B2 a diesel	Operación automática	613697,9	185626,4	799324,3	55952,7	119898,6	1417.5	976593,1	

B4= Variante # 2 operación manual con bombas. Valor seleccionado para el estimado de costo Clase V= 636 964,1 USD

B2 =Variante # 3 operación automática. Valor seleccionado para el estimado de costo Clase V=1 023 445,3 USD

*El dato fue suministrado por el Ing Bartolomé Villalón Especialista principal de contratación de de Mtto de Cuvenpetrol".

(Villalón, 2015)

CAPITULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4. Inclusión de la inversión de los TS y el cambio de fondo al Tk-1018. Anexo # 15. B4 + fondo A-15.5

En el área del Título 25 existen 2 tanques en operación (TK-1018 y 1019) a los que aún no se les ha instalado la mejora del fondo cónico por lo que se incluyó el costo adicional de 1 fondo para calcular su rentabilidad.

5. Tasas de descuento del 10 % y 12 %. Anexo # 15. A-15.8

La figura 3.11 muestra el tiempo de recuperación de la inversión para la variante de operación manual con bombas, la más rentable según sus resultados.

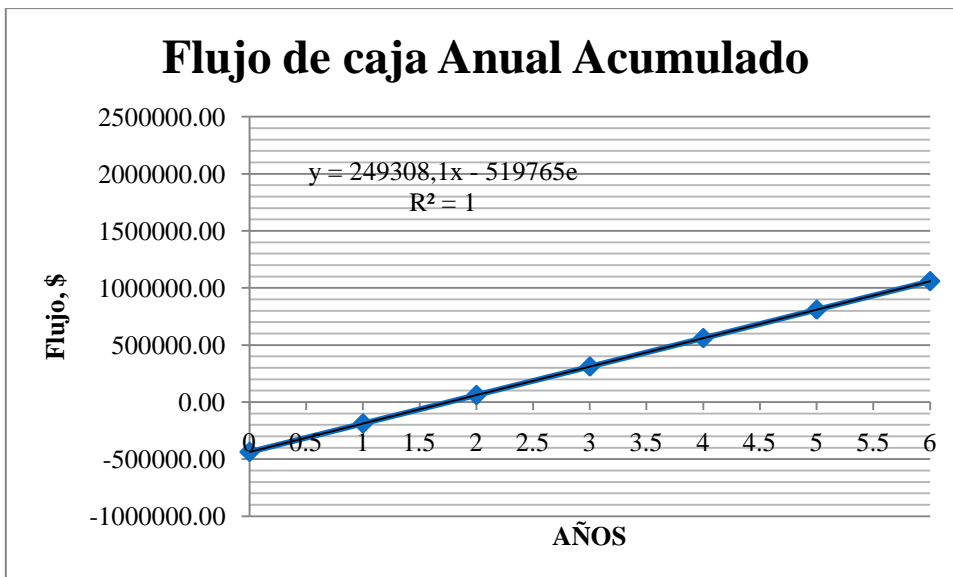


Figura 3.12. Variante B4. Figura A-15.1

VAN = \$ 920113,21

TIR= 46.9 %

Periodo de recuperación = 2,08 años

La figura 3.12 muestra el tiempo de recuperación de la inversión para la variante de operación automática. Menos factible el periodo de recuperación es 4,66 años.

CAPITULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

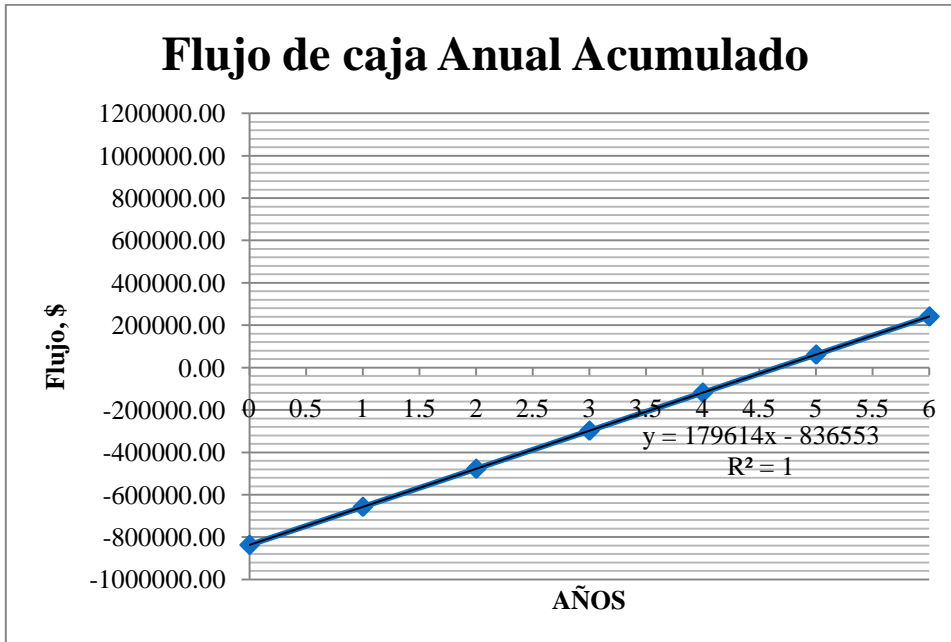


Figura 3.12. Variante B2. Anexo # 15. B2 A-15.2

VAN = \$ 242 820,27

TIR= 17 %

Periodo de recuperación = 4.66 años

La **Tabla 3.6** muestra los resultados económicos del estudio de pre-factibilidad realizado para varias variantes.

La variante B4 es la variante de de pre-factibilidad económica para la operación manual del sistema de drenaje cerrado. Donde

- ✓ B4 +fondo. Opción de operación manual más el valor de la inversión del fondo cónico.
- ✓ B4 a diesel + fondo. Opción de operación manual más el valor de la inversión del fondo cónico, calculado con el precio del diesel para el producto recuperado.
- ✓ B4 – 5%. Se asume para el monto del producto recuperado que solo se recupera un 95 % del producto drenado.

La Variante B2 es la variante de de pre-factibilidad económica para la operación automática del sistema de drenaje cerrado.

CAPITULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Tabla 3.7. Resultados del estudio de pre-factibilidad. Anexo 4

Variantes	Volumen Drenado	Tasa de Descuento	Precio del combustible	Costo de Inversión	TIR	VAN	Periodo de Recuperación	Eficiencia de la Inversión
	Barriles/año	%	USD/Barril	USD	%	\$	años	\$\$
B4	5173	10	70.85	519 765,7	46,9	920 113.0	2.08	2.77
B4 a diesel	5173	10	69.36	519 765,7	45,7	885 058.0	2.14	2,70
B4 – 5%	4914	10	70.85	519 765.7	43.2	817 784.3	1.89	2.57
B4 +fondo	5173	10	70.85	1 014 765	6.4	-138198.0	6.36	0.86
B4 a diesel + fondo	5173	10	5.2	1 014 765	7.65	-181 254.0	7.65	0.82
B4 al 12 %	5173	12	46.9	519 765,7	46.9	793 643.0	2.53	2,53
B2	5173	10	70.85	835 553	517	242 820	4.66	1.29
B2 a diesel	5173	10	69.36	799 324.0	8,3	287 365	4,43	1.5

V3=B2= Variantes de operación automática.

V2=B4 = Variantes de operación manual.

CAPITULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

3.6 Conclusiones parciales del estimado de costos clase V y el estudio de pre-factibilidad.

1. Con los precios actuales utilizados para el diesel y el turbo es menos rentable la inversión de la operación automática de drenaje de los tanques de turbo combustible que incluye el tambor recuperador de drenaje y sus accesorios (TRD) y retornar el producto a los tanques de turbo combustible. Los resultados del estudio de pre-factibilidad son los siguientes

Costo de la Inversión = 836 553.00 USD

TIR =17 %

VAN = 242 820 USD

Período de recuperación > de 4,6 años

Tasa de descuento = 10 %.

2. La variante de operación manual es rentable con cualquiera de los destinos de almacenaje del producto drenado (diesel o turbo).

Costo de la Inversión = 519 765.7 USD

TIR =46,9%

VAN = 920 113 USD

Período de recuperación= 2.08 años

Tasa de descuento = 10 %.

3. La variante de operación manual no permite la construcción del fondo cónico de 1 de los tanques de 5000 m³ (TK-1018) , la inversión no se recupera en 6 años.

TIR = 6.4 %

VAN =- 138 198 USD

Período de recuperación > 6.36 años

Tasa de descuento = 10 %.

CONCLUSIONES

1. Los resultados de la investigación validan la propuesta del sistema de drenaje cerrado en operación manual presentada pues se pudo identificar los indicadores que permiten a la gerencia una herramienta eficaz para la toma de decisiones.

Se determinó para el sistema de recolección del drenaje del fondo de los tanques del turbo combustible propuesto:

- Volumen de pérdidas por drenaje en el Trimestre II en los tanques (333 m³)
- Volumen diario de pérdidas por drenaje en los tanques (2,35 m³)
- Tiempo adecuado para realizar el drenaje (< 1min)
- Rentabilidad de la inversión de reemplazo objeto de análisis en operación manual
- TIR=46,9 %, y VAN= 920 113 USD
- Período de recuperación= 2.08 años
- Calculados para una tasa de descuento = 10 %

2. La propuesta de mejora evaluada técnica y económicamente demuestra la eficacia de la estrategia presentada en esta investigación, pues su aplicación conlleva a una recuperación considerable de turbo combustible y a una reducción de contaminantes para la planta de tratamiento de residuales.

3. La reducción del volumen de drenaje en los tanques es susceptible de mejora colocando en todos los tanques el diámetro mínimo recomendado por la norma API para las tuberías de drenaje (2").

RECOMENDACIONES

1. Continuar el seguimiento del programa de contabilización de las pérdidas por la operación de drenaje de los tanques de turbo combustible.
2. Agregar en el procedimiento de trabajo actual cuál de las válvulas habilitadas por tanque debe utilizarse para realizar el drenaje.
3. Incluir en el programa de seguimiento de los drenajes, a los tanques que manejan la fracción de turbo combustible, como inyector a la planta Mercox.
4. Colocar fondo cónico en los tanques donde aún no se han incluido teniendo en cuenta que estos favorecen la recolección de las partículas de agua condensadas mediante un solo punto de drenaje.
5. Realizar un estudio técnico económico de mayor precisión al presentado en este estudio utilizando las ofertas referenciales que se reciban.
6. Analizar la opción de operación automática de los tanques en una segunda etapa de mejora al sistema de turbo combustible existente.

BIBLIOGRAFÍA

Agar Corporation. <http://www.agarcorp.com/literature/RCAutomaticTankDewatering.html>.

[En línea] [Citado el: 12 de Febrero de 2015.]

Albelo, Boris L. López. 2011. *Instrucción de Seguridad para el drenaje de equipos, recipientes y tuberías .RF-DMCP-IGS-21-02.* 2011. pág. 7y8.

2012. *API 650. Novena Edicion.* s.l. : American Petroleum Institute, 2012.

API, American Petroleum Institute. 2012. *API 650. Novena Edicion.* s.l. : American Petroleum Institute, 2012.

ASTM. 2011. *Reacción al Agua.* 2011.

Becker & Associates, Inc. sales@beckerandassociates.com. [En línea]

Blank, Leland T, TARQUIN, Anthony J. 1999. *Ingeniería Económica 4th Edición .* s.l. : Edición Mc Graw and Hill Companies , 1999. ISBN: 0-07-063110-7.

Boris Alvelo, Yasnelis Gell. Mario Vega. 2011. *Instrucción de Seguridad para el drenaje de equipos, recipientes y tuberías.* Cienfuegos : s.n., 2011.

Boris L López Albelo, Yasneli Gell Piedra y Mario Vega. 2011. *Instrucción de Seguridad para el Drenaje de Equipos ,Recipientes y Tuberías.* 2011. RF-DMCP-IGS-21-02.

Chauvel, A, Fournier,G,Raimbault,C. 2003. *Manual of Process Economic Evaluation.* Paris : New edition Technip. Institut Francais, 2003. ISBN: 2-7108-0836-6.

Comerciales, INDECOPI. Comisión de Reglamentos Técnicos. 2005. *Norma Técnica Peruana.* 2005. NTP-321.006-2001.

Cupet. 2008. [aut. libro] Nancy Guntiñas Rodriguez. [ed.] *Dirección Técnica de Cupet. Catálogo de Especificaciones de productos. Rama Combustibles.* 2008, págs. 16,17 y 18.

Defence, Ministry. 2014. *Turbine Fuel, Kerosine Type,Jet A-1 Issue 7.* [aut. libro] NATO Code F-35. 2014.

ECASA. *Reglamento nacional de combustible de aviación.*

—. **2008.** *Reglamento Nacional para Combustibles de Aviación.* [aut. libro] Colectivo de Autores. Habana : s.n., 2008.

- Estimación de Costos*. **Corcega, Angel. 2014**. Cienfuegos : s.n., 2014.
- Fernández, Gustavo Montaña. 2008**. Biocombustibles SA. [En línea] 14 de 03 de 2008. [Citado el: 21 de Mayo de 2015.] GOPRO902.
- Figueredo Eduardo. 1999-2005**. Reglamento Tecnológico Sector MAP. [aut. libro] Vilma Betancourt Colas. [ed.] Refinería Camilo Cienfuegos. Cienfuegos : MINBAS, 1999-2005, págs. 76,77,78.
- Gell, Yasnelis, Boris Lopez Albelo. 2011**. Instrucción Técnica de operación para el drenaje de los tanques de almacenamiento de productos derivados del Petróleo. *RF-DMCP-IT-21-04*. Cienfuegos : s.n., 2011. RF-DMCP-IT-21-04.
- HQC/Technip. 2012**. *Estimado de Costo Clase II*. Cienfuegos : s.n., 2012.
- 2015**. <http://www.hydro-carbon.nl/separation-of-water-from-hydrocarbons/automatic-tank-> [En línea] 2015. [Citado el: 12 de Febrero de 2015.]
- HUMPHREYS, Kenneth K. 2005**. *project and Cost Engineers handbook.4th Edition*. New York : Marcel Dekker , 2005. ISBN: 0-8247-5746-7.
- HydrocarbonsProcesing. 2015**. <http://www.hydro-carbon.nl/separation-of-water-from-hydrocarbons/automatic-tank->. [En línea] 2015. [Citado el: 12 de Febrero de 2015.]
- López, Boris L. 2011**. Instrucción de Seguridad para el Drenaje de Equipos , recipientes y Tuberías. Cienfuegos : Refinería de Cienfuegos, 2011. RF-DMCP-IGS-21-02.
- LTD Intecha. 2013**. <http://www.intecha.cz/en/references/refining-industry/>. [En línea] Omega Design, Julio de 2013. [Citado el: 13 de Febrero de 2015.]
- Muñiz, Jorge L. 2014**. Anatomía para los Combustibles de Aviación. [En línea] 2014.
- Page, John. S. 1996**. *Conceptual Cost Estimating Manual.SecondEdition*. s.l. : Gulf Professional Publishing, 1996.
- PDVSA. 2013**. LEEPIC. 1 Lineamientos para la Evaluación Económica de proyectos de Inversión de Capital. 2013. Anexo V.
- . **2013**. Lineamientos para la Evaluación Económica de proyectos de Inversión de Capital. 1 *LEEPIC*. 2013. Anexo V..
- . **2009**. *Manual de Diseño de Proceso*. 2009. MDP-02-ff-03.
- . **1990**. Petróleo Crudo y sus Derivados. 1990. COVENIN 950-90.

BIBLIOGRAFÍA

PETER Max, TIMMERHAUS, Klaus D. 1991. *Plant Design and economics for Chemical Engineers. 4th Edition.* s.l. : McGraw-Hill International Editions, 1991. Chemical and Petroleum Series ISBN: 0-07-100871-3.

Petroil. <http://www.petroil.net/productos?brandId=275>. [En línea] [Citado el: 30 de Enero de 2015.]

REUCO. Oferta Técnica comercial de Equipos.

Shell . 1999. Madrid.España : s.n., 1999. FDS-06SP..

Villalón, Bartolomé. 2015. *Monto de un fondo cónico para un tanque de 5000 m3.* Cienfuegos, 12 de Marzo de 2015.

www.beckerandassociates.com. www.beckerandassociates.com. [En línea] [Citado el: 06 de Septiembre de 2013.]

SIMBOLOGÍA

Bl. Barriles de producto

Bloque 8. Área de almacenaje de tanques de gasolina y fuel oil

Bloque 9. Área de almacenaje de tanques de turb0 y diesel

DCS. Sistema de Control distribuido

Gammon. Marca de tambor separador de drenaje

MCP- Área de Movimiento de Crudo y Productos

Título 25. Área de almacenaje de tanques de turbo combustible

Pipephase 9.5: Software de simulación de cálculo de caída de presión en tuberías.

LEEPIC. Lineamientos para la evaluación económica de proyectos de inversión de capital

ANEXOS

Listado de Anexos a la tesis.

1. Esquema tecnológico de trasiego de turbo combustible. Planos 1, 2 ,3,4 y 5.
2. Caracterización de la corriente de turbo combustible a tanques.
3. Listado de equipos, escalamiento.
4. Cálculo del monto de la inversión por variantes.
5. Especificaciones del turbo combustible según Catálogo de combustibles de Cupet.
6. Esquema del tanqueTK-25-1061
7. Tabla de cómputo de los valores de los drenajes en el II Trimestre del 2015 en m³.
8. Metodología de Page (1996) para Estimación de Costo Clase V.
9. datos de los tanques de turbo combustible. alturas operacionales
10. Secuencia de corrida del simulador pipephase
11. Reporte del movimiento de productos
12. Simulación en pipephase. Variante 1. Por gravedad para los tanques 1017, 1018,1019 y 1061.
13. Simulación en pipephase Variante 2. Operación manual para los tanques 1017, 1018,1019 y 1061.
14. Simulación en pipephase Variante 3. Operación automática para los tanques 1017, 1018,1019 y 1061.
15. Resultados del Estudio de pre-factibilidad técnico económica tesis turbo.