Pontificia Universidad Católica del Ecuador | SEDE ESMERALDAS

Dirección de Investigación y Posgrados

ANÁLISIS DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LAS UNIDADES DE CRUDO 1 Y 2 EN LA

REFINERÍA ESMERALDAS

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Tesis de grado previo a la obtención del título de Magister en Administración de Empresas Mención Planeación

Autor : Ing. Henry Javier Troya Hidalgo

Asesor : Mgt. Bayardo Flores Tapia

Esmeraldas – Mayo, 2017

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Trabajo de tesis aprobado luego de haber dado cumplimiento a los tres requisitos exigidos por el reglamento de grado de la PUCESE previo a la obtención del título de "MAGISTER EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS MENCIÓN PLANEACIÓN".

TEMA ANÁLISIS DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LAS UNIDADES DE CRUDO 1 Y 2 EN LA REFINERÍA ESMERALDAS

AUTOR Henry Javier Troya Hidalgo

Mgt. Bayardo Flores Tapia f……..……..
DIRECTOR DE TESIS

Mgt. Mercedes Sarrade Peláez f……..….
LECTOR 1

Mgt. José Luis Vergara Torres f..……...…..
LECTOR 2

Mgt. Mercedes Sarrade Peláez f……...
COORDINADORA DE POSGRADO

Mgt. Maritza Demera Mejìa f……..
SECRETARIA GENERAL PUCESE

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo, Henry Javier Troya Hidalgo, portador de la cédula de ciudadanía N°. 0502008626, declaro que los resultados obtenidos en la investigación que presento como informe final, previo la obtención del título de MAGISTER EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS MENCIÓN PLANEACIÓN, son absolutamente originales, auténticos y personales.

En tal virtud, declaro que el contenido, las conclusiones y los efectos legales y académicos que se desprenden del trabajo propuesto de investigación y luego de la redacción de este documento son y serán de mi sola y exclusiva responsabilidad legal y académica.

Henry Javier Troya Hidalgo
C.I. 0502008626

CERTIFICADO DEL DIRECTOR DE TESIS

Yo, Bayardo Flores, en calidad de Director de Tesis, previo a la obtención del grado académico de Magister en Administración de Empresas mención Planeación, certifico:

Que, Henry Javier Troya Hidalgo, autor de la tesis titulada “ANÁLISIS DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LAS UNIDADES DE CRUDO 1 Y 2 EN LA REFINERÍA ESMERALDAS”, ha sido revisada e incorporado todas las sugerencias realizadas en la sustentación privada, en todos sus componentes, la misma que está apta para la presentación y sustentación pública, por lo que se autoriza su presentación formal ante el tribunal respectivo.

Mgt. Bayardo Flores

DIRECTOR DE TESIS

DEDICATORIA

A mi querido padre, Luis Troya Amores, quien quiso siempre mi superación como profesional; mi corazón y pensamientos están contigo.

Gracias Papá.

Henry Javier Troya Hidalgo

AGRADECIMIENTO

El apoyo de un profesional de alto nivel académico como en Mgt. Bayardo Flores, fue fundamental para la finalización de este trabajo de grado, mi agradecimiento por su tiempo y esfuerzo.

Agradezco a las autoridades de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Esmeraldas y sus profesores, quienes con sabiduría crearon un ambiente óptimo para el aprendizaje y compartieron sus experiencias de vida.

Henry Javier Troya Hidalgo

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de grado muestra la aplicación de 6 de los 7 pasos del benchmarking de tipo interno para un análisis comparativo entre los procesos de las plantas que conforman las unidades no catalítica 1 y no catalítica 2 de la Refinería Esmeraldas. Tiene el propósito de identificar las oportunidades de mejora que resulte de su comparación y el cálculo de indicadores de eficiencia y competitividad tales como: rendimientos, índices de disponibilidad, utilización, mantenimiento no programado y costo de personal. Se desarrolló una investigación cuanti-cualitativa manteniendo un enfoque descriptivo y se aplicó un estudio retrospectivo del año operacional 2013; la información fue recabada mediante encuestas, entrevistas y sistemas informáticos especializados empleando el método histórico e inductivo - deductivo. Al final del estudio se calculó 4 de los 8 factores que influyen en el desempeño de las plantas de destilación atmosférica, vacío y visbreaking y un factor adicional se obtuvo de forma indirecta. Se identificó una diferencia importante en el costo de mantenimiento de las plantas atmosférica 1 y 2, debiendo Refinería Esmeraldas poner todos sus esfuerzos para mejorar la confiabilidad de estas plantas y así disminuir la brecha existente en busca de recuperar los egresos económicos que mantiene la empresa EPPETROECUADOR.

PALABRAS CLAVE: Benchmarking / Indicadores de Competitividad / Indicadores de Eficiencia / Confiabilidad.

EXECUTIVE SUMMARY

This work shows the application of 6 of the 7 steps of the internal benchmarking for a comparative analysis between the processes of the plants that make up the non catalytics 1 and non catalytics 2 units of Esmeraldas´s Refinery. The objectives are to identify and exploit opportunities for improvement resulting from its comparison and calculating efficiency and competitiveness indicators such as: yields, availability index, utilization, non-maintenance turnaround and personnel cost. A quantitative-qualitative research was developed maintaining a descriptive approach and a retrospective study of the operational year 2013 was applied. The information obtained for this work includes 2013 operational year and it was collected from surveys, interviews, specialized computer systems using the the historical and inductive - deductive method. At the end of the study it was calculated 4 of the 8 factors influencing the performance of plants atmospheric distillation, vacuum and visbreaking and other factor was obtained indirectly ,additionally a very important gap in the cost of maintenance was identified in atmospheric 1 and 2, Esmeraldas´s Refinery has to focus on put all their efforts to improve the reliability of these plants and thus reduce the gap in order to recover the economic losses maintained by EPPETROECUADOR

Key words: Benchmarking / Competitive Indicators / Efficiently Indicators / Reliability.

Índice

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN ii

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD iii

CERTIFICADO DEL DIRECTOR DE TESIS iv

DEDICATORIA v

AGRADECIMIENTO vi

RESUMEN EJECUTIVO vii

EXECUTIVE SUMMARY viii

Índice ix

Índice de Esquemas xii

Índice de Tablas xii

Índice de Gráficos xiii

CAPÍTULO 1 1

1. INTRODUCCIÓN 1

1.1 Justificación 2

1.2 Marco teórico de la investigación 4

1.2.1 Fundamentación teórica / conceptual 4

1.2.1.1 Procesos de la industria de refinación del petróleo 4

1.2.1.2 Indicadores de gestión 6

1.2.1.3 Productividad 7

1.2.1.4 Benchmarking 8

1.2.2 Fundamentación legal 9

1.2.3 Revisión de estudios previos 10

1.3 Objetivos 12

1.3.1 Objetivo general 12

1.3.2 Objetivos específicos 12

CAPÍTULO 2 13

2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 13

2.1 Métodos usados en la investigación 13

2.2 Universo y Muestra 13

2.3 Instrumentos 15

2.4 Aplicación de algunos pasos del benchmarking para el análisis comparativo 15

2.4.1 Paso 1: Identificar que comparar 15

2.4.2 Paso 2 : Identificar qué medir 18

2.4.3 Paso 3: Identificar a quién comparar 20

2.4.4 Paso 4: Reunir datos 21

A. Indicadores de eficiencia 22

A.1. Rendimiento de las unidades 23

A.2 Disponibilidad de las unidades 23

A.2.1 Disponibilidad mecánica (DM) 23

A.2.2 Disponibilidad operacional (DO) 24

A.2.3 Utilización del proceso (UP) 24

B. Indicadores de competitividad 24

B.1 Factor de normalización (EDC 25

B.2 Índice de mantenimiento no programado 25

B.3 Índice de personal 25

CAPITULO 3 26

3. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS 26

3.1 Paso 5 : Analizar los datos y determinar las tareas 26

3.1.1 Cálculo de los indicadores de eficiencia 26

3.1.1.1 Cálculo de los rendimientos de proceso 26

3.1.1.2 Cálculo del índice de disponibilidad mecánica 29

3.1.1.3 Cálculo del índice de disponibilidad operacional 33

3.1.2 Cálculo de los indicadores de competitividad 33

3.1.2.1 Cálculo del EDC unidad 33

3.1.2.2 Cálculo del índice de mantenimiento no programado (NTAI) 33

3.1.2.3 Cálculo del índice de personal 34

3.2. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS: 398

3.2.1 Rendimiento de las plantas 409

3.2.2 Disponibilidad de las plantas 42

3.2.3 Mantenimiento no programado 43

3.2.4 Utilización del proceso 44

3.2.5 Índice de personal 44

CAPÍTULO 4 45

4. **DISCUSIÓN** 465

CAPÍTULO 5 498

5.1 CONCLUSIONES: 498

5.2 PROPUESTA: 498

5.2.1 Paso 6: Fijar metas y desarrollar un plan de acción 498

5.2.2 Paso 7: Monitorear los procesos 543

REFERENCIAS 54

ANEXO 1 56

ANEXO 2 57

ANEXO 3 58

ANEXO 4 59

Índice de Esquemas

Esquema 2.4.1-1 Esquema de Refinación de Refinería Esmeraldas 16
Esquema 2.4.1-2 Diagrama de entradas y salidas del proceso de las unidades no catalíticas 1 y 2 17
Esquema 2.4.2-1Matriz FODA de las unidades no catalítica 1 y 2 de Refinería Esmeraldas 18
Esquema 3.3.2-1 Plan de acción para mejorar el rendimiento de productos 49
Esquema 3.3.2-2 Plan de acción para mejorar la confiabilidad mecánica 50
Esquema 3.3.2-3 Plan de acción para optimizar el tiempo laborado 51

Índice de Tablas

Tabla 3.1.1.1-1 Rendimiento de productos de destilación atmosférica 27
Tabla 3.1.1.1-2 Rendimiento de productos de la destilación al vacío 28
Tabla 3.1.1.1-3 Rendimiento de productos de visbreaking 29
Tabla 3.1.1.2-1 Disponibilidad mecánica 31
Tabla 3.1.1.3-1 Disponibilidad operacional 32
Tabla. 3.1.1.4-1 Utilización del proceso libre de paro programado 32
Tabla 3.1.2.1-1 EDC de cada unidad no catalítica 33
Tabla 3.1.2.2-1 Índice de mantenimiento no programado 34
Tabla 3.1.2.3-1 Miles de horas efectivas de trabajo del personal OO 36
Tabla 3.1.2.3-2 Miles de horas efectivas de trabajo del personal DP 37
Tabla 3.1.2.3-3 Índice de personal 38
Tabla 3.2 Interpretación de Resultados 38

Tabla 3.2.4-1 Índice de utilización del proceso – unidades no catalíticas 44
Tabla 3.2.5-1 índice de personal – unidades no catalíticas 44
Tabla 3.2-1 Resumen de los indicadores de gestión obtenidos 38

Índice de Gráficos

3.2.1-1 Rendimiento de productos de las plantas atmosféricas 39
3.2.1-2 Rendimiento de productos de las plantas de vacío 40
3.2.1-3 Rendimiento de productos de las plantas de visbreaking 41
3.2.2-1 Índice de disponibilidad operacional - plantas no catalíticas 42
3.2.4-1 Índice de mantenimiento no programado - plantas no catalíticas 43

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

En 1972 se creó la Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana (CEPE). Entre 1975 y 1977, esta empresa construyó a través del consorcio japonés SUMITOMO-CHIYODA, la Refinería Esmeraldas, con una capacidad de procesamiento de 55.600 barriles de petróleo por día (BPD).

En 1987 se hizo la primera ampliación en la que se instalaron unidades adicionales de destilación atmosférica, destilación al vacío y visco reductoras, incrementando la capacidad de procesamiento a 90.000 BPD; estos trabajos estuvieron a cargo también de la misma empresa japonesa.

Diez años más tarde, en 1997, se concluyó la segunda ampliación de esta planta industrial a 110.000 BPD, este trabajo lo realizó la empresa española TÉCNICAS REUNIDAS.

Con más de treinta y cinco años de operación, Refinería Esmeraldas ha sufrido el desgaste de sus equipos rotativos, estáticos, circuitos de tuberías y demás sistemas, provocando así, la reducción de su confiabilidad mecánica y operacional, lo que condujo poco a poco a la disminución de su capacidad de procesamiento de crudo hasta en un 20%. Esto motivó que en diciembre del 2008, se inicie el “Proyecto de Rehabilitación de Refinería Esmeraldas” a cargo de la empresa coreana South Korean Engineering and Construction, SK E&C, luego, como un complemento al trabajo mecánico, la empresa KBC Advanced Technologies Inc, comenzó los trabajos para la implementación de mejores prácticas PMP en esta importante industria de refinación del petróleo.

El inicio de estos procesos de cambio requieren de una cuantificación y análisis de indicadores de gestión que guíen la toma de decisiones a nivel directivo y justamente ese es el problema que enfrenta Refinería Esmeraldas al no medir y

evaluar las diferentes variables que involucra la gestión del desempeño de las plantas en los aspectos de proceso, mantenimiento, talento humano y otros.

Con este trabajo de investigación se pretendió calcular importantes indicadores de desempeño y plantear al benchmarking como una de las mejores estrategias administrativas para mejorar la productividad de las plantas que componen las unidades no catalíticas 1 y 2 de Refinería Esmeraldas.

La investigación fue de tipo mixta cuanti-cualitativa con el propósito de alcanzar los siguientes objetivos:

- Recalcar las brechas entre los procesos de las unidades No Catalíticas halladas mediante la aplicación de algunos pasos del benchmarking.
- Recopilar información de las actividades vinculadas al proceso productivo ejecutado y cuantificar los indicadores de su rendimiento en el año operacional 2013.
- Señalar los costos de mantenimiento planificado y no planificado que se han ejecutado en el año de estudio 2013.
- Estimar las horas hombre de mano de obra directa e indirecta que se utilizaron en la unidad de crudo 1 y 2 en el año 2013.

La cuantificación de los indicadores de desempeño para cada planta y unidad no catalítica, constituye uno de los elementos importantes del benchmarking que paso a paso se fue siguiendo en el desarrollo de esta investigación, para finalmente identificar las mejores estrategias que plasmadas en un plan de acción se recomienda para mejorar el desempeño de cada una de las plantas.

1.1 Justificación

La empresa EPPETROECUADOR es considerada como una industria estratégica en el Ecuador, interesada en lograr la diversificación productiva a través de los procesos de reestructura organizacional, plan de mejores prácticas, repotenciación de sus plantas, procesamiento de residuos y

finalmente la incursión en la petroquímica, procesos que requieren de la optimización de sus recursos; de ahí la importancia de buscar y aplicar una estrategia efectiva para diagnosticar y generar la competitividad de estas dos Unidades de proceso mejorando su productividad y así contribuir con mayores recursos económicos para el cumplimiento de la matriz productiva emprendida por el Estado Ecuatoriano.

En Refinería Esmeraldas, los mandos medios tales como los Coordinadores de las Unidades de Crudo 1 y Crudo 2 no cuentan con la información suficiente que les permita evaluar de manera económica y técnica la toma de decisiones en cuanto a la operatividad de las plantas de proceso, desconociendo los resultados de los costos de refinación que por lo general puede traducirse en una disminución de las utilidades de la empresa. Por este motivo es importante contar con indicadores de gestión de manera periódica que involucren las áreas operativas, mantenimiento y talento humano.

Para mejorar la gestión en las Unidades de Crudo 1 y 2, el benchmarking constituye una herramienta administrativa eficaz que permite comparar los rendimientos entre estas dos unidades, generando un ambiente competitivo en el cual se debe considerar a la mejora continua como la única opción para la optimización de los procesos, con la correspondiente disminución de costos de producción.

Con esta investigación se planteó además la implementación, como una rutina de trabajo, de los indicadores de gestión para las áreas de proceso, mantenimiento y talento humano; mediante el análisis de esta información se logró identificar los cuellos de botella en estos tres campos, convirtiéndose en una guía de acción para las autoridades de esta empresa petrolera, quienes seleccionarán la estrategia correspondiente para mejorar el flujo de los procesos críticos.

1.2 Marco teórico de la investigación

1.2.1 Fundamentación teórica / conceptual

1.2.1.1 Procesos de la industria de refinación del petróleo

El petróleo, luego de las etapas de extracción y transporte por oleoductos, es sometido a procesos de refinación para obtener los combustibles que proporcionan la energía que dinamiza la actividad productiva del país, así por ejemplo en Refinería Esmeraldas se cuenta con los siguientes procesos:

- Destilación Atmosférica, de acuerdo a Carpio, (1997) “al calentar el petróleo a temperaturas de 350 a 370 °C se obtiene una serie de fracciones con intervalos de ebullición bien definidos como fuel gas, LPG, naftas, jet fuel, diesel, producto pesado (crudo reducido)”.
- Destilación al Vacío, según (fcai.uncu.edu.ar) “la destilación del crudo reducido a presión atmosférica daría lugar a craqueo térmico formando coque, lo cual es indeseable en el proceso, por tanto la solución es disminuir la presión de la destilación (vació) para disminuir la temperatura de ebullición y continuar con la destilación del crudo reducido, obteniéndose así productos como: naftas, diesel, gasóleo ligero, gasóleo pesado y fondo de vacío (asfalto)”.
- Reductora de Viscosidad (Visbreaking), unidad destinada al craqueamiento térmico del fondo de vacío para obtener el combustible fuel oil.
- Craqueo Catalítico Fluidizado, según Gary & G.E.Handwerk, (1980, p. 95) “es un proceso de refinación utilizado para la conversión de aceites pesados en gasolina más valiosa y productos más ligeros (LPG) mediante el uso de un catalizador”.
- Isomerización de Nafta Liviana de acuerdo a Prieto, (2004, p. 33) “se aplica fundamentalmente a la fracción ligera de la nafta de la destilación

atmosférica para la conversión de los pentanos y hexanos normales que contiene a sus isómeros, con objeto de mejorar su número de octano".

- Reformación de Nafta Pesada, mediante el uso de un catalizador de platino la mayoría de compuestos cíclicos de la nafta pesada se transforman en aromáticos, de acuerdo a Yúfera, (1996, p. 124) "la reforma catalítica de las naftas aumenta su Índice de Octano de 40 o 50 a más de 90".
- Hidrotratamiento de Diésel, según Iglesias, (2003, p. 196) "existe la necesidad legal de reducir el contenido en azufre de los combustibles especialmente en el diesel, esto se lo hace en la planta desulfuradora que tiene la necesidad de hidrógeno para que reaccione con el azufre, empleando también un catalizador".
- Tratamiento de Efluentes, en los procesos anteriores se generan agua y gases amargos (con azufre) que deben ser tratados para luego ser descargados al ambiente o su reutilización.

En otras refinerías del mundo se cuenta con otros procesos adicionales para tratar el fondo de vacío y continuar obteniendo combustibles blancos como naftas y diesel.

Refinería Esmeraldas tiene la siguiente configuración:

1. Unidad No Catalítica 1

   Plantas:

   - Atmosférica 1
   - Vacío 1
   - Visbreaking 1
2. Unidad No Catalítica 2

   Plantas:

   - Atmosférica 2
   - Vacío 2

- Visbreaking 2

3. Unidad Catalítica 1

   Plantas:

   - Craking Catalítico Fluidizado (FCC)

4. Unidad Catalítica 2

   Plantas:

   - Hidrotratamiento de nafta pesada (HDT)
   - Reformación de nafta pesada (Octanizing)
   - Regeneración continua de catalizador (CCR)
   - Hidrotratamiento de nafta liviana (NHT)
   - Isomerización de nafta liviana
   - Tratamiento de jef fuel
   - Planta de nitrógeno

5. Unidad Catalítica 3
   - Hidrotratamiento de diesel (HDS)
   - Tratamiento de aguas amargas (Z)
   - Tratamiento de gases amargos (U)

1.2.1.2 Indicadores de gestión

La administración empresarial involucra cuatro aspectos importantes como son: planear, organizar, dirigir y controlar, este último cumple una función muy importante en cada una de las anteriores.

Un indicador según Jaramillo, (1995) “es una relación entre variables cuantitativas o cualitativas que permiten observar un proceso o fenómeno y sus tendencias de cambio generadas en el mismo, con respecto a objetivos y metas previstos e influencias esperadas; permiten establecer el logro y el cumplimiento de la misión, objetivos y metas de un determinado proceso”. Los indicadores de gestión son información que agregan valor, son un medio, son

una guía y apoyo para el control administrativo, estos pueden ser valores, unidades, índices, series estadísticas entre otros.

En cuanto a su naturaleza, los indicadores de gestión, se clasifican según los factores claves del éxito, así hay indicadores de efectividad, eficacia (resultados, calidad, satisfacción al cliente, impacto), de eficiencia (actividad, uso de capacidad, cumplimiento de programación y otros), de productividad.

En el caso de la industria petrolera es necesario hacerse las siguientes preguntas:

¿Cómo está la rentabilidad con respecto a la competencia?

¿Cómo se está operando las instalaciones o facilidades?

La primera pregunta tiene que ver con la competitividad de la refinería con respecto a grupos comparables del mercado. Y el segundo cuestionamiento se refiere a la eficiencia con la que se utiliza los recursos y facilidades de la refinería. Con el fin de monitorear tanto la eficiencia como la competitividad, se han desarrollado una serie de indicadores que proporcionan una idea clara del desempeño de una refinería tales como: la disponibilidad operacional, utilización del proceso, los rendimientos de productos, mantenimientos programados y no programados, costo de personal y otros.

1.2.1.3 Productividad

La productividad considerada como uno de los indicadores más importantes para la administración empresarial, se define como la relación entre la producción y los recursos empleados, así:

$$\textbf{Productividad} = \frac{\text{Producción Obtenida}}{\text{Insumo Gastado}}$$

Donde la producción obtenida es el proceso de transformación de la materia prima en un producto, bien o servicio, de acuerdo a Mali, (1978, p. 12). La productividad también puede definirse como el producto entre la utilización y la eficiencia.

Productividad = Utilización x Eficiencia

Un concepto importante es el throughput, que como lo indica el libro la Meta Goldratt, (2008) “es igual al dinero por las ventas, menos el dinero pagado por la materia prima. Viene a ser equivalente al «valor agregado» con la salvedad de que este valor se «añade» en el acto de la venta, no de la producción”. Es importante identificar los cuellos de botella de los procesos de una empresa y establecer un ritmo de operación dirigido por la restricción con el fin de mejorar el throughput, de esta forma se agilita la cadena productiva disminuyendo los inventarios del sistema por consiguiente incrementando la liquidez de la empresa.

1.2.1.4 Benchmarking

En el ámbito gerencial, el benchmarking se define como una herramienta administrativa que permite hacer un estudio comparativo entre procesos, productos, unidades de negocio, con el propósito de identificar brechas y transformarlas en una oportunidad de mejora, lograr ventajas competitivas para mejorar una organización. Como indica, Boxwell, Rubiera, McShane y Zaratiegui, en su libro Benchmarking para competir con ventaja, (1995), el benchmarking debe comenzar al menos por tener en claro, cuáles son los factores clave del negocio y también tener claro y definido un objetivo para lograr cambios en la calidad del producto o servicio.

De forma resumida, la empresa QConsultores en su presentación en power point para la capacitación del personal de ANDINATEL en el año 2004, propone los siguientes pasos a seguir para un estudio de benchmarking:

- ✓ Paso 1: Identificar qué comparar
- ✓ Paso 2: Determinar qué se medirá
- ✓ Paso 3: Identificar quién comparará
- ✓ Paso 4: Reunir los datos
- ✓ Paso 5: Analizar los datos y determinar las tareas
- ✓ Paso 6: Fijar las metas y desarrollar un plan de acción
- ✓ Paso 7: Monitorear los procesos

1.2.2 Fundamentación legal

La fundamentación legal en la que se basa esta investigación está sustentada en todo el andamiaje legal que rige nuestro país, así por ejemplo:

El art. 387.- de la Constitución de la República, en su numeral 2, garantiza: "Promover la generación y producción de conocimiento, fomentar la investigación científica y tecnológica, y potenciar los saberes ancestrales, para así contribuir a la realización del buen vivir, al sumak kausay", Oficial R. 4., (2008)

El art. 1.- de la Ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la Información Pública refiere al "Principio de Publicidad de la Información Pública; el acceso a la información pública es un derecho de las personas que garantiza el Estado". Oficial R. , Ley de Transparencia y Acceso a la Información Publica, (2004)

El art. 21.- de la Ley Orgánica de la Contraloría General del Estado, establece: "La Auditoría de Gestión es la acción fiscalizadora dirigida a examinar y evaluar el desempeño de una institución, ente contable, o la ejecución de programas y proyectos, con el fin de determinar si dicho desempeño o ejecución, se está

realizando, o se ha realizado, de acuerdo a principios y criterios de economía, efectividad y eficiencia, se evaluará los resultados originalmente esperados y medidos de acuerdo con los indicadores institucionales y de desempeño pertinentes". Constituirán objeto de la auditoría de gestión: el proceso administrativo, las actividades de apoyo, financieras y operativas; la eficiencia, efectividad y economía en el empleo de los recursos humanos, materiales, financieros, ambientales, tecnológicos y de tiempo; y, el cumplimiento de las atribuciones, objetivos y metas institucionales. Oficial R. , Ley Organica de la Contraloría General del estado, (2004).

Como se observa, el estudio del "ANÁLISIS DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LAS UNIDADES DE CRUDO 1 Y 2 EN LA REFINERÍA ESMERALDAS" constituye un procedimiento respaldado por el marco legal ecuatoriano.

1.2.3 Revisión de estudios previos

Para la realización de esta investigación se consultaron algunos estudios relacionados con el análisis del proceso productivo en el área hidrocarburífera.

La EPPETROECUADOR a partir del año 2011, inició una serie de acciones encaminadas a desarrollar un plan de gestión de la energía basado en los siguientes aspectos, como lo indica en su investigación Carrión, (2012) así:

- Mejora de la calidad de los combustibles
- Aplicación de combustibles alternativos
- Aplicación de mecanismos de desarrollo limpio
- Estudio de eficiencia energética en las instalaciones

Dentro del estudio de eficiencia energética se ejecutó la Auditoría Técnica Energética de Refinería Esmeraldas para configurar su línea base, previo a la implantación del Sistema de Gestión de la Energía bajo el modelo de la norma ISO 50001.

En mayo del 2012, en la PUCE de Quito se realizó el trabajo de grado titulado "Modelo de mejoramiento de la productividad a través de herramientas de

control y mejora, caso: Repsol Duragas – Pifo" realizado por Peñaherrera Torres y Montenegro Solórzano, (2012); cuyo propósito fue diagnosticar y mejorar la productividad global de la planta mediante la medición de tiempos improductivos y el cálculo de los índices de utilización, eficiencia y calidad.

En este mismo año, se inició una etapa importante en la industria petrolera ecuatoriana con los trabajos de Rehabilitación de la Refinería Esmeraldas, ejecutado en su gran parte por la empresa SK Engineering & Construction Co. Ltda y como apoyo a este proceso, con el propósito de mejorar la confiabilidad de esta refinería, la empresa KBC Advanced Technologies Inc, inició también la implementación de las mejores prácticas PMP y procesos de trabajo en cada una de las unidades de la refinería; el objetivo principal de estos trabajos fue la recuperación de la capacidad nominal de refinación de petróleo que es de 110000 barriles/día y su sostenibilidad en el tiempo a través de una gestión eficaz de sus unidades. Estos contratos fueron firmados entre la Gerencia de la EPPETREOECUADOR y las empresas mencionadas.

Luego, en el año 2013 la EPPPETROECUADOR y la empresa Solomon Associantes firmaron el contrato No 2013043 para la "Supervisión y Validación de la línea base de buenas prácticas y benchmarking en Refinería Esmeraldas", con una proyección de cuatro años operacionales, con el propósito de desarrollar un estudio técnico para determinar su desempeño y conocer su estatus entre las refinerías de Latinoamérica y otras regiones del mundo.

En la actualidad, de acuerdo con lo que indica Jarillo, (2005) "existen alrededor de 732 refinerías en 124 países, que procesan más de 81 millones de barriles de petróleo por día", (mathpro, 2011) "cada una tiene un sistema económico particular configurada por una serie de plantas instaladas con características operativas específicas". Su esquema de refinación y sus características de funcionamiento están determinados principalmente por la ubicación, antigüedad, liquidez, crudos disponibles, normativa y estándares ambientales y las especificaciones y requisitos del mercado para los productos refinados.

La tendencia mundial indica que para la evaluación del desempeño de las refinerías y ejercer el control administrativo, se realizan estudios comparativos de performance o lo que se conoce como “Benchmarking”, así, es muy conocido en el ámbito petrolero los trabajos hechos por la empresa HBS Solomon Associates LLC, quienes a través de un estudio comparativo de eficiencia energética, clasifican a las refinerías a nivel mundial en cuartiles, correspondiendo el último cuarto cuartil a las refinerías de bajo desempeño. Otras empresas dedicadas a este tipo de servicio son KBC, Marsh & Mac Lennan.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Analizar el proceso productivo de las unidades de Crudo 1 y 2 de la Refinería Esmeraldas para evaluar y categorizar los procesos que influyen directamente en su desempeño.

1.3.2 Objetivos específicos

- Recalcar las brechas entre los procesos de las unidades No Catalíticas halladas mediante la aplicación de algunos pasos del benchmarking.

- Recopilar información de las actividades vinculadas al proceso productivo ejecutado y cuantificar los indicadores de su rendimiento en el año operacional 2013

- Señalar los costos de mantenimiento planificado y no planificado que se han ejecutado en el año de estudio 2013.

- Estimar las horas hombre de mano de obra directa e indirecta que se utilizaron en la unidad de crudo 1 y 2 en el año 2013

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Métodos usados en la investigación

La investigación es de tipo cuanti-cualitativa ya que mediante un estudio longitudinal retrospectivo, se recolectó información histórica en la base de datos de software especializados en gestión de recursos con los que cuenta esta refinería y se recabó información subjetiva, criterios personales de consultores y directivos. El proceso investigativo tuvo un alcance descriptivo al detallar algunos factores que influyen en el desempeño de las plantas en estudio. La aplicación de los métodos histórico e inductivo-deductivo guiaron la planificación y las estrategias tomadas para la recolección y análisis de la información, así, el empleo de las técnicas encuesta y entrevista fueron muy útiles para plantear una alternativa de solución al problema existente.

Variable Independiente:

- Costo de mantenimiento de las plantas
- Rendimiento de los productos obtenidos en las unidades no catalíticas
- Disponibilidad de cada una de las plantas que componen las unidades no catalíticas

Variable Dependiente:

- Desempeño de la unidad no catalítica 1 y no catalítica 2

2.2 Universo y Muestra

Este trabajo investigativo se desarrolló en las Unidades: No Catalítica 1 constituida por las plantas Crudo 1, Vacío 1 y Visbreaking 1 y No Catalítica 2

constituida por las plantas Crudo 2, Vacío 2 y Visbreaking 2 de la Refinería Esmeraldas.

En el año 2013, se registró un total de 963 funcionarios que laboraron en refinería, número que representa la mayor parte de la población de estudio. Se procedió a calcular una muestra de acuerdo al siguiente criterio.

Se empleó la ecuación:

$$\mathrm{n} = \frac{N\ \sigma^2\ Z^2}{(N-1)\varepsilon^2 + \ \sigma^2\ Z^2}$$

Dónde:

n = es el tamaño de la muestra

N = es el tamaño de la población

σ = es la desviación estándar de la población, se asume un valor de 0,5

Z = es el valor representativo de un nivel de confianza del 95%, equivale a 1,96

ε = es el límite aceptable de error muestral, se asume un valor de 0,06

Resultado:

n = 210

Se procedió a seleccionar los integrantes de la muestra de forma probabilística considerando que de una u otra forma es un personal que realizó un trabajo o dedicó un tiempo de su trabajo para la operatividad de las plantas de las unidades no catalíticas, distribuidos en las áreas de proceso, mantenimiento, administrativa y de contrato. Para este estudio se tomó el total de operadores y personal de mantenimiento de las dos unidades, finanzas, administrativos de

Quito, en un total de 210 funcionarios y una muestra de 10 contratistas que trabajaron en paros de planta

2.3 Instrumentos

Para la recolección de la información se aplicaron instrumentos como el cuestionario y el formulario; se realizó el levantamiento de información técnica en sistemas especializados tales como el main tracker, EPR, PHD, máximo y EBS propiedades de la EPPETROECUADOR. Con esta información se elaboró una tabla excel dinámica para procesar la misma y agilitar los cálculos que permitieron diseñar los indicadores de gestión que posteriormente guiarán la toma de decisiones de las autoridades.

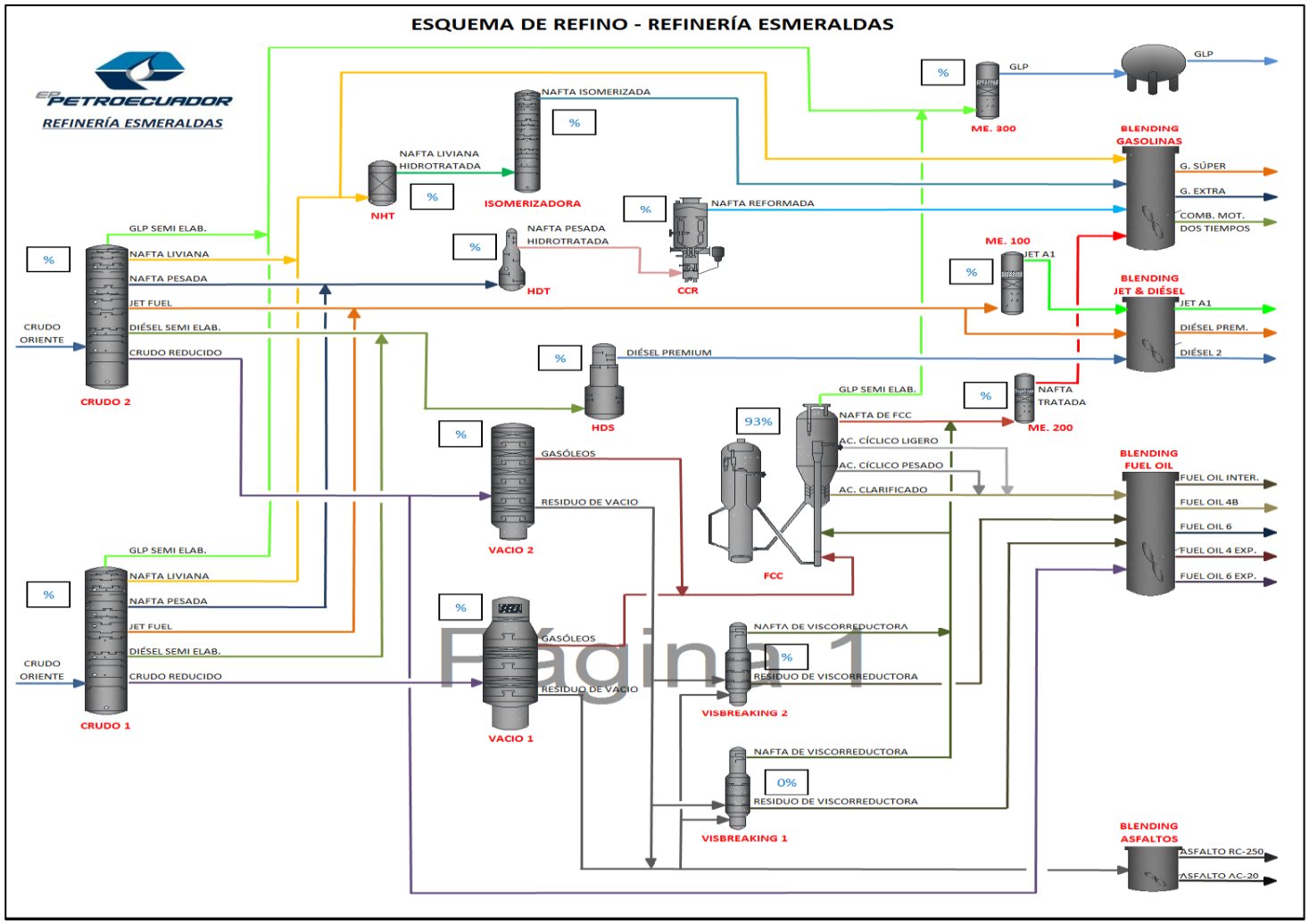
Todas las acciones del investigador se enmarcaron en el código de ética de la EP PETROECUADOR, resguardando la correspondiente confidencialidad de la información que fue autorizada por el Superintendente de Refinería Esmeraldas para ser utilizada con fines netamente investigativos.

2.4 Aplicación de algunos pasos del benchmarking para el análisis comparativo

2.4.1 Paso 1: Identificar qué comparar

En el esquema N° 2.4.1-1, se puede observar los diferentes procesos de refinación y sus corrientes entrantes y salientes.

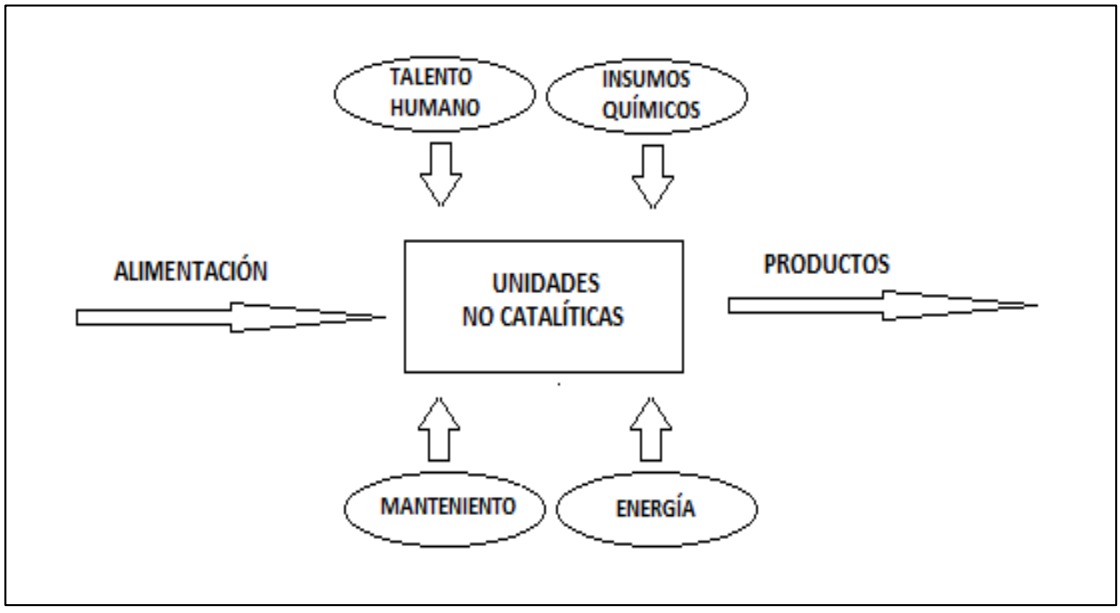
Esquema 2.4.1-1 Esquema de Refinación de Refinería Esmeraldas



En el esquema de refinación se observan dos unidades que procesan corrientes de alimentación y obtienen productos con similares características, sus plantas presentan una primera diferencia notoria que es la capacidad de diseño y se desconoce su desempeño con las variables que influyen en su productividad. Por esto se plantea que el objetivo de la aplicación de algunos pasos del benchmarking es comparar el desempeño de las plantas que conforman las unidades de no catalíticas 1 y no catalíticas 2. La comparación está a cargo de la persona que ejecuta este trabajo de investigación, siendo lo ideal involucrar a los especialistas de procesos y jefes de cada unidad.

En este primer paso, es necesario definir y delimitar el proceso de estudio, paro lo cual se planteó el siguiente esquema como un criterio del autor, susceptible a cualquier modificación.

Esquema 2.4.1-2 Diagrama de entradas y salidas del proceso de las unidades no catalíticas 1 y 2



2.4.2 Paso 2 : Identificar qué medir

Esquema 2.4.2-1. Matriz FODA de las unidades no catalítica 1 y 2 de Refinería Esmeraldas

		OPORTUNIDADES		AMENAZAS	
		Couching por la empresa KBC	Apoyo de las autoridades	Paros emergentes de planta	Falta de planificación de paros programados
FORTALEZAS	Rehabilitación de las plantas NC1 y NC2	Asesoramiento de KBC en buenas prácticas operativas.	Gestión de recursos económicos para equipamiento	Evaluación y seguimiento de la disponibilidad operacional	Evaluación de la confiabilidad
	Calidad del diseño y construcción de las plantas	Optimización de las plantas con test run	Automatización de las plantas	Identificación de cuellos de botella	Gestión de activos
DEBILIDADES	Competencia del personal	Cursos relacionados a procesos por parte de KBC	Definición de staffing	Evaluación de riesgos	Medir índices de personal
	Desconocimiento del desempeño de las unidades	Determinación de KPIs para evaluar el rendimiento de las unidades	Fijación de metas de eficiencia y competitividad	Determinación de índices de utilización de las plantas	Determinación de los costos de manteniendo

Los factores que se tomaron en cuenta para el planteamiento del análisis FODA fueron el resultado de charlas informales con consultores especializados de las empresas KBC, Sólomon y de la propia experiencia vivida por el investigador en sus 10 años de trabajo en Refinería Esmeraldas.

Del análisis del proceso entradas y salidas de las unidades no catalíticas 1 y 2 descrito en el esquema 2.4.1-2 y la matriz FODA del esquema 2.4.2-1, se identificó la posibilidad de establecer comparaciones entre los factores que influyen en el desempeño de las plantas que conforman estas dos unidades, así:

1. Rendimiento de los productos
2. Disponibilidad de la plantas
3. Utilización del proceso
4. Costos de los productos
5. Costos de mantenimiento
6. Costos del talento humano
7. Costos de insumos químicos
8. Costos de la energía consumida

Para este estudio y en función de la información disponible, se estableció comparaciones entre:

- Rendimiento de los productos

  Con el fin de establecer los rendimientos de productos de cada planta, se requiere información de los flujos másicos de cada corriente de entrada (alimentación) y salida (productos) de los procesos de ambas unidades.

- Disponibilidad de las plantas

  Para el cálculo de la disponibilidad se requiere el número de días que cada una de las plantas salió de servicio debido a un paro programado y un paro no programado.

- Utilización del proceso

  Es necesario calcular la capacidad utilizada de las plantas mediante en conocimiento de los días de paro presentado durante todo el año de estudio

- Mantenimiento de las plantas
  Se debe conocer los costos reales del mantenimiento no programado.

- Talento humano

  En este estudio, debido a la dificultad de obtener información de los costos del talento humano de contratistas, se recabó información del total de horas netas trabajadas por los obreros y profesionales tanto de la refinería como de los contratistas en las plantas objetivo de estudio.

2.4.3 Paso 3: Identificar a quién comparar

Disponibilidad de información:

- La empresa reconocida a nivel mundial y que cuenta con información acerca del desempeño de unidades de proceso de refinación individuales es Solomon Associates y ellos consideran que dicha información es confidencial y de exclusiva propiedad de cada uno de los participantes del benchmarking bianual que realizan.

- La información publicada en páginas web y revistas especializadas por las empresas petroleras del mundo incluyendo sus refinerías, es muy general acerca de la producción, estructura organizacional, gestión, mas no, hay información específica de cada proceso de refinación.

Esta limitación de información obliga a plantear un nivel interno de benchmarking, es decir, comparar el desempeño de las plantas que conforman las unidades no catalíticas 1 y no catalíticas 2.

Fuentes de información:

- Jefes de las unidades en estudio
- Personal operativo y administrativo que labora en Refinería Esmeradas
- Software del sistema de control distribuido PKS y PHD
- Contratos para mantenimiento celebrados durante el año de estudio
- Software main tracker
- Contratistas
- Software del área financiera y talento humano
- Estudios Solomon de benchmarking
- Consultores especializados

2.4.4 Paso 4: Reunir datos

Consideraciones especiales:

Para llevar a cabo este estudio se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Se debe considerar la realidad, las unidades de Crudo 1 y Crudo 2 no son iguales en capacidad o configuración.

- Todos los datos de rendimiento se deben basar en el mismo período de tiempo. Este estudio se llevó a cabo con una base de datos anual y la información refleja las facilidades y operaciones durante el año de estudio.
- Las capacidades son reportadas como promedio ponderado durante el año de estudio.
- Los gastos de mantenimiento no programado son reportados como el total del año de estudio.
- Para el análisis comparativo del rendimiento, el consumo de recursos de cada unidad debe normalizarse con un divisor que sea apropiado para el tipo de recurso y el tipo de métrica de desempeño.
- La capacidad nominal se basa en la calidad de la materia prima actual o esperada y representa la velocidad de carga o tasa máxima de producto sostenible por día de operación. La tasa máxima sostenible no pretende representar una tasa pico instantáneo, sino que debe basarse en al menos un mes de funcionamiento en condiciones que no se espera que causen daños a equipos.
- Cada parada se contabiliza desde el momento en que se bloqueó la alimentación a la planta hasta el momento en que se puso en servicio y se obtuvo productos dentro de especificaciones de calidad.

A. Indicadores de eficiencia

En la industria de refinación es importante contar con evaluaciones independientes para la eficiencia y la competitividad ya que son dos puntos clave para la comparación. En este caso, los indicadores de eficiencia evalúan el buen desempeño de un proceso con relación a un estándar, por lo que tiene en cuenta el actual tamaño de la unidad (capacidad), así como de cada planta individual en la refinería.

A.1. Rendimiento de las unidades

El cálculo de los rendimientos de las Unidades No Catalítica 1 y No Catalítica 2 se los realizó mediante un balance másico de sus corrientes de entrada y salida. El balance de masa consiste en un equilibrio dinámico entre el petróleo que es procesado en estas plantas y sus productos obtenidos. La ecuación que define el balance másico es:

$$Flujo\ masíco\ corrientes\ entrada = Flujo\ másico\ corrientes\ salida$$

Ecuación A.1. Balance másico

Para la obtención del flujo másico para las corrientes de entrada y las corrientes de salida se recurrió al sistema PHD (Process Historical Data), software que está instalado en Refinería Esmeraldas, el mismo que almacena la información de las variables de proceso ubicadas en el Sistema de Control Distribuido PKS con valores corregidos. El PHD es una herramienta informática con una base de datos SQL que trabaja en ambiente windows y permite un manejo estadístico de la información con históricos de hasta 5 años. Es así que, se obtuvo un promedio ponderado de los flujos másicos y demás variables de proceso de interés para el cálculo.

A.2 Disponibilidad de las unidades

A.2.1 Disponibilidad mecánica (DM)

Es una medida de la confiabilidad de la unidad, sus componentes son:

- Días de paro por mantenimiento programado anualizado (DPP)
- Días de paro por mantenimiento no programado anualizado (DPNP)
- Días de paro por Regulaciones / Proceso (DPRP), reflejan el tiempo de inactividad para las interrupciones programadas y no programadas de las

inspecciones o problemas relacionados con el proceso. Este tiempo de inactividad incluye paros para las inspecciones y pruebas reguladas, decoquizado de hornos, y regeneraciones del catalizador no comunicados como parte de mantenimientos programados. También incluye los tiempos de parada de la unidad causados por los paros de la caldera.

- Otros días de paro (ODP), representan días en los que una unidad está fuera de servicio por interrupciones programadas o no programadas causadas por circunstancias fuera de los límites de la unidad afectada. Estas interrupciones son causadas por alteraciones en el proceso o cortes fuera de las fronteras de la unidad o las condiciones del mercado.
- Días por bajas de carga, desaceleraciones (DBC), representa las horas acumuladas en días en los que se bajó carga (disminución de flujo de procesamiento, throughput) por precaución ante fenómenos naturales, o emergencias ocurridas que no involucraron paro total de las pantas.

A.2.2 Disponibilidad operacional (DO)

Es el porcentaje de tiempo disponible para procesamiento después de restar los tiempos de paro por mantenimiento y por regulaciones/proceso.

A.2.3 Utilización del proceso (UP)

Este indicador cuantifica el grado en el que los activos de una refinería o unidad se utilizan durante el año de estudio, se calcula tomando el promedio ponderado del porcentaje de la capacidad utilizada de las unidades o plantas de proceso individuales.

B. Indicadores de competitividad

Los indicadores de competitividad dan una noción de cuan rentable es una refinería o unidad al compararse con otras refinerías o unidades del estudio, sin tener en cuenta la economía de escala. Por ejemplo, es bien entendido que las necesidades de personal aumentan con la capacidad, pero son sólo ligeramente

influenciados por cambios incrementales en el rendimiento.

B.1 Factor de normalización (EDC)

Para el propósito comparativo, es necesario tomar en cuenta la influencia de varios factores que diferencian a las unidades de proceso en las refinerías, así: configuraciones (complejidad), características de materia prima, consumos de energía, niveles de personal, requerimientos de mantenimiento, gastos operacionales entre otras variables que caracterizan a cada uno de los procesos, surgiendo la incógnita ¿cómo establecer una comparación entre procesos con diferentes características?. La empresa Solomon Associates en su estudio Worlwide Fuels Refinery Performance Analysis for Operating year 2012, 2013, (págs. III-11) propone el uso del EDC (Capacidad Equivalente de Destilación) como un factor de normalización para los indicadores de competitividad. Este factor resulta del análisis estadístico de los costos operacionales de alrededor de 300 refinerías que participan en un estudio de benchmarking a nivel mundial, motivo por el cual no se tiene muchos detalles del su cálculo y constituye propiedad intelectual de la empresa Solomon.

B.2 Índice de mantenimiento no programado

Los costos de mantenimiento incluyen todos los gastos (presupuesto de gastos de capital o presupuesto) para el personal de la empresa, contratistas, materiales y los gastos generales necesarios para reemplazar y mantener los equipos de la refinería.

B.3 Índice de personal

El índice de personal es un indicador de competitividad que se define como las horas de trabajo del personal de la unidad por cada 100 EDC.

CAPITULO 3

3. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

3.1 Paso 5 : Analizar los datos y determinar las tareas

3.1.1 Cálculo de los indicadores de eficiencia

3.1.1.1 Cálculo de los rendimientos de proceso

El cálculo del balance másico de las Unidades No Catalíticas 1 (NC1) y No Catalíticas 2 (NC2) se determina de la siguiente manera:

- Balance másico de las plantas de destilación atmosférica 1 y 2 (ATM1 y ATM2)

$$Carga\ a\ ATM\ = FMG + FMNL + FMNP + FMJF + FMD + FMCR$$

Ecuación 3.1.1.1-1 Balance másico destilación atmosférica.

Dónde:

- **Carga a ATM**, es el flujo másico de crudo que ingresa a la planta de destilación atmosférica, t/h
- **FMG**, flujo másico de los gases producidos, t/h
- **FMNL**, flujo másico de la nafta liviana producida, t/h
- **FMNP**, flujo másico de la nafta pesada producida, t/h
- **FMJF**, flujo másico del jet fuel producido, t/h
- **FMD**, flujo másico de diesel producido, t/h
- **FMCR**, flujo másico del crudo reducido que queda como residuo, t/h

Resultados:

Tabla 3.1.1.1-1 Rendimiento de productos de destilación atmosférica

CORRIENTES	ATM 1		ATM 2	
	Flujo t/h	% Rendim	Flujo t/h	% Rendim
Carga a la planta atmosférica	278,4		274,29	
Producción gas a tea	3,21	1,15	1,42	1,15
Producción fuel gas	0,06	0,02	0	0
Producción GLP	3,19	1,15	2,3	0,84
Producción nafta liviana	2,97	1,07	0,93	0,34
Producción nafta pesada	24,36	8,75	25,84	9,42
Nafta L+P+GLP	0,51	0,18	0,38	0,14
Producción jet fuel	18,55	6,66	26,35	9,61
Producción diesel	72,8	26,15	61,2	22,31
Crudo reducido	154,87	55,63	153,52	55,97
Porcentaje error en balance / %Total	0,8	99,94	0,9	99,78

La siguiente ecuación define el balance másico de las plantas de destilación al vacío 1 y 2 (VAC 1 y VAC 2):

$$CARGA\,VAC = FMG + FMN + FMLVGO + FMHVGO + FMCA + FMCFO + FMFV$$

Ecuación 3.1.1.1-2. Balance másico destilación al vacío

Dónde:

- **Carga a VAC,** es el flujo másico de crudo reducido que ingresa a la planta de destilación al vacío, t/h
- **FMG**, flujo másico de los gases producidos, t/h
- **FMN**, flujo másico de la nafta producida, t/h
- **FMLVGO**, flujo másico de gas oleo ligero producido, t/h
- **FMHVGO**, flujo másico de gas oleo pesado producido, t/h
- **FMCA**, flujo másico de ceras para asfalto, t/h

- **FMCFO**, flujo másico de ceras para fuel oil, t/h
- **FMFV**, flujo másico de fondos de vacío que queda como residuo, t/h

Resultados:

Tabla 3.1.1.1-2 Rendimiento de productos de la destilación al vacío

CORRIENTES	VAC 1		VAC 2	
	Flujo	%	Flujo	%
	t/h	Rendim	t/h	Rendim
Carga a la planta de vacío	209,86		111,57	
Producción de gas	0	0	0,29	0,26
Producción nafta	0	0	10,31	9,24
Producción gas oleo ligero	8,81	4,2	0	0
Producción gas oleo pesado	70,63	33,66	11,6	10,4
Producción de ceras a asfalto	1,59	0,76	16,85	15,1
Producción de ceras a fuel oil	1,66	0,79	0	0
Fondos de vacío	115,55	55,06	63,19	56,64
Porcentaje error en balance / %Total	4	94,46	8	91,64

La siguiente ecuación define el balance másico de las plantas de Visbreaking 1 y 2 (VIS 1 y VIS 2):

$$CARGA\ VIS = FMG + FMN + FMD + FMFO$$

Ecuación 3.1.1.1-3 Balance másico de visbreaking

Dónde:

- **Carga a VIS**, flujo másico de fondos de vacío (crudo reducido) que ingresa a la planta de visbreaking, t/h
- **FMG**, flujo másico de los gases producidos, t/h
- **FMN**, flujo másico de nafta producida, t/h
- **FMD,** flujo másico de la diesel producido, t/h
- **FMFO**, flujo másico de fuel oil que queda como residuo, t/h

Resultados:

Tabla 3.1.1.1-3 Rendimiento de productos de visbreaking

CORRIENTES	VIS 1		VIS 2	
	Flujo	%	Flujo	%
	t/h	Rendim	t/h	Rendim
Carga a la planta visbreaking	91,48		97,35	
Producción de gas a tea	0,71	0,78	1,41	1,45
Producción de nafta	1,51	1,65	0,92	0,95
Producción de diésel	0	0	3,85	3,95
Fuel Oil	95,82	104,74	90,07	92,52
Porcentaje error en balance / % Total	7	107,17	1,1	98,87

3.1.1.2 Cálculo del índice de disponibilidad mecánica

La disponibilidad mecánica de las plantas está calculada por la siguiente ecuación, así:

$$DM = \left[1 - \frac{\sum_{Plantas} EDC\ planta \times \left(\frac{DPP}{365.25}\right) + \frac{DPNP}{D\ promedio}}{\sum_{plantas} EDC\ planta}\right] \times 100\%$$

Ecuación 3.1.1.2-1 Disponibilidad mecánica

Dónde:

- **EDC planta**, es el EDC determinado para cada planta según Solomon
- **DPP**, días de paro por mantenimiento programado anualizado
- **DPNP**, días de paro por mantenimiento no programado anualizado
- **D promedio**, es el promedio de días para el año de estudio y el año anterior; es decir, 365,5 con un año bisiesto

Los días de paro por mantenimiento programado DPP, se calcula con la ecuación:

$$DPP = \frac{THPP}{24 \times Intervalo\ PP}$$

Ecuación 3.1.1.2-2. Días de paro programado

Dónde:

- **THPP,** es el número de "Total de horas de parada para paro programado" reportados en la tabla 9 de entradas para una unidad en particular.
- **Intervalo PP**, es el intervalo expresado en años, entre los dos paros programados más recientes, que se calcula a partir de las fechas de entrega reales reportados en la Tabla 9 de entradas para esa misma unidad.

Los días de paro por mantenimiento no programado DPNP, se calculan con la ecuación siguiente:

$$DPNP = \frac{THPPM + THSPM}{24 \times 2}$$

Ecuación 3.1.1.2-3. Días de paro no programado

Dónde:

- **THPPM,** es el número de "Total de horas de paro por mantenimiento" reportados en la tabla 10A de entradas, para una unidad en particular; y,
- **THSPM,** es el número de "Total de horas de servicio por mantenimiento", reportado en la tabla 10B de entradas, para esa misma unidad

Resultados:

Tabla 3.1.1.2-1 Disponibilidad mecánica

	ATM 1	VAC 1	VIS 1	ATM 2	VAC 2	VIS 2
EDC	1,44	1,31	2,48	1,44	1,33	2,48
THPP	1008	1008	1824	696	696	1824
Intervalo PP	2,9	2,9	2,7	2,6	3,1	2,4
DPP	14,48	14,48	28,15	11,15	9,35	31,67
THPPM	1141	111	1254	549	46	684
THSPM	717	0	170	50	32	1118
DPNP	38,71	2,31	29,67	12,48	1,63	37,54
DPP / 365,25	0,04	0,04	0,08	0,03	0,03	0,09
DPNP / 365,5	0,11	0,01	0,08	0,03	0	0,1
(DPP / 365,25)+(DPNP / 365,5)	0,15	0,05	0,16	0,06	0,03	0,19
EDC *(DPP / 365,25)+(DPNP / 365,5)	0,21	0,06	0,39	0,09	0,04	0,47
% DM	85,44	95,4	84,18	93,53	96,99	81,06

3.1.1.3 Cálculo del índice de disponibilidad operacional

La disponibilidad operacional de las plantas está calculada por la ecuación:

$$DO = \left[1 - \frac{\sum_{Plantas} EDC\ planta \times \left(\frac{DPP}{365.25}\right) + \left(\frac{DPNP + DPPRP}{D\ promedio}\right)}{\sum_{Plantas} EDC}\right] \times 100\%$$

Ecuación 3.1.1.3-1 Disponibilidad operacional

Donde:

- **EDC, DPP, DPNP, D promedio**, están definidos anteriormente
- **DPPRP**, son los días de paro por regulaciones o proceso

Resultados:

Tabla 3.1.1.3-1 Disponibilidad operacional

	ATM 1	VAC 1	VIS 1	ATM 2	VAC 2	VIS 2
EDC	1,44	1,31	2,48	1,44	1,33	2,48
DPP	14,48	14,48	28,15	11,15	9,35	31,67
DPNP	38,71	2,31	29,67	12,48	1,63	37,54
DPPRP	0	0	0	0	0	0
% DO	85,44	95,4	84,18	93,53	96,99	81,06

NOTA: En el año 2013 no existió paros de las unidades debido a problemas de proceso o por revisiones reglamentarias de las plantas, por lo tanto la disponibilidad mecánica es igual a la disponibilidad operacional.

3.1.1.4 Cálculo del índice de utilización de proceso libre de paro programado

La utilización del proceso UPSPP se calcula con la ecuación:

$$UPSPP = \frac{\sum_{Plantas} EDC\ planta\ \times \left(\frac{Utilización \times DAE}{DAE - DPP}\right)}{\sum_{Plantas} EDC\ planta}$$

Ecuación 3.1.1.4-1. Utilización del proceso libre de paro programado

Dónde:

- **Utilización,** es el promedio ponderado del porcentaje de la capacidad utilizada de las plantas individuales
- **DAE**, días en el año de estudio

Resultados:

Tabla. 3.1.1.4-1 Utilización del proceso libre de paro programado

	ATM 1	VAC 1	VIS 1	ATM 2	VAC 2	VIS 2	CRUDO 1	CRUDO 2
EDC	1,44	1,31	2,48	1,44	1,33	2,48	5,22	5,24
Utilización	68,8	70,5	51,3	73,9	88	39,3		
DPP	14,48	14,48	28,15	11,15	9,35	31,67		
(Utilización*365)/(365-DPP) = A	71,64	73,41	55,59	76,23	90,31	43,03		
EDC* A	102,88	96,02	137,63	109,47	119,76	106,55	336,54	335,77
%Utilización del proceso sin PP							64,47	64,1

3.1.2 Cálculo de los indicadores de competitividad

3.1.2.1 Cálculo del EDC unidad

$$\boldsymbol{EDC\ unidad} = \sum_{\boldsymbol{Plantas}} \boldsymbol{Capacidad} \times \boldsymbol{EDC\ planta}$$

Ecuación 3.1.2.1-1 EDC de cada unidad de proceso

Dónde:

- **Capacidad**, es el flujo volumétrico de la capacidad nominal de cada una de las plantas que conforman la unidad NC1 o NC2
- **EDC planta,** es el EDC indicado por Solomon para cada planta

Resultados:

Tabla 3.1.2.1-1 EDC de cada unidad no catalítica

	ATM 1	VAC 1	VIS 1	ATM 2	VAC 2	VIS 2
Capacidad	55000	29960	15750	55000	16590	15750
EDC	1,44	1,31	2,48	1,44	1,33	2,48
EDC X Capacidad	78980	39187,68	38997	78980	21998,34	38997
EDC proceso			157164,68			139975,34

3.1.2.2 Cálculo del índice de mantenimiento no programado (NTAI)

El índice de mantenimiento no programado (NTAI) está dado por la ecuación:

$$NTAI = \frac{CPMNP}{EDC\ planta}$$

Ecuación 3.1.2.2-1 Índice de mantenimiento no programado

Dónde:

- **CPMNP** es el costo promedio de mantenimiento no programado

El CPMNP es calculado con la siguiente ecuación:

$$CPMNP = \frac{\sum_{Plantas}(CMNPA + CMNPAA)}{2}$$

Ecuación 3.1.2.2-2 . Costo promedio de mantenimiento no programado

Dónde:

- **CMNPA**, son los costos de mantenimiento no programado del año de estudio
- **CMNPAA,** son los costos de mantenimiento no programado del año anterior

Resultados:

Tabla 3.1.2.2-1 Índice de mantenimiento no programado

PLANTAS	TOTAL kEDC	COSTOS MNP, k$		PROMEDIO k$	NTAI $/EDC
		2012	2013		
ATM 1	158,4	4.904,27	11.051,12	7977,69	50,36
ATM 2		4.965,57	3.444,41	4204,99	26,55
VAC 1	60,52	4.068,43	318,64	2193,53	36,25
VAC 2		9.519,38	896,47	5207,93	86,06
VIS 1	78,75	4.313,76	950,55	2632,16	33,42
VIS 2		7.975,11	2.925,85	5450,48	69,21

3.1.2.3 Cálculo del índice de personal

El índice de personal se obtiene a través de la ecuación siguiente:

$$IP = \frac{THOO - HAOO + THDP - HADP + \sum_{Plantas} \frac{HMP}{IMP}}{\frac{EDC\ Unidad}{100}}$$

Ecuación 3.1.2.3-1 Índice de personal

Dónde:

- **THOOS**, total de horas de operadores y obreros, corresponde a la suma de las horas del tiempo laborado, horas extras, horas de personal de contrato, horas del personal administrativo
- **HAOO**, horas de ausencia de operadores y obreros
- **THDP**, total de horas de directivos y profesionales, es la suma de las horas de tiempo laborado, horas extraordinarias estimadas, horas de personal contratado, y horas del personal administrativo
- **HSDP**, horas de ausencia de personal directivo y profesionales
- **HMP,** horas trabajadas en mantenimiento programado
- **IMP**, años de intervalo entre mantenimientos programados

Resultados:

- La encuesta se realizó a 210 funcionarios de Refinería Esmeraldas, cuya información fue usada para conocer las horas laboradas y de ausencia de cada uno de ellos que consta en el sistema AS-400 (software de asistencia del personal de Refinería Esmeraldas). Los funcionarios encuestados dieron también información acerca de la fracción de tiempo que dedican para actividades relacionadas con las Unidades No Catalíticas 1 y No Catalíticas 2
- En las Unidades NC1 y NC2 trabajan 74 funcionarios
- Los trabajadores fueron clasificados en personal OO (Operadores y Obreros) y personal DP (Directivos y Profesionales)

- En el año operacional 2013 no se realizó mantenimiento programado de ambas unidades.

  Tabla N° 3.1.2.3-1 Miles de horas efectivas de trabajo del personal OO

Tabla N° 3.1.2.3-1 Miles de horas efectivas de trabajo del personal OO

PERSONAL (OO)	N°	No Catalítica 1				No Catalítica 2			
		Unidad	Contrat.	Adm.	TOTAL	Unidad	Contrat.	Adm.	TOTAL
Operación:									
Unidad	40	43	0.0	0.0		37,2	0.0	0.0	
Utilidades	25	17,5	0.0	0.0		15,1	0.0	0.0	
Medio ambiente	2	6,1	0.0	1,6		5,3	0.0	1,4	
Transferencias	4	18,9	0.0	0.0		16,4	0.0	0.0	
Transporte	4	0.0	25,4	0.0		0.0	22	0.0	
Operaciones marina	3	7,4	0.0	0.0		6,4	0.0	0.0	
Entrenamiento	3	0.0	2,8	0,7		0.0	2,4	0,6	
Brigadas contraincendio		0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	
Otros		0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	
Subtotal	**81**	93	28,1	2,4	123,5	80,4	24,3	2,1	106,8
Mantenimiento:									
Mantenimiento no p	35	74,3	567,1	0.0		64,3	490,6	0.0	
Mantenimiento prog	15	11	28,2	0.0		9,5	24,4	0.0	
Inspectores	5	6,7	104,4	0.0		5,8	90,3	0.0	
Proveedores	3	0.0	18,1	0.0		0.0	15,6	0.0	
Planificadores	2	0,3	0.0	0.0		0,3	0.0	0.0	
Bodegueros	4	2,7	4,9	0		2,3	4,3	0	
Otros		0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	
Subtotal	**64**	95	722,7	0	817,8	82,2	625,2	0	707,4
Soporte técnico									
Laboratorio	22	16,5	0.0	0.0		14,2	0.0	0.0	
Otros	3	1,7	0.0	0.0		1,4	0.0	0.0	
Subtotal	**25**	18,1	0.0	0.0	18,1	15,7	0.0	0.0	15,7
Servicio Administrativo									
Contabilidad	5	4,6	0.0	0		4	0.0	0	
Sistemas	3	1,7	0.0	0.0		1,5	0.0	0.0	
Compras	5	0,3	0.0	0,4		0,3	0.0	0,3	
Guardias	10	0.0	132,6	0.0		0.0	114,7	0.0	
Secretarias	3	7,5	7,3	2,4		6,4	6,3	2,1	
Relaciones comunitarias		0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	
Otros	12	31,1	8,1	0		26,9	7	0	
Subtotal	**38**	45,2	148	2,8	195,9	39,1	128	2,4	169,5
TOTAL	**208**				**1.155,30**				**999,3**

Tabla N° 3.1.2.3-2 Miles de horas efectivas de trabajo del personal DP

PERSONAL (DP)	N°	No Catalítica 1				No Catalítica 2			
		Unidad	Contratista	Adm.	TOTAL	Unidad	Contratista	Adm.	TOTAL
Operación:									
Supervisor Unidad	17	18,8	25,7	17,9		16,2	22,3	15,5	
Supervisor Utilidades	12	5,6	0.0	0.0		4,9	0.0	0.0	
Supervisor Ambiental	2	2,3	0.0	0.0		2	0.0	0.0	
Supervisor transferencias	1	2,8	0.0	0.0		2,4	0.0	0.0	
Supervisor transporte		0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	
Supervisor operaciones marinas	1	2	0.0	0.0		1,7	0.0	0.0	
Subtotal	**33**	31,5	25,7	17,9	75,2	27,3	22,3	15,5	65
Mantenimiento									
Supervisor mantenimeinto NP	3	9,8	58,9	0.0		8,5	51	0.0	
Supervisor mantenimiento P	1	2,3	5,4	0.0		2	4,7	0.0	
Vendedores		0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	
Planificadores	1	5,3	12,8	0,8		4,6	11,1	0,7	
Bodegueros	1	2,7	0.0	6,8		2,4	0.0	5,9	
Subtotal	**6**	20,2	77,1	7,6	104,9	17,5	66,7	6,6	90,7
Técnicos									
Soporte procesos	3	8,8	0.0	1,4		7,6	0.0	1,2	
Economía de procesos	1	0.0	0.0	4,7		0.0	0.0	4,1	
Soporte mantenimiento	2	1,1	0.0	0.0		1	0.0	0.0	
Inspección	2	3,3	25,6	0.0		2,9	22,1	0.0	
Laboratorio	3	2,3	0.0	0.0		2	0.0	0.0	
Medio ambiente	1	0.0	0.0	2,1		0.0	0.0	1,8	
Otros	1	0,3	0.0	1,7		0,3	0.0	1,5	
Subtotal	**13**	15,9	25,6	10	51,5	13,8	22,1	8,7	44,5
Servicio Administrativo									
Contabilidad	1	0,3	13,2	1,9		0,3	11,4	1,7	
Sistemas	1	0.0	0.0	0,2		0.0	0.0	0,2	
Compras	2	2	16,7	1,4		1,7	14,4	1,2	
Guardias	2	1,6	3,2	0.0		1,4	2,8	0.0	
Capacitadores	2	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	
Talento humano	2	1,3	5,9	2,1		1,1	5,1	1,8	
Otros	4	10,3	0.0	1		8,9	0.0	0,9	
Subtotal	**14**	15,6	38,9	6,6	61,2	13,5	33,7	5,7	52,9
TOTAL	**66**				**292,6**				**253,1**

Tabla 3.1.2.3-3 Índice de personal

	NC1	NC2
OO, khoras	1.155,27	999,31
DP, khoras	292,65	253,14
EDC proceso	157.164,68	139.975,34
EDC proceso/100	1.571,65	1.399,75
IP	921,27	894,76

3.2. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:

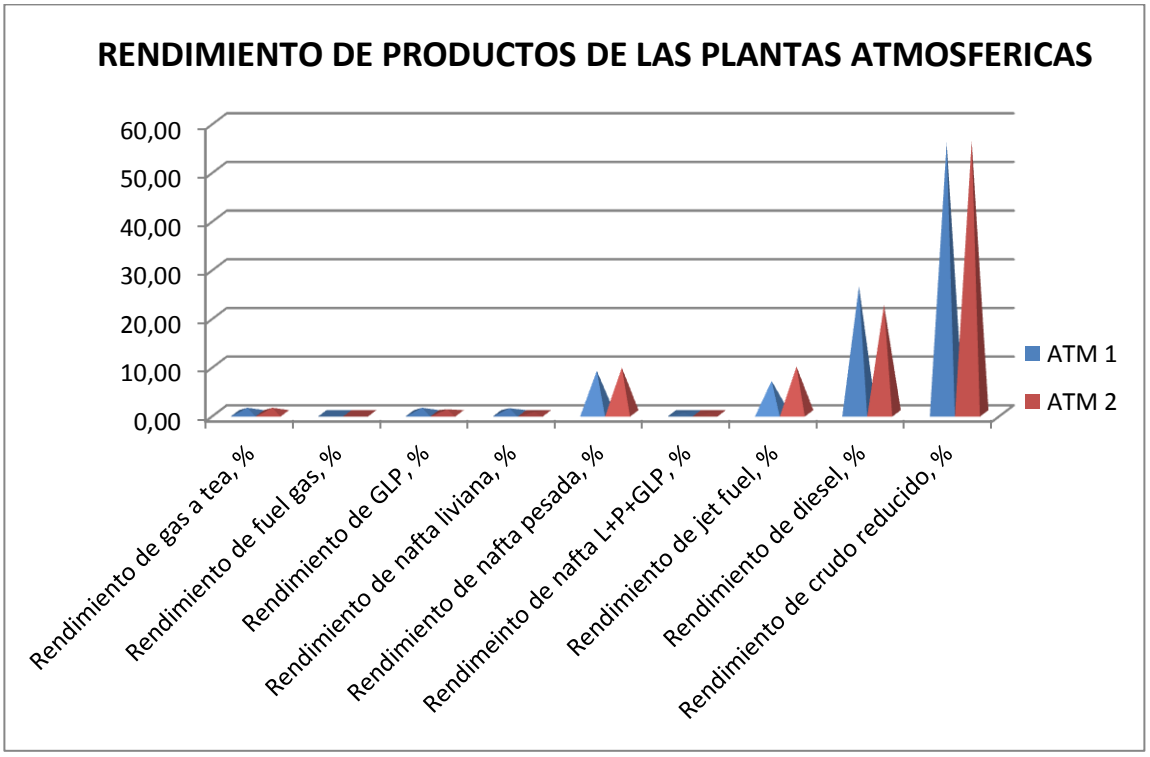
Tabla 3.2-1 Resumen de los indicadores de gestión obtenidos

INDICADORES DE GESTIÓN	ATM 1	ATM 2	VAC 1	VAC 2	VIS 1	VIS 2	NC 1	NC 2
Rendimiento de gas a tea, %	1,15	1,15			0,78	1,45		
Rendimiento de fuel gas, %	0,02	0	0	0,26				
Rendimiento de GLP, %	1,15	0,84						
Rendimiento de nafta liviana, %	1,07	0,34						
Rendimiento de nafta pesada, %	8,75	9,42						
Rendimiento de nafta L+P+GLP, %	0,18	0,14						
Rendimiento de jet fuel, %	6,66	9,61						
Rendimiento de diesel, %	26,15	22,31			0	3,95		
Rendimiento de crudo reducido, %	55,63	55,97						
Rendimiento de nafta, %			0	9,24	1,65	0,95		
Rendimiento de gas oleo ligero, %			4,2	0				
Rendimiento de gas oleo pesado, %			33,66	10,4				
Rendimiento de ceras a asfalto, %			0,76	15,1				
Rendimiento de ceras a fuel oil, %			0,79	0				
Rendimiento de fondos de vacío, %			55,06	56,64				
Rendimiento de fuel oil, %					104,74	92,52		
Índice de disponibilidad mecánica, %	85,44	93,53	95,4	96,99	84,18	81,06		
Índice de disponibilidad operacional, %	85,44	93,53	95,4	96,99	84,18	81,06		
Utilización del proceso sin PP, %							64,47	64,1
Índice de mantenimiento no programado, USD/EDC	50,36	26,55	36,25	86,06	33,42	69,21		
Índice de personal, h/100 EDC							921,27	894,76

3.2.1 Rendimiento de las plantas

Plantas Atmosférica 1 y Atmosférica 2

Gráfico 3.2.1-1 Rendimiento de productos de las plantas atmosféricas 1 y 2



Análisis:

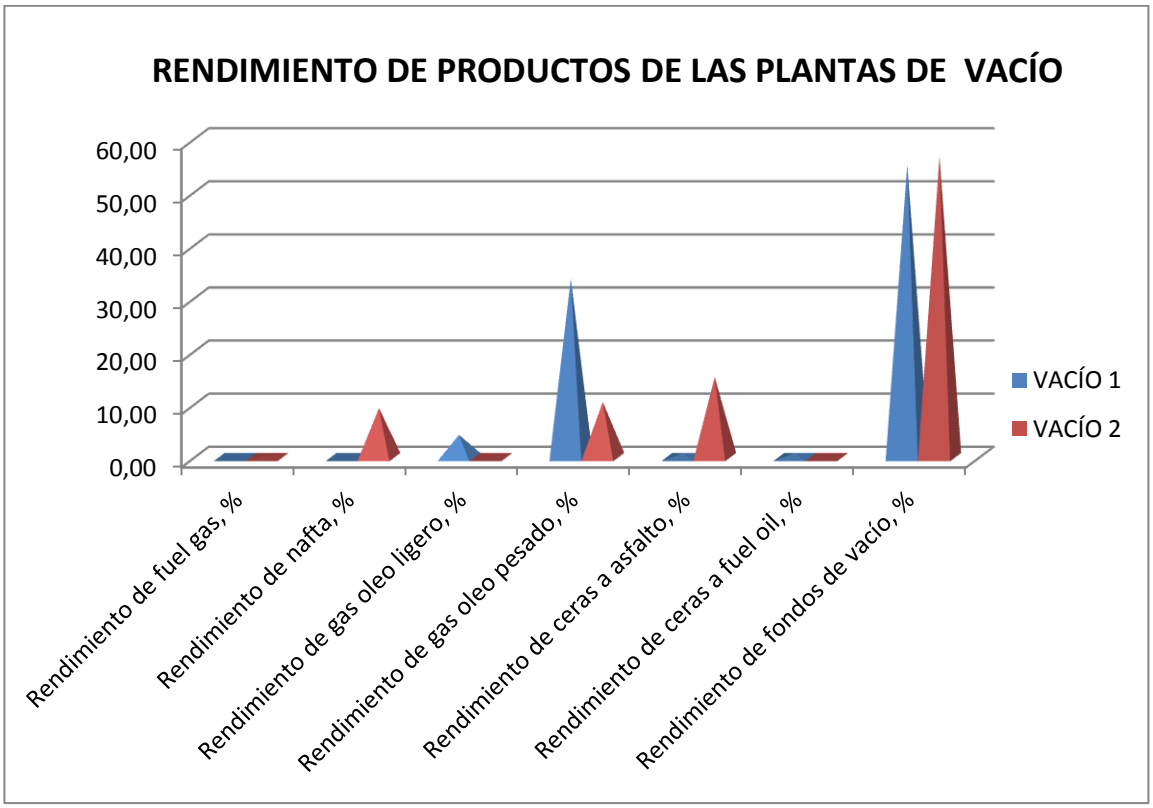
- Se observa un mayor rendimiento de GLP, nafta liviana y diésel en la planta de destilación atmosférica 1 que la de destilación atmosférica 2

- En la planta de destilación atmosférica 2 se favorece a una mayor producción de jet fuel y nafta pesada

- Ambas plantas de destilación atmosférica tienen producciones similares de crudo reducido como residuo

Plantas Vacío 1 y Vacío 2

Gráfico 3.2.1-2 Rendimiento de productos de las plantas de vacío

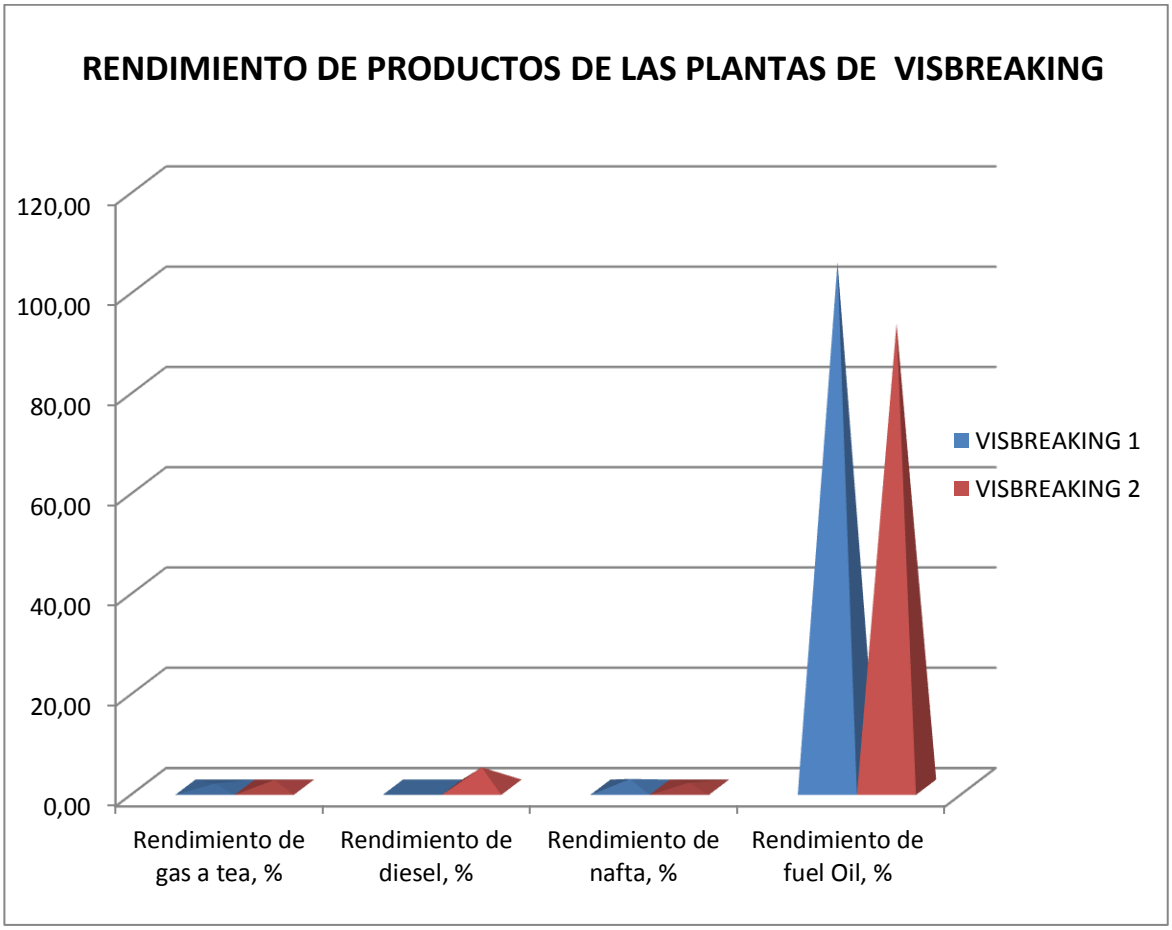


Análisis:

- En la planta de destilación al vacío 1 se favorece a una mayor producción de gasóleos ligero y pesado, materia prima para la unidad FCC.

Plantas Visbreaking 1 y Visbreaking 2

Gráfico 3.2.1-3 Rendimiento de productos de las plantas de visbreaking 1 y 2

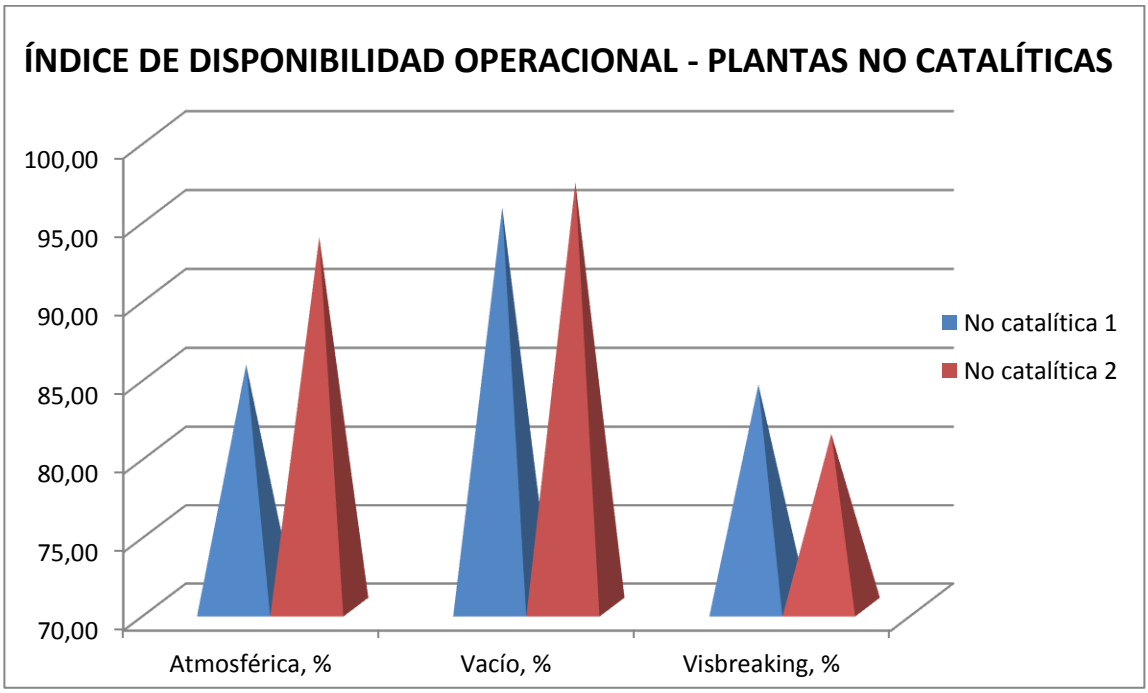


Análisis:

- En la planta de visbreaking 1 se produce una mayor cantidad de fuel oil
- Se observa mayor rendimiento de diesel en la planta de visbreaking 2, siendo éste un producto de importación para el país.

3.2.2 Disponibilidad de las plantas

Gráfico 3.2.2-1 Índice de disponibilidad operacional – plantas no catalíticas



Análisis:

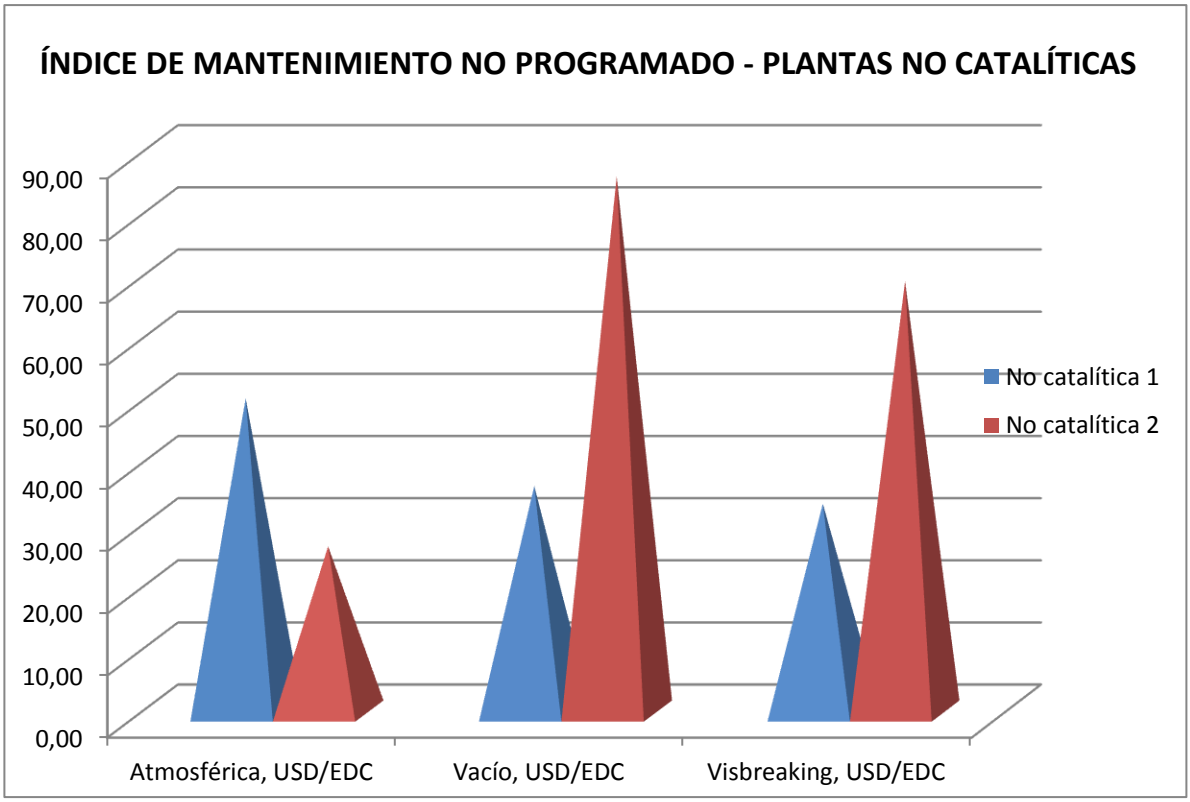
- La disponibilidad mecánica es igual a la disponibilidad operacional debido a que en el año de estudio no se produjo paros debido a problemas operacionales o de proceso.

- La disponibilidad operacional de la planta de destilación atmosférica 2 es significativamente mayor que la disponibilidad de la atmosférica 1. Es decir, hubo una mayor cantidad de paros de la planta atmosférica 1debido a problemas mecánicos. El índice de disponibilidad operacional de refinerías con muy buen desempeño es del 97 % de acuerdo a Solomon.

- La planta visbreaking 2 también presenta problemas mecánicos, generando pérdidas para la EPPETROEDCUADOR.

3.2.3 Mantenimiento no programado

Gráfico 3.2.3-1 Índice de mantenimiento no programado – plantas no catalíticas



Análisis:

- Los costos de mantenimiento emergente de la planta de destilación atmosférica 1 en el año 2013 duplica al costo de mantenimiento de la planta atmosférica 2; de igual manera los costos de mantenimiento emergente de las plantas vacío 2 y visbreaking 2 son superiores a los costos de sus plantas similares.

3.2.4 Utilización del proceso

TABLA 3.2.4-1 Índice de utilización del proceso – unidades no catalíticas

UTILIZACIÓN DEL PROCESO	
No Catalíticas 1, %	64,47
No Catalíticas 2, %	64,10

Análisis:

- Las unidades no catalítica 1 y no catalítica 2 tienen similares índices de utilización del proceso a pesar de la diferencia en sus índices de disponibilidad, lo cual nos indica que a pesar de los paros emergentes ocurridos la brecha fue compensada con la capacidad.

3.2.5 Índice de Personal

TABLA 3.2.5-1 índice de personal – unidades no catalíticas

INDICE DE PERSONAL	
No Catalíticas 1, h/100 EDC	921,27
No Catalíticas 2, h/100 EDC	894,76

Análisis:

- Las horas hombre de trabajo dedicadas por el personal que influye en la operación de la unidad no catalítica 1 es mayor que el de la unidad no catalítica 2

CAPÍTULO 4

4 DISCUSIÓN

El estudio desarrollado por la empresa Solomon en Refinería Esmeraldas conocido como "SUPERVISIÓN Y VALIDACIÓN DE LA LÍNEA BASE DE BUENAS PRÁCTICAS Y BENCHMARKING EN REFINERÍA ESMERALDAS" identificó brechas en los diferentes procesos productivos conocidos ahora como oportunidades de mejora en forma global de toda la refinería en comparación con otras refinerías de Latinoamérica y el resto del Mundo; por esta razón se cuenta con indicadores de desempeño también globales. En esta investigación se identificó brechas en 5 factores que influyen en el proceso productivo al comparar dos unidades de procesamiento de hidrocarburos de las 5 unidades que componen Refinería Esmeraldas; dichas unidades tiene características muy similares en su configuración, productos y construcción, por ejemplo ambas tienen la misma capacidad de procesamiento en sus plantas de destilación atmosférica y visbreaking (55000 y 15750 BPD en cada una respectivamente); las plantas de destilación al vacío tienen diferentes capacidades. Básicamente este motivo influyó en la decisión de analizar y comparar el desempeño de estas dos unidades.

Los indicadores de desempeño encontrados bajo el estudio de Solomon y en este trabajo de grado fueron:

Tabla 4-1 Comparación de indicadores de desempeño

INDICADORES DE DESEMPEÑO	ATM 1	ATM 2	VAC 1	VAC 2	VIS 1	VIS 2	NC 1	NC 2	RE SOLOMON
Índice de disponibilidad mecánica, %	85,44	93,53	95,40	96,99	84,18	81,06			87,5
Índice de disponibilidad operacional, %	85,44	93,53	95,40	96,99	84,18	81,06			87,5
Utilización del proceso sin PP, %							64,47	64,10	61,0
Índice de mantenimiento no programado, USD/EDC	50,36	26,55	36,25	86,06	33,42	69,21			149,9
Índice de personal, h/100 EDC							921,27	894,76	1402,4

Se observa que la disponibilidad de la planta visbreaking 2 es la más baja con respecto a la disponibilidad global de Refinería Esmeraldas, lo que indica la necesidad de ser intervenida mecánicamente y trabajar en su confiabilidad.

La utilización del proceso sin paros programados en forma general es muy baja en toda la Refinería y menor con respecto a las unidades estudiadas, esto hace pensar que existen otras unidades que afectan a este indicador, lo que sugiere la implementación de un proceso de optimización en todas las plantas.

La planta de destilación atmosférica 2 presenta el mejor desempeño de todas las demás debido a su alta disponibilidad y bajo índice de mantenimiento no programado; es decir hubo menor inversión en mantenimiento por paros emergentes porque se mantuvo operativa la mayor parte del año.

El personal que trabaja para las unidades no catalítica 1 y 2 se desempeña de mejor forma en comparación del resto de la refinería.

En cuanto al rendimiento de los productos obtenidos en los procesos de las dos unidades en estudio, con los trabajos de las empresas SK y KBC se mejoró el acceso a mayor información técnica de las unidades de proceso, es así que, se obtuvo datos del rendimiento teórico de cada uno de los productos obtenidos o procesados en estas unidades de refinación, generando la siguiente información:

Tabla 4-2 Comparación de los indicadores de rendimiento de las plantas de destilación atmosférica

CORRIENTES	ATM 1		ATM2	
	% Teórico	% Calculado	% Teórico	% Calculado
Producción fuel gas	0,09	1,17	0,09	1,15
Producción nafta	13,25	11,15	13,25	10,74
Producción jet fuel	8,07	6,66	8,07	9,61
Producción diesel	20,53	26,15	20,53	22,31
Crudo reducido	57,87	55,63	57,87	55,97
Porcentaje error en balance / %Total	99,81	100,76	99,81	99,78

Tabla 4-3 Comparación de los indicadores de rendimiento de las plantas de destilación al vacío

CORRIENTES	VAC 1		VAC 2	
	% Teórico	% Calculado	% Teórico	% Calculado
Producción de gas	0,09	0,00	0,15	0,26
Producción gas oleo ligero	7,51	4,20	22,24	9,24
Producción gas oleo pesado	30,69	33,66	18,64	10,40
Producción de ceras	0,06	1,55	0,47	15,10
Fondos de vacío	61,55	55,06	58,8	56,64
Porcentaje error en balance / %Total	99,9	94,46	100,3	91,64

Tabla 4-4 Comparación de los indicadores de rendimiento de las plantas de visbreaking

CORRIENTES	VIS 1		VIS 2	
	% Teórico	% Calculado	% Teórico	% Calculado
Producción de gas	0,76	0,78	0,641	1,45
Producción de gasolina	3,87	1,65	3,989	4,9
Fuel Oil	95,37	104,74	95.37	92,52
Porcentaje error en balance / % Total	100	107,17	100	98,87

Los porcentajes calculados para cada una de las corrientes de productos guardan relación con la masa de hidrocarburo alimentado a cada una de las plantas, lo que se conoce técnicamente como un balance másico. Nos da una idea de que por cada 100 barriles de alimentación, sea este petróleo, crudo reducido o fondo de vacío, obtenemos una cantidad proporcional de productos, tal como se indica en las tablas anteriores. Comparado los valores calculados en esta investigación con el valor teórico que es el de diseño tal como fue construida cada una de las plantas, se obtuvieron desvíos importantes que están afectando la productividad, la cual debe estar enfocada en la maximización de naftas y diesel para abastecer el mercado ecuatoriano de estos combustibles; esto sugiere la aplicación de un programa de optimización de los procesos de refinación hasta ajustar estos valores al diseño original.

CAPÍTULO 5

5.1 CONCLUSIONES:

- De los ocho factores propuestos en este estudio que influyen en el desempeño de las plantas de destilación atmosférica, vacío y visbreaking de las dos unidades de proceso no catalíticas de Refinería Esmeraldas, se calculó cuatro factores directos y se propuso 1 factor indirecto relacionado al área de talento humano.

- Los costos de mantenimiento emergente calculados difieren hasta en un 100% entre plantas de similares características, esto significa una oportunidad de mejora en estas unidades ya que su optimización significará una recuperación importante de dinero para la empresa y el país.

- Una disponibilidad del 95,4 % y un índice de mantenimiento de 26,55 USD/EDC de la planta de destilación atmosférica 2 denotan su mejor desempeño en comparación a la planta de destilación atmosférica 1; esto significa que se debe trabajar en el mejoramiento de la confiabilidad de la planta de destilación atmosférica 1

5.2 PROPUESTA:

5.2.1 Paso 6: Fijar metas y desarrollar un plan de acción

Metas propuestas

- Incrementar en un 60% el rendimiento de los productos obtenidos en los procesos de las unidades no catalíticas 1 y 2 en los próximos 12 meses de operación.

- Mejorar en un 5% el rendimiento de nafta pesada y jet fuel en la planta de destilación atmosférica 1 cada 4 meses de operación.

- Mejorar en un 20% el rendimiento de gas oleos en la planta vacío 2 cada 4 meses de operación.

- Mejorar en un 20% el rendimiento de diesel en la planta de visbreaking 1 cada 4 meses de operación.

- Implementar procesos de mejora de la confiabilidad mecánica a un 100% de los equipos estáticos y rotativos de la planta de destilación atmosférica 1 durante los próximos 4 años operacionales.

- Optimizar en un 20% el tiempo laborado por el personal de Refinería Esmeraldas empleado en los procesos operacionales, mantenimiento y administrativos de la unidad no catalítica 1.

PLAN DE ACCIÓN

Esquema 5.2.1-1 Plan de acción para mejorar el rendimiento de productos

Estudio de benchmarking de las unidades no catalítica 1 y 2

META: Incrementar en un 60% el rendimiento de los productos obtenidos en los procesos de las unidades no catalíticas 1 y 2 en los próximos 12 meses de operación.

ACTIVIDAD	RECURSOS	INDICADOR	RESPONSABLE	FECHA INICIO	FECHA FINAL
Conformación del equipo de trabajo	Talento humano	Cumplimiento de competencias de los integrantes del equipo	Intendente Técnico	01/04/2017	10/04/2018
Simulación del proceso con Petrosim	Software Petrosim, talento humano	Rendimientos de los combustibles simulados	Jefe Optimización	10/04/2017	30/04/2018
Planificación y ejecución de test run	Talento humano, laboratorio	Resultados de laboratorio, rendimientos alcanzados	Jefe Procesos / Laboratorio	01/06/2017	11/11/2018
Estabilización de nuevas condiciones operacionales	Talento humano	Seguimiento a los rendimientos diarios de productos	Jefe Procesos	16/11/2017	30/11/2018
Evaluación de procedimientos y resultados	Talento humano	Costos de combustibles importados	Equipo trabajo	01/04/2017	30/04/2018
Planificación test run futuros	Talento humano, laboratorio	Test run ejecutados	Intendente Técnico	16/05/2018	30/05/2018

Esquema 5.2.1-2 Plan de acción para mejorar la confiabilidad mecánica

Estudio de benchmarking de las unidades no catalítica 1 y 2

META: Implementar procesos de mejora de la confiabilidad mecánica a un 100% de los equipos estáticos y rotativos de la planta de destilación atmosférica 1durante los próximos 4 años operacionales

ACTIVIDAD	RECURSOS	INDICADOR	RESPONSABLE	FECHA INICIO	FECHA FINAL
Conformación del equipo de trabajo	Talento humano	Cumplimiento de las competencias de los integrantes del equipo	Intendente Mantenimiento	01/04/2017	15/04/2017
Sociabilización del sofware Máximo	Software Máximo, talento humano	Cursos aprobados	Jefe Confiabilidad	16/04/2017	30/12/2017
Monitoreo de equipos rotativos y estáticos	Talento humano, equipos monitoreo	Número de equipos monitoreados	Jefe Confiabilidad	01/05/2017	30/12/2020
Mantenimiento de equipos defectuosos	Talento humano, repuestos	Número de equipos mantenidos	Intendente Mantenimiento	01/01/2017	30/12/2020
Planificación de mantenimientos programados	Talento humano	Costo de mantenimiento por planta	Equipo trabajo	01/01/2019	30/12/2019
Evaluación de la planificación	Talento humano	Número de equipos de proceso planificados	Equipo trabajo	01/01/2019	30/12/2019

Esquema 5.2.1-3 Plan de acción para optimizar el tiempo laborado
Estudio de benchmarking de las unidades no catalítica 1 y 2

META: 3. Optimizar en un 20% el tiempo laborado por el personal de Refinería Esmeraldas y que es empleado en los procesos operacionales, mantenimiento y administrativos de la unidad no catalítica 1

ACTIVIDAD	RECURSOS	INDICADOR	RESPONSABLE	FECHA INICIO	FECHA FINAL
Conformación de equipos de trabajo	Talento humano	Cumplimiento de las competencias de los integrantes del equipo	Jefes de Unidades, mantenimiento, finanzas	01/04/2017	15/04/2017
Sociabilización de procesos de trabajo	Talento humano, visuales, talleres	Etapas cumplidas de cada proceso	Jefes	16/04/2017	15/12/2017
Implementación de buenas prácticas	Talento humano	Número accidentes, procedimientos fallidos	Jefes	16/05/2017	30/12/2017
Planificación de proyectos 5 "S"	Talento humano	No conformidades encontradas en caminatas: orden, seguridad, limpieza	Jefes	01/08/2017	30/10/2017
Evaluación de la implementación y planteamiento de nuevos proyectos	Talento humano	Horas extra reportadas	Equipos de trabajo	01/11/2017	30/12/2017

5.2.2 Paso 7: Monitorear los procesos

A continuación se propone formas de hacer seguimiento de los procesos con los cambios propuestos y otras sugerencias susceptibles de mejora:

- La obtención de información y la realización de los cálculos propuestos en este trabajo de grado se lo puede realizar cada mes, de tal forma que se obtengan los indicadores con su respectiva tendencia mensualizada.

- La unidad de Procesos elaborará Indicadores clave de desempeño KPI´s para monitorear las variables de proceso y hacer seguimiento a los rendimientos de cada planta.

- Se debe completar este estudio con el análisis de los 5 factores restantes que influyen en el rendimiento, que están enfocados en el cálculo de los indicadores en términos de costos ya que nos ofrecería un ámbito más atractivo para el impulso de proyectos de mejora que reflejen el valor económico recuperable al cerrar las brechas existentes.

- Es necesario trabajar en la optimización de los procesos mediante test run de las plantas para maximizar la producción de combustibles blancos como naftas, jet fuel y diésel, para de esta forma equiparar los rendimientos de las plantas similares.

- Los indicadores obtenidos en esta investigación fueron calculados con información anualizada; es posible cuantificar indicadores de forma mensual de tal manera que se cuente con información oportuna para la toma de decisiones de las autoridades.

- El análisis comparativo desarrollado en este trabajo es de tipo interno, solo para Refinería Esmeraldas; pero existe la posibilidad de ejecutar este proyecto en las refinerías de La Libertad y Shushufindi, con lo cual se podría establecer comparaciones entre refinerías de diferente configuración, arrojando información valiosa para el cálculo de factores de comparación, tal como el factor EDC de Solomon.

REFERENCIAS

Associates, S. (2013). *Worlwide Fuels Refinery Performance Analysis for Operating year 2012.* Dallas: HSB Solomon Associates LLC.

Associates, S. (2014). *www. solomononline.com*. Retrieved 09 01, 2014, from www. solomononline.com: http://solomononline.com/benchmarking-performance/

Boxwell, R., Rubiera, I., McShane, B., & Zaratiegui, J. (1995). *Benchmarking para competir con ventaja.* McGraw-Hill.

Boxwell, R., Rubiera, I., McShane, B., & Zaratiegui, J. (1995). *Benchmarking para competir con ventaja.* McGraw-Hill.

Carpio, M. A. (1997). *Refino de petróleo, gas natural y petroquímica.* Madrid, España: EFCA S.A.

Carrión, J. S. (2012, 06 28). *www.iner.gob.ec*. Retrieved 08 25, 2014, from www.iner.gob.ec: http://www.iner.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/05/8_EPPETROECUADOR_Gesti%C3%B3n-de-la-Energ%C3%ADa_Julio_Alvarez.pdf

fcai.uncu.edu.ar. (n.d.). Retrieved 09 06, 2014, from http://www.fcai.uncu.edu.ar/upload/LIBRO%20TOMO%201.pdf

Gary, J., & G.E.Handwerk. (1980). *Refino de Petróleo.* Barcelona, España: Reverte S.A.

Goldratt, E. (2008). *La Meta* (4 ed.). Buenos Aires, Argentina: Granica.

Iglesias, E. P. (2003). *Petróleo y Gas Natural.* Madrid, España: Akal.

Jaramillo, J. M. (1995). *Indicadores de Gestión* (2 ed.). Bogotá, Colombia: 3R.

Jarillo, M. G. (2005). *Estados Unidos, Petróleo y Geopolítica* (Primera ed.). Mexico, Mexico: Plaza y Valdez.

Mali, P. (1978). *Improving Total Productivity.*

mathpro. (2011, 10 24). *theicct.org.* Retrieved 09 05, 2014, from http://www.theicct.org/sites/default/files/ICCT_RefiningTutorial_Spanish.pdf

Oficial, R. (2004). Ley de Transparencia y Acceso a la Información Publica. *Registro Oficial*, 1.

Oficial, R. (2004). Ley Organica de la Contraloría General del estado. *Registro Oficial 404*, 11.

Oficial, R. 4. (2008, 10 20). *www.corteconstitucional.gob.ec*. Retrieved 09 06, 2014, from www.corteconstitucional.gob.ec: http://www.corteconstitucional.gob.ec/images/stories/pdfs/Constitucion_politica.pdf

Peñaherrera Torres , P. A., & Montenegro Solórzano, M. (2012, Mayo). Modelo de mejoramiento de la productividad a través de herramientas de control y mejora Caso: Repsol Duragas - Pifo. Quito, Pichincha, Ecuador.

Prieto, A. H. (2004). *Refino, Gas y Marketing.* Madrid, España: ISE.

QConsultores. (2004). *Benchmarking.* Quito: QConsultores.

QConsultores. (n.d.). *Benchmarking.* Quito: Q Consultores.

Spendolini, M. (2005). *Benchmarking.* Bogotá: Norma.

Yúfera, E. P. (1996). *Química Orgánica Básica y Aplicada* (Vol. 1). Barcelona, España: Reverté S.A.

ANEXO 1

ENCUESTA

DIRIGIDA PARA:

Personal de la EPPETROECUADOR que labora en Refinería Esmeraldas y las oficinas de Quito, que realizan trabajos para esta refinería.

CUESTIONARIO:

1. ¿Nombre y Apellido?

   ……

2. ¿Cuál es su Cargo?

   ……..

3. ¿Cuál es su número de rol?

   ……..

4. ¿A qué dependencia pertenece?

   ……..

5. ¿Qué porcentaje de su tiempo laboral lo dedica para trabajos que se realizan en la Unidad de Crudo 1 de la Refinería Esmeraldas?

   ……

   …….

6. ¿Qué porcentaje de su tiempo laboral lo dedica para trabajos que se realizan en la Unidad de Crudo 2 de la Refinería Esmeraldas?

   ……

   …….

ANEXO 2

ENTREVISTA

DIRIGIDA PARA:

Coordinadores Senior de Operación de las Unidades de Crudo 1 y Crudo 2 de la Refinería de Esmeraldas.

FORMULARIO:

1. ¿Cuál es la capacidad operacional de su Unidad y por qué esta en ese valor?

   ……
   ……
   ……
2. ¿Qué combustibles se producen en su Unidad y cuáles son sus rendimientos?

   ……
   ……
   ……
   ……
3. ¿Cumple con el plan anual de operación?

   ……
4. ¿Cuáles son sus costos anuales de operación, mantenimiento y de talento humano?

   ……
   ……
   ……
5. ¿Cuáles son sus principales problemas administrativos que enfrenta en su Unidad?

   ……
   ……

ANEXO 3

ENTREVISTA

DIRIGIDA PARA:

Contratistas de Refinería Esmeraldas que han prestado un servicio durante el año operacional 2013.

FORMULARIO:

1. ¿Cuánto tiempo se tardó en prestar su servicio de…… en Refinería Esmeraldas y por qué?

   ……

   ……

2. ¿Cuánto personal y horas hombre emplearon en este Trabajo?

Obreros	……	……
Procesos	……	……
Ambiente	……	……
Capacitadores	……	……
Inspectores	……	……
Planificadores	…….	…….
Bodegueros	…….	…….
Soporte técnico	…….	…….
Seguridad	……..	…….
Contabilidad	……..	…….
Compras	…….	…….
Guardias	……..	…….
Secretarias	……..	…….
Otros	…….	…….

ANEXO 4

Esmeraldas, 16 de septiembre del 2014

Oficio No 001

Señor Ingeniero
Carlos Quinde Alejandro
SUPERINTENDENTE REFINERIA ESMERALDAS

Presente.

ASUNTO: AUTORIZACION INFORMACIÓN PARA TESIS DE GRADO

Señor Superintendente:

Yo, Henry Javier Troya Hidalgo, con CI: 0502008626 y funcionario de la EP PETROECUADOR en Refinería Esmeraldas con Rol N° 32143, estoy realizado mis estudios de cuarto nivel en la Pontificia Universidad Católica Sede Esmeraldas en la carrera de Administración de Empresas MBA mención Planeación. Actualmente me encuentro desarrollando el Plan de Tesis de Grado en el cual propongo un trabajo de investigación cuyo tema es: **"Benchmarking de las unidades de Crudo 1 y 2 en la Refinería Esmeraldas"**, con la finalidad de comparar el desempeño entre estas dos plantas de proceso y diseñar los Indicadores de gestión correspondientes para la toma de decisiones de los Coordinadores como administradores de las Unidades de Crudo.

Con este propósito, Señor Superintendente, conocedor de la reglamentación interna de la EP PETEOECUADOR en cuanto a la confidencialidad de la información, le solicito comedidamente me autorice el acceso a la información técnica de Refinería Esmeraldas en lo que tiene que ver a las Unidades No Catalíticas I y II, por lo que garantizo que la misma será utilizada con fines netamente investigativos.

Atentamente,

Henry Troya Hidalgo
Estudiante Postgrado PUCESE

PETROECUADOR
16 SEP 2014
SUPERINTENDENCIA
REFINERIA ESMERALDAS

EP; of. n:001 - Ing. Henry Troya - autorizado