

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

Plan de Investigación de fin de carrera titulado:
**“ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA UNIDAD DE CRUDO
DOS MEDIANTE EL PROGRAMA PHAST EN LA REFINERÍA ESTATAL DE
ESMERALDAS PERTENECIENTE A EP PETROECUADOR”**

Realizado por:
DAVID ISMAEL DELGADO PARRA

Director del proyecto:
MBA ING. JEFFERSON RUBIO

Como requisito para la obtención del título de:
INGENIERO QUÍMICO INDUSTRIAL

2013-1014

DECLARACION JURAMENTADA

Yo, DAVID ISMAEL DELGADO PARRA, con cédula de identidad # 1715899454, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y, que ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

David Ismael Delgado Parra
C.C.: 1715899454

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

**“ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA UNIDAD DE CRUDO DOS
MEDIANTE EL PROGRAMA PHAST EN LA REFINERÍA ESTATAL DE
ESMERALDAS PERTENECIENTE A EP PETROECUADOR”**

Realizado por:

DAVID ISMAEL DELGADO PARRA

Como Requisito para la Obtención del Título de:

INGENIERO QUIMÍCO INDUSTRIAL

Ha sido dirigido por el/la Profesor (a)

MBA. ING. JEFFERSON RUBIO

Quien considera que constituye un trabajo original de su autor

A handwritten signature in black ink, appearing to be the initials 'JR' or a stylized name, located below the text of the declaration.

MBA. ING. JEFFERSON RUBIO

DECLARATORIA PROFESORES TRIBUNALES

LOS PROFESORES INFORMANTES

Los Profesores Informantes:

MBA. ING. JEFFERSON RUBIO

MBA. ING WALBERTO GALLEGOS

MGA. ING. FAUSTO VARGAS

**Después de revisar el trabajo presentado, por el alumno DAVID ISMAEL DELGADO
PARRA**

lo han calificado como apto para su defensa oral ante

el tribunal examinador



MBA. Ing. Jefferson Rubio



MBA. Ing. Walberto Gallegos



MGA. Ing. Fausto Vargas

Quito, 10/Septiembre/2014

DEDICATORIA

A mis padres Pedro Delgado y Yolanda Parra, por su constante apoyo durante toda la
carrera.

A mi hermano Nicolás Delgado para que esto sea una motivación a seguir con sus
estudios.

A dios quien me gurdo y guio en su camino en cada momento de mi carrera.

AGRADECIMIENTO

A la Refinería Estatal de Esmeraldas por la oportunidad que me dio para realizar este proyecto de investigación.

A MBA. ING. Jefferson Rubio por la confianza, ayuda y apoyo brindado.

A los profesores MBA. Ing. Fausto Vargas, MBA. Ing. Walberto Gallegos por su valiosa aportación al presente proyecto.

Al Ing. Diego Tapia por la aceptación del tema de investigación en la Refinería Estatal de Esmeraldas.

A la decana de la Facultad de Ciencias Ambientales, Katty Coral, quien estuvo presente en cualquier inquietud en todo momento durante los 5 años de carrera.

A mis tíos y tías que durante toda la carrera me apoyaron y ayudaron en todo momento.

A Sol, Marce, Ale y Ricardo por toda su ayuda durante toda la carrera.

A Daniela Alvear por su compañía y apoyo incondicional en todo momento.

A todos mis compañeros y amigos.

RESUMEN.....	XIV
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1.1.1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	4
1.1.1.2. PRONÓSTICO.....	4
1.1.1.3. CONTROL DE PRONÓSTICO.....	5
1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.1.3. SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.1.4. OBJETIVO GENERAL.....	6
1.1.5. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	6
1.1.6. JUSTIFICACIONES.....	6
1.2. MARCO TEORICO.....	8
1.2.1. ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO SOBRE EL TEMA.....	8
1.2.1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	8
1.2.1.2. LA ENERGIA EN LA INDUSTRIA PETROLERA.....	10
1.2.1.3. TRANSFERENCIA DE CALOR.....	10
1.2.1.3.1. CONDUCCIÓN.....	12
1.2.1.3.2. CONVECCIÓN.....	13
1.2.1.3.3. RADIACIÓN.....	15
1.2.1.4. PERDIDAS POR GASES DE COMBUSTIÓN.....	16
1.2.1.5. REGULANDO LA COMBUSTION.....	17
1.2.2. ADOPCION DE UNA PERSPECTIVA TEORICA.....	18
1.2.3. MARCO CONCEPTUAL.....	18
1.2.4. HIPÓTESIS.....	20
1.2.5. IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE VARIABLES.....	20
CAPITULO II. METODO.....	21
2.1 NIVEL DE ESTUDIO.....	22
2.2 MODALIDAD DE INVESTIGACION.....	22
2.3 MÉTODO.....	23

2.4	POBLACIÓN Y MUESTRA	23
2.5	SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION	23
2.6	VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS	23
2.7	OPERALIZACION DE DATOS	24
2.8	PROCESAMIENTO DE DATOS	27
2.8.2.	INFORMACIÓN DE PLANTA Y EQUIPOS	30
2.8.3.	ANÁLISIS DE EQUIPO Y BALANCE ENERGÉTICO CON SOFTWARE PHAST 30	
CAPITULO III.	RESULTADOS	34
3.1	LEVANTAMIENTO DE DATOS	35
3.2	PRESENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS	35
	La Tabla 3. Muestra los datos de poder calórico del combustible utilizado para el estudio en el software PHAST.	35
3.2.1.	ANALISIS DEL PROCESO DE DESTILACION ATMOSFERICA	56
3.2.2.	DISTIBUCION DE COSTO DE ENERGÍA	56
CAPITULO IV.	DISCUSION	69
4.1.	CONCLUSIONES	70
4.2.	RECOMENDACIONES	71
	Bibliografía.....	72
ANEXOS	73

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Efecto de las propiedades del aire.....	25
Tabla 2. Porcentaje de ahorro de combustible por pre calentamiento de aire de combustión.	26
Tabla 3. Datos de pérdidas en los equipos de mayor consumo energético en el Sistema de Crudo Dos en la Refinería Estatal de esmeraldas.	29
Tabla 4. Poder calórico de combustible utilizado en el software PHAST.....	35
Tabla 5. Datos de temperatura de tren de precalentamiento de crudo desalado entrante y de salida de horno C_H2 de la Refinería Estatal de Esmeraldas.....	36
Tabla 6. Datos de flujo de crudo de tren de pre-calentamiento bombeado a horno C_H2 de la Refinería Estatal de Esmeraldas.....	38
Tabla 7. Resultado de mediciones de gases de combustión en horno C_H2.	43
Tabla 8. Información general de la Refinería Estatal de Esmeraldas, el tipo de combustible utilizado y su costo en el proceso de destilación atmosférica.	48
Tabla 9. Información general del horno C_H2.....	49
Tabla 10. Datos ingresados para calculo de de balance energético en horno C_H2.	50
Tabla 11. Datos ingresados de capas térmicas.....	51
Tabla 12. Datos ingresados a torre de destilación C_V13.	52
Tabla 13. Datos ingresados para calculo de de balance energético en horno C_V13.....	53
Tabla 14. Tabla de eficiencia y distribución de consumo bruto de calor en el horno C_H2 de la Refinería Estatal de Esmeraldas en condiciones actuales de operación.	58
Tabla 15. Tabla de distribución de consumo bruto de calor en el horno C_H2 de la Refinería Estatal de Esmeraldas con la modificación de reducción de exceso de aire.	59
Tabla 16. Tabla de distribución de consumo bruto de calor en el horno C_H2 de la Refinería Estatal de Esmeraldas con la modificación de reducción de exceso de aire.	60
Tabla 17. Tabla de distribución de consumo bruto de calor en el horno C_H2 de la Refinería Estatal de Esmeraldas con la modificación de reducción de temperatura de gases de combustión a 220C°.	62
Tabla 18. Tabla de distribución de consumo bruto de calor en el horno C_H2 de la Refinería Estatal de Esmeraldas con la modificación de reducción de temperatura de salida de gases a 220C°.	63
Tabla 19. Tabla de distribución de consumo bruto de calor en el horno C_H2 de la Refinería Estatal de Esmeraldas combinando una reducción de exceso de aire y disminución de temperatura de gases de combustión.....	64
Tabla 20. Tabla de distribución de consumo bruto de calor en el horno C_H2 de la Refinería Estatal de Esmeraldas con la combinando de una reducción de exceso de aire y disminución de temperatura de gases de combustión.....	65
Tabla 21. Tabla de distribución de consumo bruto de calor en el horno C_H2 de la Refinería Estatal de Esmeraldas con la combinando una reducción de exceso de aire,	

disminución de temperatura de gases de combustión y elevando la temperatura de aire de combustión a condiciones de diseño.67

Tabla 22. Tabla de distribución de consumo bruto de calor en el horno C_H2 de la Refinería Estatal de Esmeraldas con la combinando de una reducción de exceso de aire, disminución de temperatura de gases de combustión y elevando la temperatura de aire de combustión.68

Figura 1. Conducción	13
Figura 2. Convección.....	15
Figura 3. Combinación de la transferencia de calor por conducción, convección y radiación.	16
Figura 4. Porcentaje de aire teórico versus eficiencia en la combustión.....	17
Figura 5. Sistema de Crudo Do de la Refinería Estatal de Esmeraldas para el estudio.	24
Figura 6. Energía disponible en gases de combustión.....	26
Figura 7. Oportunidad de mejoramiento energético en los equipos principales de la Refinería Estatal de Esmeraldas.....	29
Figura 8. Temperatura de tubos en el horno C_H2 de la refinería estatal de Esmeraldas en este estudio.	44
Figura 9. Temperatura de paredes del horno C_H2 de la refinería estatal de Esmeraldas en este estudio.	44
Figura 10. Temperatura de llama del horno C_H2 de la refinería estatal de Esmeraldas en este estudio.	45
Figura 11. Temperatura de pared externa lado Este del horno C_H2 de la Refinería Estatal de Esmeraldas.....	46
Figura 12. Temperatura de pared externa lado Norte del horno C_H2 de la Refinería Estatal de Esmeraldas.....	47
Figura 13. Temperatura de pared externa lado Sur del horno C_H2 de la Refinería Estatal de Esmeraldas.....	47
Figura 14. Temperatura de pared externa lado Oeste del horno C_H2 de la Refinería Estatal de Esmeraldas.....	48
Figura 15. Esquema general de proceso de crudo dos de la refinería Estatal de Esmeraldas.	55
Figura 16. Distribución de porcentaje de costo consumido por equipo.	56
Figura 17. Diagrama de SANKEY de horno C_H2 de la refinería Estatal de Esmeraldas utilizando el software PHAST.....	57
Figura 18. Grafico de distribución de consumo bruto de calor en el horno C_H2 de la Refinería Estatal de Esmeraldas en condiciones actuales de operación.	57
Figura 19. Grafico de distribución de consumo bruto de calor en el horno C_H2 de la Refinería Estatal de Esmeraldas con la modificación de reducción de exceso de aire.	58
Figura 20. Grafico comparativo de condiciones actuales de consumo energético vs modificación de exceso de aire disminuido.	59
Figura 21. Grafico de SANKEY del horno C_H2 de la Refinería Estatal de Esmeraldas con disminución de temperatura de gases de combustión a 220C°.	61
Figura 223. Grafico de distribución de consumo bruto de calor en el horno C_H2 de la Refinería Estatal de Esmeraldas con la modificación de reducción de temperatura de gases de combustión a 220C°.	61
Figura 23. Grafico comparativo de condiciones actuales de consumo energético vs modificación de disminución de la temperatura de salida de los gases de combustión.	62

Figura 24. Grafico de SANKEY del horno C_H2 de la Refinería Estatal de Esmeraldas combinando una reducción de exceso de aire y disminución de temperatura de gases de combustión.	63
Figura 25. Grafico de distribución de consumo bruto de calor en el horno C_H2 de la Refinería Estatal de Esmeraldas combinando una reducción de exceso de aire y disminución de temperatura de gases de combustión.	64
Figura 26. Grafico comparativo de consumo de energía del horno C_H2 actual vs. Operación combinando una reducción de exceso de aire y disminución de temperatura de gases de combustión.	65
Figura 27. Grafico de SANKEY del horno C_H2 de la Refinería Estatal de Esmeraldas combinando una reducción de exceso de aire, disminución de temperatura de gases de combustión y elevando la temperatura de aire de combustión a condiciones de diseño.	66
Figura 28. Grafico de distribución de consumo neto de calor en el horno C_H2 de la Refinería Estatal de Esmeraldas combinando una reducción de exceso de aire, disminución de temperatura de gases de combustión y elevando la temperatura de aire de combustión a condiciones de diseño.	66
Figura 29. Grafico comparativo de consumo de energía del horno C_H2 actual vs. Operación combinando una reducción de exceso de aire, disminución de temperatura de gases de combustión y elevando la temperatura de aire de combustión a condiciones de diseño.	67
Figura 30. Diagrama de SANKEY del destilador C_V13 de la Refinería Estatal de Esmeraldas.	68

INDICE ANEXOS

ANEXO 1. Permiso de gerencia.	74
ANEXO 2. Permiso de recolección de datos en la Refinería Estatal de Esmeraldas.	75
ANEXO 3. Resultados de mediciones de gases de combustión 1.	76
ANEXO 4. Medición de gases de combustión en mg/Nm³	77
ANEXO 5. Mediciones de gases de combustión en ppm.	78
ANEXO 6. Resultados de mediciones.	79
ANEXO 7. Resultado de mediciones Febrero-Marzo.	80
ANEXO 8. Imágenes de mediciones.	81

ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA UNIDAD DE CRUDO DOS MEDIANTE EL PROGRAMA PHAST EN LA REFINERÍA ESTATAL DE ESMERALDAS PERTENECIENTE A EP PETROECUADOR

Delgado Parra David Ismael

Estudiante de Ing. Química Industrial

Universidad Internacional SEK.

Correo electrónico: david_ismael89@hotmail.com

RESUMEN

En el presente proyecto se analizó una macro auditoria de eficiencia energetica en la unidad de crudo dos en la Refineria Estatal de Esmeraldas. La investigacion se enfoco en los equipos de mayor consumo energetico, sea combustible o vapor. La investigacion tiene como objetivo principal analizar y determinar las condiciones de consumo energético en la Unidad de Crudo Dos de la Refinería de Esmeraldas, e identificar los equipos de mayor consumo energético con el software PHAST para encontrar oportunidades de ahorro de energía y proponer posibles mejoras. El proyecto se dividió en dos partes, la primera parte se la realizo en campo y la segunda parte se la realizo con el software PHAST. Los equipos de mayor consumo en la unidad de crudo dos de mayor consumo energetico comprenden de un horno pre-calentador y una columna de destilación.

Los resultados demostraron que en el horno pre-calentador existe una mayor perdida de energia por lo tanto una mayor oportunidad de mejora, las causas principales de las perdidas de energia son: la temperatura de los gases de combustion muy alta y el exceso de aire utilizado. Por esta razon la investigacion se enfoca en le mejora de eficiencia energetica en el horno.

Palabras claves

PHAST, eficiencia energética, diagrama de SANKEY, oportunidad de mejora, aire en exceso.

ABSTRACT

In this project a macro energy efficiency audit was analyzed in the unidad de crudo dos of the governmental refinery of Esmeraldas. The research focused on the equipment of higher consumption of energy, either fuel or steam. The research's main objective is to analyze and determine the conditions of energy consumption in the Crude Unit Two of the Esmeraldas refinery, these was analyzed with the help of the software PHAST, with this software the energy savings opportunities where found to propose possible improvements. The project was divided into two parts, the first part was performed in the field and the second part was performed with the PHAST sotware. The equipment with the highest consumption in the crude unit were a pre-heater oven and a distillation column.

The results show that the pre-heating oven has the most amounts of energy loss therefore greater opportunities for improvement, the main causes of energy loss are: the high temperature of the furnace gases and the excess or air injected to the oven. For this reason the research focused on improving energy efficiency in the oven.

KEYWORDS

PHAST, energy efficiency, Sankey diagram, opportunity for improvement, excess air.

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

Dentro de la industria petroquímica existe una gran variedad de oportunidades para reducir el consumo de energía y mantener o mejorar la productividad de la planta. Los estudios realizados por varias industrias petroquímicas han demostrado la existencia de un importante potencial en la mejora de la eficiencia energética, en casi todas las instalaciones.

La mejora en la eficiencia energética desarrolla beneficios colaterales, los cuales son superiores en ahorro de costos de energía, y conduce a una reducción absoluta de dióxido de carbono y otras emisiones por combustión, por lo cual, en esta investigación se realizara un estudio energético de la Unidad de Crudo Dos en la refinería de Esmeraldas (Maarten Neelis, 2008).

La evaluación energética del proceso de destilación atmosférica beneficiara varios aspectos de la operación, enfocándose en los equipos de mayor consumo energético. Por lo tanto, se puede llevar a cabo una auditoria energética para ahorrar energía y de esta manera bajar los costos de producción, cuidar el ambiente y ser más competitivos.

El estudio se enfocara en avaluar la eficiencia energética y encontrar oportunidades de ahorro de energía, así se ayudara al mejoramiento de la eficiencia en la transferencia de calor en el proceso de destilación atmosférico que se ha ido perdiendo debido al tiempo de operación.

1.1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las exportaciones petroleras en el país, en el periodo de enero a octubre en los años 2011,2012 y 2013, contemplan un promedio de 11mil millones de dólares de valor Libre a Bordo (FOB). Por este motivo, Ecuador es considerado un país petrolero, debido a que gran parte de su economía depende del petróleo. (Banco Central del Ecuador, 2014).

Se estima que los recursos de petróleo en el Ecuador son suficientes hasta el año 2030, y la mejor forma de obtener ganancias con el crudo, es procesarlo logrando de tal manera productos de mayor valor (Torres & Castro, 2002; Banco Central del Ecuador, 2014). En la refinación existen dos opciones para incrementar las ganancias: uno es aumentando la capacidad de la refinería, lo cual significa una inversión grande para el estado, y la segunda opción es optimizar los procesos en la refinería.

Aumentar la capacidad de refinación requiere de una inversión elevada, por tal motivo, la optimización de la refinación viene a ser una opción más viable para mejorar la economía a base de petróleo en el Ecuador (Torres & Castro, 2002). Uno de los procesos de refinación es la destilación. La destilación es un método común para el fraccionamiento del petróleo, el cual es usado tanto en laboratorio como en refinerías. La técnica de destilación es practicada desde algunos siglos atrás en una etapa temprana de las industrias petroleras, cuyo producto deseado era el Kerosene, un aceite para lámparas que podía ser destilado del petróleo. La destilación ha encontrado una aplicación esencial en la ciencia y tecnología, por motivo de ser el proceso de

fraccionamiento más importante para la separación de los hidrocarburos, siendo indispensable en el proceso de refinación. (Davidson, 1967).

1.1.1.1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

La industria de refinación de petróleo es una de las más grandes consumidoras de energía en países como los Estados Unidos. La energía usada en refinerías varía por los siguientes factores: el tipo de crudo procesado y el contenido de azufre en el producto final, así como también varía en factores operacionales como la capacidad utilizada, mantenimientos realizados al proceso y la edad de los equipos. Todos estos factores afectan al consumo de energía en el proceso de refinación año tras año.

Por consiguiente, se realizara un estudio de eficiencia energética en la operación de destilación atmosférica, la cual dará como resultado un diagnóstico de la situación actual en cuanto a eficiencia energética y posibles ahorros de dinero en el área estudiada. También esto podría impactar sobre la rentabilidad de la operación de destilación, logrando un efecto positivo en la productividad y competitividad de la refinería.

1.1.1.2. PRONÓSTICO

La eficiencia del proceso de destilación puede mantenerse o declinar con el tiempo. Es necesario realizar regularmente estudios de optimización y rentabilidad del equipo de destilación atmosférica de la refinería de Esmeraldas. La falta de estos estudios podría significar un incremento de consumo de energía dentro de la refinería, lo cual representa pérdidas económicas y productos de baja calidad.

1.1.1.3. CONTROL DE PRONÓSTICO

Mediante el software PHAST se estimara posibles reducciones de consumo energético una vez obtenida la información de los equipos de mayor consumo energético, y a su vez se determinará las pérdidas energéticas por una serie de factores en el proceso de destilación primaria de petróleo.

1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Utilizando un software calificado por el departamento de energía (Department Of Energy de los Estados Unidos DOE) se puede determinar los puntos críticos de consumo energético de la destilación atmosférica para mejorar el rendimiento y optimizar el proceso de la operación para que sea un proceso más óptimo para la refinería estatal de Esmeraldas?

1.1.3. SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

- ¿Cuál es el actual rendimiento energético de la operación de destilación?
- ¿Está operando a su más alto desempeño el destilador atmosférico?
- ¿El programa PHAST podrá dar una alternativa de mejoramiento de consumo **energético** en EP PETROECUADOR?
- ¿mejorará el rendimiento del sistema del destilador atmosférico una vez luego de implementar las sugerencias de la auditoria energética.

1.1.4. OBJETIVO GENERAL

Analizar y determinar en condiciones de operación el consumo energético en la Unidad de Crudo Dos de la Refinería de Esmeraldas, e identificar los equipos de mayor consumo energético con el software PHAST para encontrar oportunidades de ahorro de energía y proponer posibles mejoras.

1.1.5. OBJETIVOS ESPECIFICOS

1.1.5.1. Realizar un balance energético de los equipos de mayor consumo energético en la Unidad de Crudo Dos.

1.1.5.2. Analizar los resultados de macro auditoria energética con el software PHAST de esta operación, y determinar las condiciones óptimas de operación.

1.1.5.3. Recomendar la implementación de los resultados del estudio de la eficiencia energética a EP Petroecuador.

1.1.6. JUSTIFICACIONES

Los destiladores simples son las principales unidades de procesamiento en las refinerías, las cuales se utilizan para separar el crudo por destilación en fracciones de acuerdo al punto de ebullición, de manera que cada uno de los productos derivados cumpla especificaciones particulares.

Las refinerías comunes y simples podrían tener doce procesos o más dependiendo si estas cuentan con procesos que elaboren oxigenados. La destilación atmosférica o destilación primaria es el primer proceso de transformación física que sufre el petróleo, su principal función es separar los diferentes componentes del crudo por diferencia de puntos de ebullición. Los

productos de la destilación son los gases de combustión, gasolinas de la destilación directa, las naftas pesadas y ligeras gasóleo y los crudos pesados que son los fondos atmosféricos (Torres & Castro, 2002).

La eficiencia de la destilación de crudo sería mayor y de menor costo de producción si se lograría una separación del crudo en los siguientes dos pasos: primero por un fraccionamiento total del crudo a presión atmosférica, y segundo, alimentando los componentes de fondo que tienen puntos altos de ebullición de la destilación atmosférica a la destilación al vacío por lo cual es necesario tener en cuenta una posibilidad de mejora en los rendimientos energéticos de los procesos (James H. Gary, 2001).

En este estudio se analizara el proceso de destilación, con los equipos principales que forman parte del mismo para lograr un entendimiento del desempeño energético actual con miras a una reducción de consumo energético en todo el proceso utilizando el software PHAST.

1.2. MARCO TEORICO

1.2.1. ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO SOBRE EL TEMA

Los procesos de destilación atmosférica en las refinerías están en constante estudio, al igual que el desarrollo de tecnología para el mejoramiento de rendimientos y ahorros económicos en consumo de energía.

1.2.1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Se inicia el proceso bombeando el crudo desde los tanques de almacenamiento, hasta un tren de precalentamiento de crudo donde la temperatura alcanzada tiene un promedio de 130 grados centígrados, este intercambio de calor se da mediante las corrientes que salen del destilador atmosférico de nafta, keroseno, diesel y un intercambiador de calor con crudo reducido.

Una vez pre calentado el crudo pasa por el proceso de desalado, para luego pasar por una etapa de precalentamiento de crudo desalado que pasa por los intercambiadores de calor de crudo-crudo residuo, crudo-diésel, el cual alcanza una temperatura promedio de 190 grados centígrados, para luego pasar por el intercambiador crudo-fondos de vacío alcanzando una temperatura promedio de 220 grados centígrados.

El crudo precalentado ingresa al horno C_H2, el mismo que supe gran parte de la energía térmica del proceso de destilación atmosférico en la Unidad de Crudo Dos, alcanzando una temperatura promedio de 344 grados centígrados, el cual ingresa a la columna de destilación atmosférica.

La columna fracciona el crudo en los siguientes cortes: productos de cabeza, nafta, keroseno, diesel y crudo reducido. (Guzman, 2010).

El software PHAST ha sido utilizado para mejorar el rendimiento de diferentes operaciones unitarias en varias industrias alrededor del mundo, no existen registros de un estudio de eficiencia energética mediante el software mencionado en la destilación atmosférica en la refinería Estatal de Esmeraldas, por lo cual se implementara un estudio de la eficiencia energética en el proceso.

1.2.1.2. LA ENERGIA EN LA INDUSTRIA PETROLERA

Toda planta industrial es un sistema de transformación de insumos y materia prima para obtener bienes, en la industria petrolera, los procesos de destilación son los mayores consumidores de energía seguidas por las hidrotratadoras, reforming y la destilación atmosférica. Es por esto que es necesario mantener los costos de los insumos tan bajos como sean posibles.

La conservación de la energía es el conjunto de actividades enfocadas a aprovechar al máximo los recursos energéticos, y de esta manera reducir las pérdidas energéticas.

Se puede reducir costos de energía reusando desechos de energía y aprovechando la transportación y transformación de la energía, para esto se debe conocer dónde y cómo es utilizada la energía para saber cómo se puede implementar un mejoramiento de eficiencia energética, para esto se utilizara el programa PHAST en el proceso de crudo dos.

1.2.1.3. TRANSFERENCIA DE CALOR

Las cantidades absolutas de calor que gana o pierde un cuerpo se pueden evaluar aplicando la primera ley de la termodinámica que dice” la energía no se crea ni se destruye solo se transforma”, pero el resultado de un análisis de la primera ley es solo una parte de la información necesaria para la evaluación total de un proceso que esté relacionado con la transferencia de energía.

Lo que al ingeniero realmente le interesa al momento de diseñar un proceso que tenga intercambio de calor en una planta es, la rapidez con la cual se da el intercambio de calor, los equipos auxiliares, el material con el cual está hecho el equipo y el tamaño del equipo. Es por

esto que el equipo no solo debe cumplir su misión de intercambiar calor sino también debe ser económico en su adquisición, diseño y operación.

Existen tres mecanismos básicos que intervienen en la transferencia de energía, la conducción, convección y radiación, con las cuales se puede estudiar la rapidez de la transferencia (Welty, S.F).

En muchas de las operaciones industriales que apliquen transferencia de calor, uno o más de los mecanismos de transferencia de calor pueden ser aplicados. En la mayoría de procesos de transferencia de calor, el calor atraviesa una variedad de capas con espesores y conductividades térmicas diferentes.

El problema de la transferencia de calor en el precalentamiento de crudo, antes de ingresar a la torre de destilación primaria es un ejemplo claro de la transferencia de calor, el calor de la llama es transferido por radiación y convección a los tubos en el horno, por conducción por las paredes de los tubos, y por convección forzada de la pared interior de los tubos al crudo, aquí se involucra los tres modos de transferencia. Después de un uso prolongado, se depositan sólidos dentro y fuera de la tubería, y estos sólidos crean una resistencia adicional para la transferencia de calor. La ecuación que representa este tipo de transferencia es la siguiente:

$$Q = UA\Delta T$$

Donde Q es la transferencia de calor por unidad de tiempo, A el área de transferencia de calor, ΔT la diferencia de temperatura de la llama y el crudo caliente, y U es conocido como el coeficiente de transferencia de calor ($\frac{W}{m^2K}$) (Richardson, 2012).

1.2.1.3.1. CONDUCCIÓN

Cuando existe una gradiente de temperatura, existe una transferencia de energía desde el cuerpo que tiene mayor temperatura al cuerpo con menor temperatura. Se dice que la energía se ha transferido por conducción y que el flujo de calor por unidad de área es proporcional al gradiente normal de temperatura (J.P.Holman, 1998).

La transferencia de calor por conducción se da de dos maneras, el primer mecanismo es de la interacción molecular, el cual el movimiento de partículas que tienen mayor energía o calor imparte energía a las moléculas que tienen menor cantidad de energía, este tipo de transferencia se da entre cuerpos ya sean sólidos, líquidos o gases. El segundo mecanismo es el de transferencia de calor por medio de electrones libres, este mecanismo es sumamente importante en la transferencia de calor en un cuerpo solido metálicos, la concentración de electrones libres varía considerablemente en las aleaciones y disminuye en sólidos no metálicos.

Los metales puros son muy buenos conductores de calor, esto se debe a que la concentración de electrones libres es mayor a la concentración de aleaciones o sólidos no metálicos (Welty, S.F).

Ecuación de transferencia de calor por conductividad.

$$\frac{q}{A} \sim \frac{\delta T}{\delta x}$$

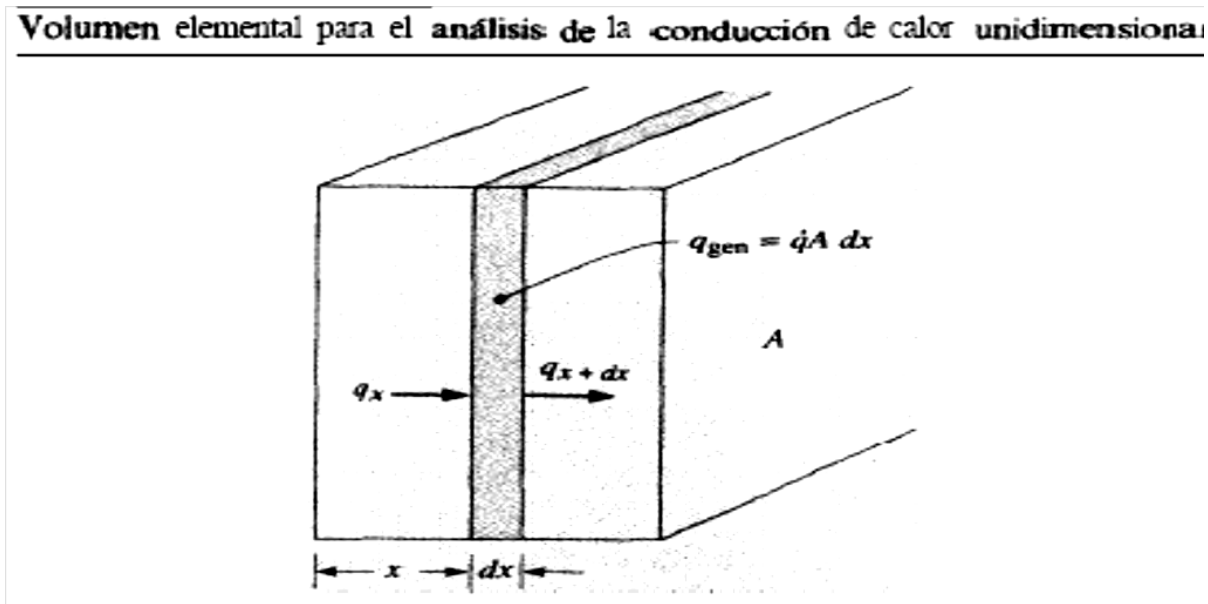
Cuando se introduce la constante de proporcionalidad:

$$q = -kA \frac{\delta T}{\delta x}$$

Donde q es el flujo de calor y $\frac{\delta T}{\delta x}$ es el gradiente de temperatura en la dirección de x.

La constante k se la llama constante térmica del material y varía dependiendo del material del cuerpo.

Figura 1. Conducción



(J.P.Holman, 1998).

1.2.1.3.2. CONVECCIÓN

La transferencia de calor se relaciona con el cambio de energía entre un cuerpo y un fluido adyacente. Existen dos tipos de convección, la forzada, que es la que a un cuerpo con mayor energía se lo coloca en frente de un ventilador o una bomba, y la convección libre o normal en la que el fluido más caliente o más frío, ocasiona la circulación debido a la diferencia de densidades que resulta por la variación de temperatura (Welty, S.F).

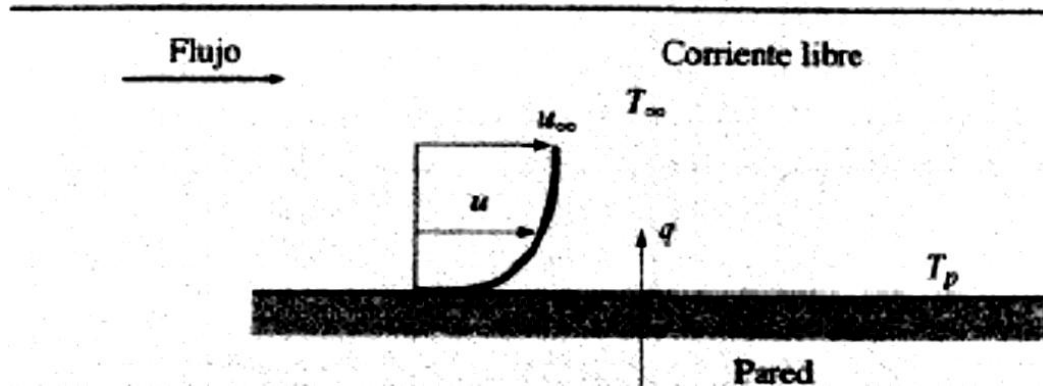
Ecuación de Newton de la rapidez de enfriamiento:

$$\frac{q}{A} = h\Delta T$$

Donde q es la rapidez de transferencia de calor convectivo, A es el área normal de la convección, h es el coeficiente de transferencia de calor convectivo y ΔT es la variación de la temperatura que existe entre el cuerpo y el fluido (Welty, S.F).

Figura 2. Convección

Transferencia de calor por convección desde una placa.



(J.P.Holman, 1998).

1.2.1.3.3. RADIACIÓN

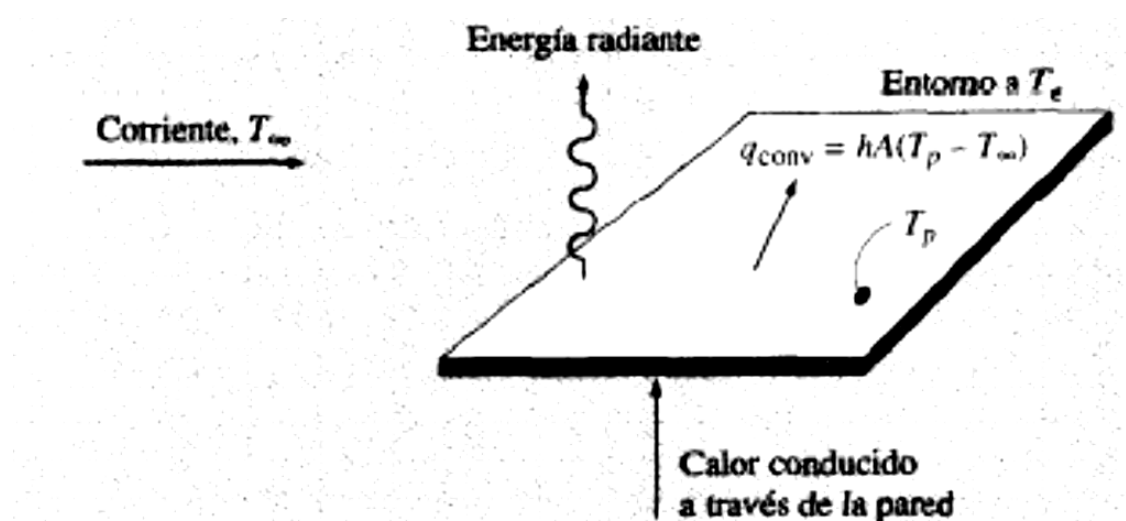
La transferencia de calor por radiación difiere de la transferencia por conducción y convección en que para este tipo de transferencia de calor no es necesario un cuerpo de transporte, la transferencia de calor se puede dar en un vacío perfecto y es aquí cuando la transferencia es máxima entre dos cuerpos. En este caso el mecanismo es la radiación electromagnética (Welty, S.F); (J.P.Holman, 1998).

La rapidez de emisión de energía desde un radiador perfecto a un cuerpo negro está dada por:

$$\frac{q}{A} = \sigma T^4$$

Donde q es la rapidez de emisión de energía radiante, A es el área de la superficie emisora, T es la temperatura absoluta y σ es la constante de Stefan-Boltzman cuyo valor es de 5.672×10^{-8} W/m².K (J.P.Holman, 1998); (Welty, S.F).

Figura 3. Combinación de la transferencia de calor por conducción, convección y radiación.



Donde T_e = temperatura del entorno

T_p = temperatura de la superficie en la placa

T_{∞} = temperatura del fluido

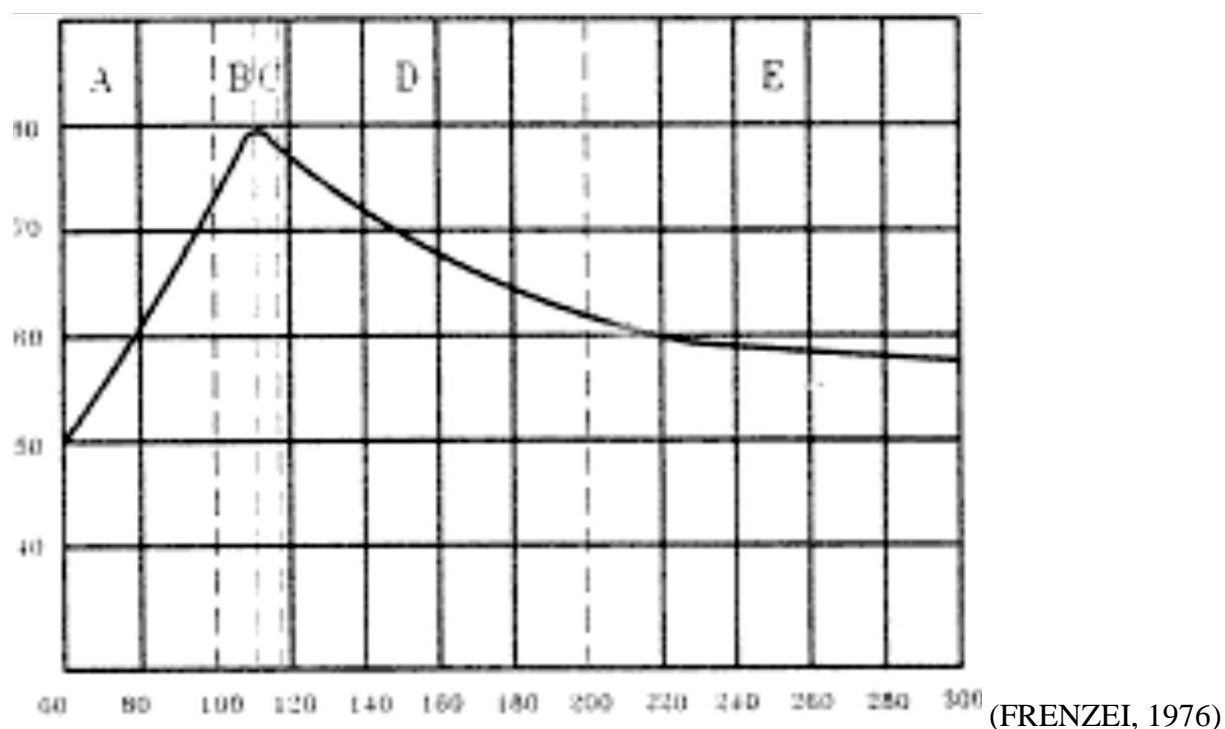
Para aplicar la ciencia de la transferencia de calor a situaciones prácticas se debe adquirir un conocimiento completo de los tres modos de transferencia. (J.P.Holman, 1998)

1.2.1.4. PERDIDAS POR GASES DE COMBUSTIÓN

La pérdida de energía en los gases de combustión está directamente relacionado con el exceso de aire en la reacción de combustión en el horno y la temperatura de los gases, es por esto que el exceso de aire comburente debe ser el mínimo para la combustión completa, para los combustibles líquidos como en este caso es el fuel oil el exceso de aire es recomendado hasta un 20%.

El exceso de aire es muy importante para asegurar la combustión completa, pero limitando el exceso de aire a un 20-30%, se puede asegurar una combustión completa. (Pellegrino, 1999). A continuación se muestra un gráfico que indica el porcentaje de aire teórico sobre la eficiencia en la combustión.

Figura 4. Porcentaje de aire teórico versus eficiencia en la combustión.



1.2.1.5. REGULANDO LA COMBUSTION

La eficiencia de la combustión está ligada al exceso de aire y al funcionamiento correcto de los atomizadores, el consumo de energía que ingresa al proceso puede ser minimizado de la siguiente manera.

Reconociendo el mínimo de exceso de aire requerido para la combustión completa.

Manteniendo los quemadores en un buen estado de operación.

Mantenimiento periódico de la limpieza del hollín y coque formado en las tuberías del horno.

Pre-calentando el combustible utilizado en la operación. (MISSEEV, 1979).

1.2.2. ADOPCION DE UNA PERSPECTIVA TEORICA

En el proceso de destilación primaria de la unidad de crudo dos, consta básicamente de un horno pre-calentador de crudo, un equipo desalador y la torre de destilación. Siendo los hornos pre-calentadores los equipos de mayor consumo energético en la industria petrolera. En el proceso de destilación atmosférico, la primera operación por la cual atraviesa el crudo es el tren de pre-calentamiento de crudo, en el cual el horno pre-calentador es el primer equipo por el cual pasa el crudo el cual consume importantes cantidades de energía, en este proceso la columna fracciona el crudo en diferentes productos de acuerdo a su punto de ebullición, es por esto que la columna de destilación muy a menudo se convierte en el cuello de botella de una refinería debido a la cantidad de crudo alimentada para ser procesada, por lo cual se requiere de un método de estudio que ayude determinar los puntos en los cuales se puede actuar y disminuir el consumo de energía, haciendo así todo el proceso más eficiente.

1.2.3. MARCO CONCEPTUAL

PHAST 3.0: Es una herramienta fácil de usar, se puede utilizar para evaluar y calcular el consumo y reducción de energía, con la aplicación de métodos de mejora de la eficiencia energética, para procesos industriales de calentamiento, como hornos, calentadores, hornos de fusión, calderas, torres de destilación, entre otros. Con la opción de usar los valores monetarios

locales para el cálculo de costos y ahorro de energía (Oak Ridge National laboratory, IHEA, 2010).

Proceso de calentamiento con combustibles: Con los sistemas de calentamiento con combustible, el calor es generado por la combustión de combustibles sólidos, líquido, o gaseoso, y transferido ya sea directamente o indirectamente al material. La combustión de los gases puede estar bien en contacto con el material (calefacción directa), o puede estar confinado y por lo tanto ser separados de los materiales (de calentamiento indirecto, por ejemplo, el tubo de quemador radiante) (Atkinson, et al., 2007).

Mejora continua: proceso recurrente que tienen como resultado una mejora en el desempeño energético y en el sistema de gestión de la energía (INEN, 2012).

Energía: electricidad, combustible, vapor, calor, aire comprimido y otros similares. La energía puede definirse como la capacidad de un sistema de producir una actividad externa o de realizar trabajo.

Consumo de energía: cantidad de energía utilizada (INEN, 2012).

Eficiencia energética: proporción u otra relación cuantitativa en el resultado en términos de desempeño, de servicios, de bienes o de energía y la entrada de energía (INEN, 2012).

Servicios energéticos: actividades y sus resultados relacionados con el suministro y/o uso de la energía (INEN, 2012).

Uso de la energía: forma o tipo de aplicación de la energía (INEN, 2012).

1.2.4. HIPÓTESIS

Utilizando el software PHAST y los datos obtenidos del proceso de crudo dos, se encontrara oportunidades de mejoras en el desempeño energético en la unidad de destilación primaria de crudo dos de la refinería estatal de Esmeraldas, al igual que se encontraran oportunidades de reducción de las emisiones de gases de combustión, por lo cual beneficiara a las poblaciones de los alrededores de la Refinería Estatal de Esmeraldas.

1.2.5. IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE VARIABLES

Variables dependientes: consumo de energía como residuo, vapor y desempeño energético.

Variables Independientes: flujo de crudo calentado, porcentaje de oxígeno presente en gases de combustión de horno C_{H2} y temperatura de calentamiento de crudo.

CAPITULO II. METODO

2.1 NIVEL DE ESTUDIO

Se lleva a cabo un estudio exploratorio en el proceso de crudo de la Refinería Estatal de Esmeraldas, en este estudio se recolecto datos de flujo de combustible usado en el horno C_H2, flujo de crudo procesado, temperatura de llama en el hornos, y perdidas de calor de la operación, para obtener el perfil térmico del horno.

Realizando un balance energético y de materia con el programa PHAST se considera las pérdidas de energía en el proceso y así se evalúa la posibilidad de mejorar el consumo y rendimiento de energía en el proceso de crudo dos.

2.2 MODALIDAD DE INVESTIGACION

Los datos como: fuente de energía, horas de operación de los equipos, zonas de calor en el proceso, equipos auxiliares utilizados en el proceso de destilación, caudales, material de equipo entre otros datos se recolectaran en las visitas para luego ser analizados con el software PHAST, encontrar las pérdidas de energía y evaluar la eficiencia energética en el proceso de destilación primaria. Por lo cual la investigación llevara la modalidad de un proyecto de desarrollo.

2.3 MÉTODO

El método utilizado en la investigación es el método Inductivo-Deductivo. Después de la determinación de los puntos de muestreo, se realizó la recolección de datos de flujos másicos, flujos térmicos y la decisión de equipos de mayor ingreso de energía, sea combustible o vapor.

Muestreo al azar: la recolección de datos al azar es la más simple, se basa en probabilidades. Se tomó una foto térmica de las cuatro paredes del horno C_H2 y de la cabeza de la torre C_V13, posteriormente se tomó de tres a cuatro puntos térmicos para el ingreso de la información al software PHAST.

Para la recolección de datos como flujos térmicos y másicos se sacó un perfil térmico y másico durante el periodo de investigación.

2.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

Población: Refinería Estatal de Esmeraldas

Muestra: columna de destilación, equipos auxiliares y consumo de energía

2.5 SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION

- Libro
- Internet
- Software PHAST 3.0
- Pirómetro
- Cámara infrarrojo

2.6 VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS

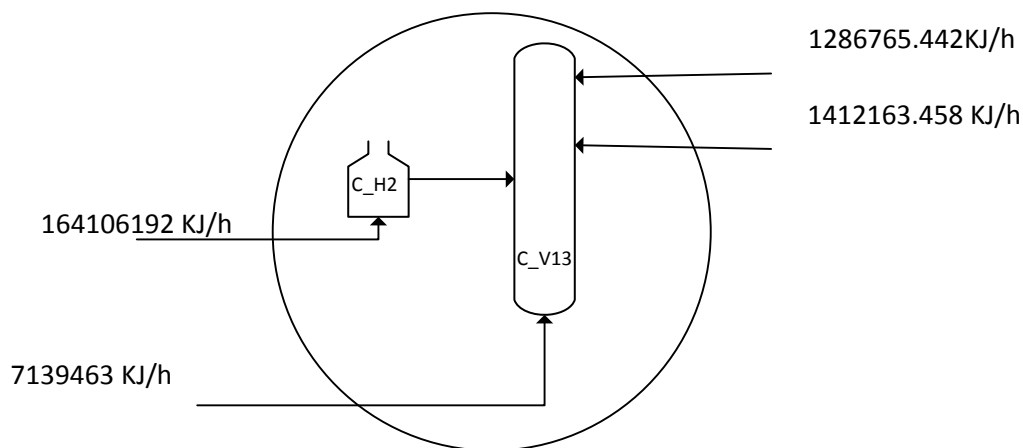
PHAST es desarrollado por el Laboratorio Nacional de Oak Ridge, en cooperación de la Asociación Industrial de Equipos de Calentamiento (IHEA). El desarrollo es apoyado por E3M,

Inc. (Arvind Thekdi - proye gerente ct). Un subcomité formado por miembros de las principales industrias (acero, aluminio, tratamiento calórico, la industria petro-química, entre otras) y los proveedores de equipos está actuando como asesor para el desarrollo de la herramienta.

2.7 OPERALIZACION DE DATOS

Para encontrar una mejora de eficiencia energética se tomo en cuenta los equipos de mayor consumo energético en el proceso de Crudo Dos de la Refinería Estatal de Esmeraldas como sistema primario, el cual está compuesto de dos sub sistemas que son el horno C_H2 y la columna de destilación C_V13, en esta se considera los despojadores de de keroseno y diesel.

Figura 5. Sistema de Crudo Do de la Refinería Estatal de Esmeraldas para el estudio.



La temperatura del aire de combustión es un factor importante en los equipos de combustión, por lo cual es importante tener en cuenta a que temperatura se va a realizar la combustión en el horno. La temperatura del aire de combustión puede tener un efecto dramático en la eficiencia del horno. Los cambios de temperatura del aire comburente afectan directamente en la cantidad de aire suministrado y pueden aumentar o disminuir el exceso de aire en la combustión. El exceso de aire

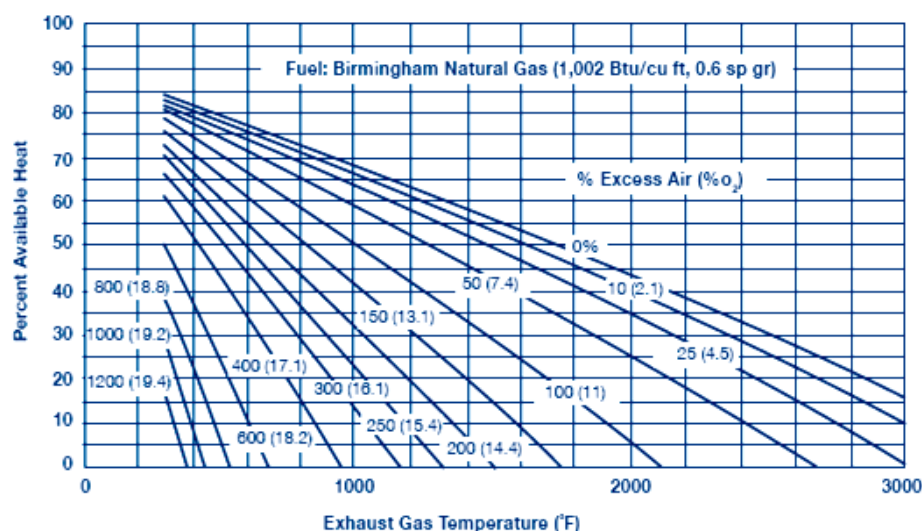
elevado significa pérdidas adicionales de energía. Los niveles de exceso de aire bajos pueden dar lugar a una combustión incompleta, formación de hollín y combustible desperdiciado. La siguiente tabla muestra el efecto que tiene el cambio de temperatura en el exceso de aire (CIBO, 2014).

Tabla 1. Efecto de las propiedades del aire.

Temperatura del Aire (°F)	Aire en exceso (%)
40	25.5
50	20.2
80	15.0
100	9.6
120	1.1

El operar el horno C_H2 con los valores de exceso de aire recomendados por el fabricante, traerá consigo beneficios adicionales como la reducción en la temperatura de los gases de combustión, reducción de consumo de energía en la inyección de aire en el horno.

La temperatura de los gases de combustión debe ser reducida al máximo, de esta manera se puede decir que se aprovecho al máximo la energía liberada en la combustión. Este parámetro está relacionado intrínsecamente con el exceso de aire recomendado.

Figura 6. Energía disponible en gases de combustión.

El incremento de la eficiencia de un proceso significa ahorros monetarios, en este caso al aumentar la eficiencia del horno C_{H2} de la Refinería Estatal de Esmeraldas, representaría un ahorro de dinero como muestra la siguiente figura.

En la Tabla 2. Se muestra una tabla en el cual se puede ver un ahorro de uso de combustible en barriles, al pre-calentar el aire de combustión entrante al horno.

Tabla 2. Porcentaje de ahorro de combustible por pre calentamiento de aire de combustión.

TEMPERATURA DE ESCAPE DE HORNO		TEMPERATURA DE AIRE PRE-CALENTADO °C					
°F	°C	315,55	426,66	537,77	648,88	760	871,11
1000	537,77	13	18	-	-	-	-
1200	648,88	14	19	23	-	-	-
1400	760	15	20	24	28	-	-
1600	871,11	17	22	26	30	34	-
1800	982,22	18	24	28	33	37	40
2000	1093,33	20	26	31	35	39	43
2200	1204,44	23	29	34	39	43	47
2400	1315,55	26	32	38	43	47	51

Fuente: PHAST, 2014

2.8 PROCESAMIENTO DE DATOS

Los datos de balances energéticos, balances de masa, consumo energético por equipo y porcentaje total consumido por operación unitaria del proceso de destilación atmosférica fueron analizados por el software PHAST, una vez ingresados los datos al software, PHAST nos da un diagrama de SANKEY con un balance energético donde podemos visualizar por donde se da la mayor cantidad de pérdidas en un sistema o subsistema.

Con una primera corrida de PHAST se puede apreciar el subsistema con mayor pérdidas energéticas lo que nos muestra en donde existen mayores oportunidades de mejora y se enfocaría el estudio de eficiencia energética.

2.8.1. OPORTUNIDAD DE MEJORA

Los datos fueron procesados de dos maneras. La primera fue el análisis de los datos obtenidos en campo. Se los ingreso al software PHAST para determinar la cantidad de energía que ingresa a todo el sistema de crudo dos, que comprende el horno pre-calentador y la columna de destilación. Y por otro lado, se corrió el programa con cada sub sistema por separado. De esta manera se clasifico al equipo con mayor oportunidad de de mejoramiento energética.

Determinación de oportunidades de mejora:

Procedimiento: Se ingresa los datos recolectados en campo al software PHAST tales como: flujos másicos, perfiles térmicos, características de vapor, características de crudo, aislantes térmicos, costos de energía entre otros. Se corre el programa, y se analiza los resultados dados, determinando las pérdidas de energía en cada equipo.

Determinación de oportunidades de mejora en la torre de destilación:

Se realiza un balance energético mediante el software PHAST, y se determina que las pérdidas evaluables por el programa PHAST corresponden a las pérdidas por las paredes de la columna debido a la diferencia de temperatura entre la parte interna de la columna y el medio ambiente. Las pérdidas son proporcionales al área de cada equipo

Determinación de oportunidades de mejora en despojadores de columna:

De igual forma que para la columna de destilación, los despojadores pierden energía por las paredes. Las pérdidas son proporcionales al área de cada equipo.

Determinación de oportunidades de mejora del horno C H2:

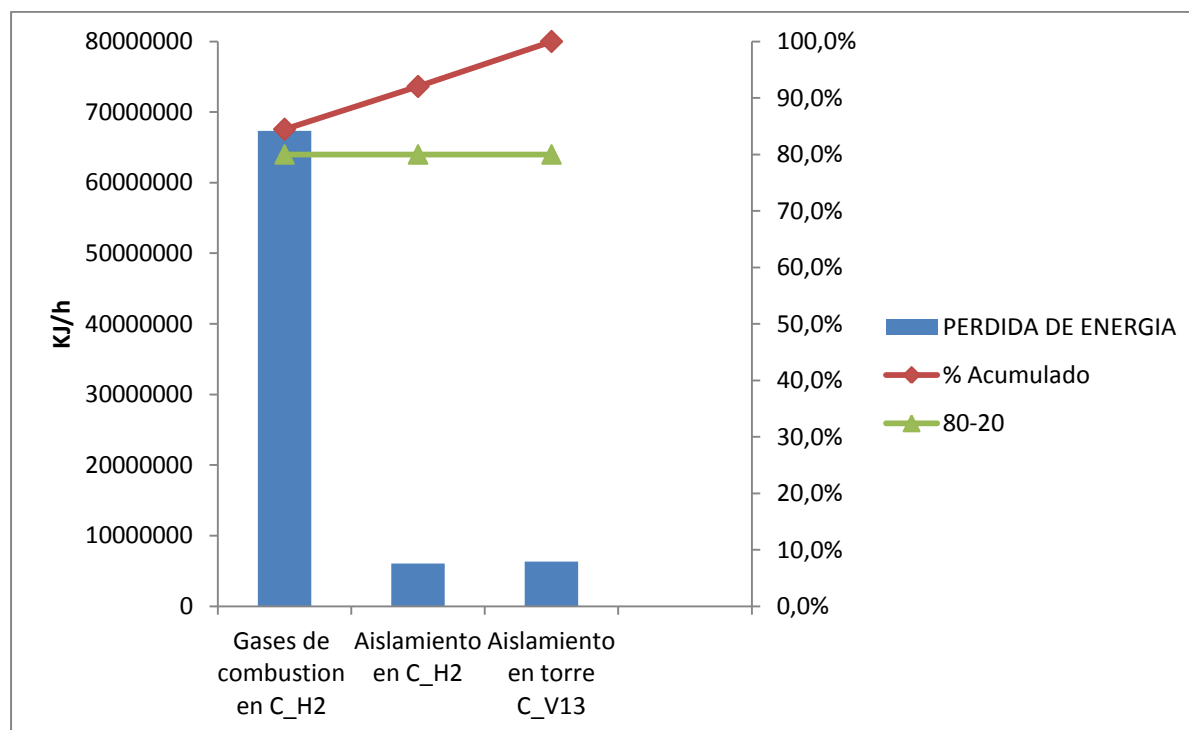
Para la determinación de las oportunidades de mejora en el horno, se realiza un balance de masa y energía utilizando el programa PHAST. Para realizar el balance de masa y energía en el horno se utilizó los flujos de combustible (Energía) y los flujos y temperaturas de la carga del horno, es decir el crudo calentado. De esta forma se determina las pérdidas energéticas del horno y su vez las oportunidades de ahorro de energía.

En el siguiente grafico de Pareto se muestran las oportunidades de mejora.

Tabla 3. Datos de pérdidas en los equipos de mayor consumo energético en el Sistema de Crudo Dos en la Refinería Estatal de esmeraldas.

PERDIDAS POR:	PERDIDA DE ENERGIA KJ/h	% Acumulado
Gases de combustión en C_H2	67316360	84.5%
Aislamiento en C_H2	6036546	92.0%
Aislamiento en torre C_V13	6347310	100%

Figura 7. Oportunidad de mejoramiento energético en los equipos principales de la Refinería Estatal de Esmeraldas.



2.8.2. INFORMACIÓN DE PLANTA Y EQUIPOS

Información general: Información general de la planta, incluyendo su descripción, producto final, información sobre el contacto en la industria y moneda utilizada.

Fuente de energía: Información sobre la energía utilizada en la industria y el costo por unidad.

Energía	Valor calorífico	Costo por unidad
Eléctrica	KJ/KWh	\$KWh
Combustible	KJ/L	\$/GJ
Vapor	KJ/Kg	\$/GJ

Información de equipo: Información de qué tipo de equipos están usando y el tipo de energía que ingresa al equipo, equipos auxiliares utilizados, horas de operación y en el caso de tener zonas diferentes de calentamiento, se puede crear nuevas zonas.

2.8.3. ANÁLISIS DE EQUIPO Y BALANCE ENERGÉTICO CON SOFTWARE PHAST

Esta sección se utiliza para analizar la energía utilizada en varias partes del horno en las condiciones de funcionamiento. Permite al usuario identificar el área de mayor consumo de energía sea por las cargas, arreglos aperturas, pérdidas por conducción, convección y radiación, pérdidas de calor en equipos de enfriamiento, pérdidas a la atmósfera entre otros. En el cual se

puede trabajar en condiciones de operación y realizando modificaciones en las condiciones de operación para ver el efecto que tendría en el almacenamiento de calor.

Carga de materiales: En este segmento se puede seleccionar el tipo de material el cual se está cargando al equipo, sea líquido, sólido o gas, a los cuales se les puede cambiar las especificaciones de acuerdo con el material a trabajar.

De acuerdo con los datos recolectados se puede ingresar en este segmento el flujo de carga, temperatura de ingreso de carga, temperatura de salida de carga, en el caso de que exista reacción química, se ingresa el porcentaje de reacción, porcentaje evaporado de la carga, calor de reacción y energía requerida en el caso de ser así.

Pérdidas por ingreso de bandejas: En el caso de que exista algún material que entre en el proceso de calentamiento como son las bandejas, canastas entre otros, en este segmento se ingresa el material de las bandejas, el peso, la temperatura inicial y la temperatura de salida de las bandejas.

Pérdidas a la atmosfera: En esta área se ingresa la pérdida de calor a través de gases y vapores, para el cálculo de energía perdida se requiere del flujo de salida a la atmosfera, temperatura de salida y temperatura al cual se encuentra en el equipo.

Pérdidas por enfriamiento con agua: Para el cálculo de energía perdida por enfriamiento con agua se requiere de flujo de agua, la temperatura inicial y temperatura de salida.

Pérdidas por paredes: Para las pérdidas por conducción es necesario conocer el área del equipo, la temperatura de pared interna, la temperatura de pared externa y la temperatura ambiente del área en el cual se encuentra el equipo.

Pérdidas por aperturas: Para las pérdidas por aperturas es necesario conocer el tiempo de apertura, el área total de la compuerta, la figura geométrica, el espesor de la compuerta y la temperatura dentro y fuera de la compuerta.

Otro tipo de pérdidas: Para el cálculo de estas pérdidas solo es necesario conocer el área en el cual se da la pérdida, temperatura de ambiente y temperatura de proceso.

Pérdidas por gases de combustión: En este segmento es necesario conocer la fuente de calor, sea aire-combustible, vapor y electricidad.

Si la fuente de calor es aire-combustible es necesario saber la temperatura de salida de los gases de combustión, oxígeno presente en los gases de combustión y la temperatura a la que ingresa el aire comburente.

Almacenamiento de energía: para conocer el almacenamiento de la energía en el equipo es necesario saber a la temperatura que opera el equipo, la temperatura ambiente, la figura geométrica del equipo, dimensiones del equipo, temperatura de paredes internas del equipo, tipo de refractarios utilizado, espesor de refractarios en cada pared y el número de capas utilizadas.

Diagrama de SANKEY: El programa PHAST nos da un balance de energía mediante el diagrama de SANKEY el cual facilita el entendimiento de las pérdidas y el aprovechamiento de la energía.

CAPITULO III. RESULTADOS

3.1 LEVANTAMIENTO DE DATOS

Se visitó una primera vez la refinería de Esmeraldas para tener una idea clara de cómo es el proceso de destilación atmosférica en la línea dos de crudo. Se recolecto la mayor parte de información sobre el proceso en el mes de abril.

En el mes de mayo a medida que se fue realizando el estudio e ingresado los datos al software PHAST, se realizo una visita para recolectar mas información de acuerdo a lo necesitado por el programa.

3.2 PRESENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS

La Tabla 4. Muestra los datos de poder calórico del combustible utilizado para el estudio en el software PHAST.

Tabla 4. Poder calórico de combustible utilizado en el software PHAST.

Grado	Poder Calórico	Comentarios
	(<i>Btu/US gal</i>)	
Fuel Oil No. 1	132,900 - 137,000	Hornos pequeños
Fuel Oil No. 2	137,000 - 141,800	Hornos caseros
Fuel Oil No. 4	143,100 - 148,100	Quemadores Industriales
Fuel Oil No. 5 (Liviano)	146,800 - 150,000	Pre-calentamientos
Fuel Oil No.5 (pesado)	149,400 - 152,000	Hornos
Fuel Oil No. 6	151,300 - 155,900	Bunker C

(http://www.engineeringtoolbox.com/fuel-oil-combustion-values-d_509.html, 2014).

La Tabla 5. Muestra los datos obtenidos en mediciones diarias de temperatura de durante un periodo de tiempo en el horno C_H2 de la Unidad de Crudo Dos en la refinería estatal de Esmeraldas. La Tabla 5. muestra que las mediciones diarias fueron realizadas a la misma hora.

Tabla 5. Datos de temperatura de tren de precalentamiento de crudo desalado entrante y de salida de horno C_H2 de la Refinería Estatal de Esmeraldas.

	VAPOR INYECTADO EN TORRE	TEMPERATUR A DE ENTRADA AL HORNO	TEMPERATUR A DE SALIDA DE HORNO	FLUJO DE AIRE ENTRANTE AL HORNO	FLUJO DE ENTRADA DE F.O AL HORNO	VAPOR EN DESPOJADO R DE KEROSENO	VAPOR DE DESPOJADO R DE DIESEL
Fecha	(Kg/h)	(°C)	(°C)	(Kg/h)	(Kg/h)	(Kg/h)	(Kg/h)
4/11/2014	2,499.96	219.51	360.02	6,522.67	744.02	463.14	362.84
4/10/2014	2,370.76	232.26	359.27	6,592.46	738.22	407.65	351.51
4/9/2014	2,125.78	234.91	360.18	6,138.55	283.7	389	352.99
4/8/2014	1,844.43	225.58	358.73	6,158.76	814.4	308.49	352.85
4/7/2014	90.77	98.97	170.03	6,094.94	700.02	335.13	167.78
4/6/2014	0	38.95	45.84	6,097.75	537.79	342.4	0
4/5/2014	0	28.44	53.29	6,086.81	0	342.26	0
4/4/2014	0	34.68	91.2	6,068.67	0	346.49	0
4/3/2014	444.22	155.49	186.47	6,107.22	117.37	395.13	85.37
4/2/2014	2,475.08	216.47	359.97	6,209.99	376.82	550.01	500
4/1/2014	2,299.99	216.16	359.65	6,238.40	426.67	550.02	500.01
3/31/2014	2,300.02	215.67	359.99	6,253.35	441.24	550.02	499.99
3/30/2014	2,300.00	215.83	359.88	6,227.34	443.33	550.02	499.97
3/29/2014	2,300.00	217.16	359.98	6,218.34	438.89	549.97	500.01
3/28/2014	2,300.03	217.01	360	6,239.80	408.42	549.97	500.01
3/27/2014	2,299.98	216.35	359.55	6,267.61	392.93	501.32	500
3/26/2014	2,275.01	213.29	358.9	6,197.57	479.21	442.78	500
3/25/2014	916.84	157.14	261.14	4,151.25	340.64	317.37	227.07
3/24/2014	2,293.77	215.46	359.99	6,358.00	774.32	450.01	480
3/23/2014	2,200.07	216.99	359.97	6,387.31	773.7	450	480
3/22/2014	2,200.00	217.82	360.89	6,388.32	745.82	449.99	479.99
3/21/2014	2,199.98	217.17	359.72	6,365.88	785.45	450.03	480.02
3/20/2014	2,199.96	217.85	359.6	6,367.79	805.88	450	479.98

3/19/2014	2,199.96	219.05	359.93	6,343.63	753.13	450.03	480
3/18/2014	2,136.22	205.53	318.74	5,625.99	278.88	450.01	480
3/17/2014	2,225.57	194.37	337.51	5,601.19	0	450	480.01
3/16/2014	2,300.04	191.99	359.76	5,922.17	0	417.94	480.01
3/15/2014	2,295.23	206.31	359.52	6,314.01	494.35	399.99	480
3/14/2014	2,100.01	215.92	359.97	6,390.14	987.28	400.03	480.01
3/13/2014	2,100.00	216.1	359.98	6,557.10	988.4	400.02	480.03
3/12/2014	2,099.98	221.4	360.02	7,956.30	1,030.44	399.99	480.02
3/11/2014	2,099.98	220.95	360.04	7,972.26	1,025.13	400.01	480.02
3/10/2014	2,099.98	220.9	359.99	7,993.75	1,114.07	400.02	480.02
3/9/2014	2,100.05	220.47	359.99	7,992.01	1,164.67	400.02	479.99
3/8/2014	2,100.06	219.67	360	8,002.54	1,193.53	400.02	480
3/7/2014	2,100.02	220.55	359.99	8,000.16	1,223.84	400	479.99
3/6/2014	2,099.99	221.27	360.01	8,014.28	1,199.50	400.01	480
3/5/2014	2,150.57	222	360	8,016.65	954.01	400.02	480
3/4/2014	2,300.00	222.92	360	8,021.51	901.77	399.99	479.98
3/3/2014	2,208.31	223.22	359.92	8,013.45	873.91	400.47	480.49
3/2/2014	2,000.00	224.65	359.99	8,035.91	694.8	449.99	530.01
3/1/2014	2,279.58	224.69	360.03	8,008.90	674.21	498.61	578.77
2/28/2014	2,499.94	222.58	360	8,010.69	703.84	500	580.01
2/27/2014	2,583.30	221.4	360	7,999.23	734.31	532.33	580
2/26/2014	2,860.25	222.83	360.05	8,029.78	737.42	556.34	580.01
2/25/2014	3,000.02	223.25	360.02	8,028.45	730.88	544.94	580
2/24/2014	3,000.04	223.87	359.98	8,026.22	714.95	549.97	579.99
2/23/2014	3,000.02	223.68	359.98	8,175.95	726.42	549.99	580.02
2/22/2014	2,999.97	223.76	359.95	8,174.44	726.68	550.01	580.01
2/21/2014	3,000.09	223.85	359.98	8,155.70	730.74	550	580.01
2/20/2014	3,000.00	223.47	359.18	8,082.83	734.5	550.01	580.01
2/19/2014	3,000.08	222.64	359.26	7,918.39	736.79	598.68	628.64
2/18/2014	2,999.90	223.39	359.45	7,925.03	723.6	649.15	630
2/17/2014	2,999.97	222.04	359.05	7,938.17	741.02	649.99	630
2/16/2014	3,000.01	224.11	359.28	7,970.75	728.7	649.98	630
2/15/2014	3,000.01	223.72	359.72	7,998.16	804.42	649.99	629.99
2/14/2014	2,999.99	223.35	360.01	7,690.87	852.48	650.02	630.02
2/13/2014	3,000.05	223.18	360	6,993.20	834.82	650.03	630.02
2/12/2014	3,000.01	223.43	359.98	6,594.46	831.69	650	630
2/11/2014	3,000.01	223.48	359.99	8,163.32	772.23	650	630.01
2/10/2014	3,176.97	223.13	359.98	8,383.22	680.02	650.01	630
2/9/2014	3,500.01	222.79	360.02	8,457.19	668.69	649.98	630.01
2/8/2014	3,499.92	222.93	360.01	8,419.17	694.17	650	630
2/7/2014	3,499.99	224.64	360	8,322.92	709.76	649.34	630.01

2/6/2014	3,487.05	223.51	360.03	8,338.77	735.55	479.55	629.99
2/5/2014	3,299.92	220.77	359.91	8,323.18	770.38	459.99	630
2/4/2014	3,453.71	218.96	358.35	8,346.90	831.33	460.01	630.01
2/3/2014	3,600.01	230.89	360.26	8,383.81	791.61	459.98	629.98
2/2/2014	3,599.97	223.81	359.96	8,503.37	873.99	459.99	630
2/1/2014	3,599.98	224.38	359.98	8,839.27	872.93	459.99	629.99
1/31/2014	3,599.99	223.48	359.26	8,466.36	875.02	459.97	630.01
1/30/2014	3,599.96	222.46	358.47	8,325.18	915.09	459.99	630
1/29/2014	3,599.98	223.42	358.84	8,315.39	911.8	460	630.01
1/28/2014	3,599.91	224.08	359.6	8,403.04	910.13	459.99	630.01
1/27/2014	3,600.09	224	359.99	8,504.06	969.92	459.98	629.98
1/26/2014	3,599.92	223.42	359.97	8,510.06	993.91	460	630
1/25/2014	3,600.09	225.05	360.04	8,670.96	1,040.61	460	630
1/24/2014	3,599.96	224.87	360	8,939.84	1,296.76	459.97	629.99
1/23/2014	3,600.00	224.99	359.96	8,923.52	1,355.92	460.01	630.03
1/22/2014	3,599.97	224.61	359.61	8,266.74	1,147.10	460	629.99
1/21/2014	3,599.99	225.04	359.98	8,520.00	1,094.76	460	630
1/20/2014	3,600.01	224.69	359.94	8,617.36	1,024.15	460.02	630.01
1/19/2014	3,600.02	225.59	359.92	8,610.53	931.57	479.67	630.01
1/18/2014	3,600.08	226.29	359.99	8,607.20	937.29	479.99	629.99
1/17/2014	3,599.96	227.11	360	8,574.83	910.07	480	634.16
1/16/2014	3,600.01	227.68	359.99	8,571.15	838.55	480.01	680.01
1/15/2014	3,600.00	227.46	359.9	8,549.20	822.06	480.01	680.01
1/14/2014	3,600.01	226.84	359.83	8,567.99	905.93	479.99	680
1/13/2014	3,600.00	226.08	359.84	8,594.25	953.43	486.12	680.02
1/12/2014	3,599.99	225.46	359.66	8,596.87	721.02	500.02	680
1/11/2014	3,599.96	226.02	359.66	8,604.16	728.29	500	680

Tabla 6. Datos de flujo de crudo de tren de pre-calentamiento bombeado a horno C_H2 de la Refinería Estatal de Esmeraldas.

Fecha	FLUJO DE CRUDO		FLUJO DE CRUDO		
	TM/h	TM/h	TM/h	TM/h	TM/h
5/16/2014	0	268.58	11/19/2013	0	303.01
5/15/2014	0	260	11/18/2013	0	302.99
5/14/2014	0	257.98	11/17/2013	0	304.81
5/13/2014	0	253.75	11/16/2013	0	305.33
5/12/2014	0	247.47	11/15/2013	0	305
5/11/2014	0	180.08	11/14/2013	0	305.01
5/10/2014	0	104.74	11/13/2013	0	304.92
5/9/2014	0	258.55	11/12/2013	0	303.79

5/8/2014	0	258.01	11/11/2013	0	304.42
5/7/2014	0	257.98	11/10/2013	0	299.63
5/6/2014	0	261.97	11/9/2013	0	297.78
5/5/2014	0	237.61	11/8/2013	0	295.42
5/4/2014	0	62.64	11/7/2013	0	295.97
5/3/2014	0	226.16	11/6/2013	0	302.94
5/2/2014	0	273.91	11/5/2013	0	305.01
5/1/2014	0	223.16	11/4/2013	0	304.97
4/30/2014	0	152.23	11/3/2013	0	304.4
4/29/2014	0	277.06	11/2/2013	0	301.2
4/28/2014	0	280	11/1/2013	0	295.52
4/27/2014	0	279.84	10/31/2013	0	292.36
4/26/2014	0	280	10/30/2013	0	288.53
4/25/2014	0	280.01	10/29/2013	0	290.63
4/24/2014	0	279.99	10/28/2013	0	290.31
4/23/2014	0	278.57	10/27/2013	0	290.2
4/22/2014	0	273.05	10/26/2013	0	291.03
4/21/2014	0	265.93	10/25/2013	0	291.77
4/20/2014	0	269.13	10/24/2013	0	290.57
4/19/2014	0	267.41	10/23/2013	0	286.33
4/18/2014	0	269.72	10/22/2013	0	287.12
4/17/2014	0	279.25	10/21/2013	0	288.54
4/16/2014	0	277.48	10/20/2013	0	285.75
4/15/2014	0	268.41	10/19/2013	0	287.03
4/14/2014	0	268.94	10/18/2013	0	289.99
4/13/2014	0	270.23	10/17/2013	0	288.14
4/12/2014	0	272.1	10/16/2013	0	277.63
4/11/2014	0	276.41	10/15/2013	0	274
4/10/2014	0	276.65	10/14/2013	0	274.01
4/9/2014	0	278.69	10/13/2013	0	281.06
4/8/2014	0	280.96	10/12/2013	0	280.7
4/7/2014	0	278.08	10/11/2013	0	213.46
4/6/2014	0	277.16	10/10/2013	0.28	162.3
4/5/2014	0	277.67	10/9/2013	0	290.3
4/4/2014	0	266.38	10/8/2013	0	290.02
4/3/2014	0	155.32	10/7/2013	0	290
4/2/2014	0	280.62	10/6/2013	0	290
4/1/2014	0	239.99	10/5/2013	0	290.01
3/31/2014	0	240	10/4/2013	0	289.99
3/30/2014	0	240	10/3/2013	0	290.01
3/29/2014	0	242.1	10/2/2013	0	290

3/28/2014	0	246	10/1/2013	0	290
3/27/2014	0	245.99	9/30/2013	0	290.01
3/26/2014	0	243.47	9/29/2013	0	290
3/25/2014	0	164.15	9/28/2013	0	290
3/24/2014	0	239.72	9/27/2013	0	290
3/23/2014	0	239.03	9/26/2013	0	290
3/22/2014	0	234.16	9/25/2013	0	289.99
3/21/2014	0	238	9/24/2013	0	290
3/20/2014	0	238	9/23/2013	0	290
3/19/2014	0	240.92	9/22/2013	0	290
3/18/2014	0	239.99	9/21/2013	0	289.63
3/17/2014	0	232.1	9/20/2013	0	290.43
3/16/2014	0	229.84	9/19/2013	0	290.43
3/15/2014	0	236.57	9/18/2013	0	290.43
3/14/2014	0	240.76	9/17/2013	0	290.44
3/13/2014	0	241.5	9/16/2013	0	290.43
3/12/2014	0	241.33	9/15/2013	0	290.43
3/11/2014	0	241.15	9/14/2013	0	290.43
3/10/2014	0	240.89	9/13/2013	0	290.43
3/9/2014	0	240.72	9/12/2013	0	290.44
3/8/2014	0	240.93	9/11/2013	0	290.44
3/7/2014	0	242.54	9/10/2013	0	290.44
3/6/2014	0	234.88	9/9/2013	0	290.42
3/5/2014	0	232.75	9/8/2013	0	290.43
3/4/2014	0	148.18	9/7/2013	0	290.44
3/3/2014	0	215	9/6/2013	0	290.45
3/2/2014	0	214.6	9/5/2013	0	290.42
3/1/2014	0	244.12	9/4/2013	0	290.43
2/28/2014	0	256	9/3/2013	0	290.42
2/27/2014	0	254.81	9/2/2013	0	290.39
2/26/2014	0	252.04	9/1/2013	0	290.01
2/25/2014	0	253.53	8/31/2013	0	290
2/24/2014	0	278.25	8/30/2013	0	290
2/23/2014	0	282	8/29/2013	0	289.99
2/22/2014	0	282	8/28/2013	0	286.66
2/21/2014	0	282	8/27/2013	0	286.57
2/20/2014	0	282.01	8/26/2013	0	294.76
2/19/2014	0	282.01	8/25/2013	0	292.88
2/18/2014	0	276.7	8/24/2013	0	287.21
2/17/2014	0	253.03	8/23/2013	0	286.5
2/16/2014	0	104.26	8/22/2013	0	288.55

2/15/2014	0	128.98	8/21/2013	0	275.39
2/14/2014	0	283.99	8/20/2013	0	272.03
2/13/2014	0	284.01	8/19/2013	0	277.45
2/12/2014	0	283.35	8/18/2013	0	290
2/11/2014	0	280	8/17/2013	0	290.06
2/10/2014	0	280	8/16/2013	0	287.02
2/9/2014	0	280	8/15/2013	0	195.78
2/8/2014	0	280.42	8/14/2013	0	295
2/7/2014	0	284.38	8/13/2013	0	292.16
2/6/2014	0	289.44	8/12/2013	0	290.01
2/5/2014	0	298	8/11/2013	0	289.99
2/4/2014	0	296.49	8/10/2013	0	290
2/3/2014	0	292.89	8/9/2013	0	290
2/2/2014	0	292	8/8/2013	0	289.99
2/1/2014	0	292	8/7/2013	0	290
1/31/2014	0	292	8/6/2013	0	295.98
1/30/2014	0	292.01	8/5/2013	0	286.46
1/29/2014	0	291.99	8/4/2013	0	279.78
1/28/2014	0	291.9	8/3/2013	0	276.4
1/27/2014	0	289.99	8/2/2013	0	281.44
1/26/2014	0	290.01	8/1/2013	0	282.73
1/25/2014	0	289.99	7/31/2013	0	283.28
1/24/2014	0	289.99	7/30/2013	0	284.99
1/23/2014	0	293.33	7/29/2013	0	285.01
1/22/2014	0	299.84	7/28/2013	0	278.1
1/21/2014	0	299.01	7/27/2013	0	283.78
1/20/2014	0	299.29	7/26/2013	0	284.01
1/19/2014	0	298	7/25/2013	0	283.98
1/18/2014	0	298.35	7/24/2013	0	284.01
1/17/2014	0	298.99	7/23/2013	0	283.07
1/16/2014	0	299.23	7/22/2013	0	283.01
1/15/2014	0	301.7	7/21/2013	0	283.02
1/14/2014	0	305.78	7/20/2013	0	282.99
1/13/2014	0	295.82	7/19/2013	0	282.19
1/12/2014	0	294.77	7/18/2013	0	282
1/11/2014	0	293.74	7/17/2013	0	281.64
1/10/2014	0	268.2	7/16/2013	0	283.85
1/9/2014	0	239.65	7/15/2013	0	283.3
1/8/2014	174.09	92.17	7/14/2013	0	284.4
1/7/2014	245.68	0.25	7/13/2013	0	284.98
1/6/2014	107.46	0.13	7/12/2013	0	289.01

1/5/2014	18.15	0.22	7/11/2013	0	288.53
1/4/2014	109.77	0.32	7/10/2013	0	286.66
1/3/2014	223.42	0.14	7/9/2013	0	288.52
1/2/2014	236.15	0.19	7/8/2013	0	284.28
1/1/2014	262.89	0.33	7/7/2013	0	246.24
12/31/2013	279.25	0.36	7/6/2013	0	80.51
12/30/2013	259.44	0.25	7/5/2013	0.16	177.39
12/29/2013	226.94	0.2	7/4/2013	0	294.01
12/28/2013	172.76	0.25	7/3/2013	0	293.99
12/27/2013	35.12	0.21	7/2/2013	0	293.93
12/26/2013	0	0.21	7/1/2013	0	292.99
12/25/2013	0	0.22	6/30/2013	0	293
12/24/2013	0	0.21	6/29/2013	0	293.01
12/23/2013	0	0.23	6/28/2013	0	291.76
12/22/2013	0	0.22	6/27/2013	0	288.01
12/21/2013	0	0.21	6/26/2013	0	292.06
12/20/2013	0	0.22	6/25/2013	0	287.87
12/19/2013	0	0.17	6/24/2013	0	290.98
12/18/2013	0	0.16	6/23/2013	0	290.05
12/17/2013	0	0.16	6/22/2013	0	289.14
12/16/2013	0	0.15	6/21/2013	0	275.37
12/15/2013	0	0.15	6/20/2013	0	256.07
12/14/2013	0	0.15	6/19/2013	0	254
12/13/2013	0	0.16	6/18/2013	0	254
12/12/2013	0	0.17	6/17/2013	0	253.96
12/11/2013	0	0.16	6/16/2013	0	258.93
12/10/2013	0	0.16	6/15/2013	0	270.35
12/9/2013	0	0.15	6/14/2013	0	258.29
12/8/2013	0	0.12	6/13/2013	0	225.42
12/7/2013	0	0.14	6/12/2013	0	225
12/6/2013	0	0.13	6/11/2013	0	225.01
12/5/2013	0	0.12	6/10/2013	0	225.9
12/4/2013	0	0.1	6/9/2013	0	226
12/3/2013	0	0.11	6/8/2013	0	225.07
12/2/2013	0	0.13	6/7/2013	0	220.02
12/1/2013	0	0.12	6/6/2013	0	218.01
11/30/2013	0	0.12	6/5/2013	0	217.98
11/29/2013	0	0.08	6/4/2013	0	260.4
11/28/2013	0	230.15	6/3/2013	0	302
11/27/2013	0	210.37	6/2/2013	0	302
11/26/2013	0	300	6/1/2013	0	302

11/25/2013	0	300	5/31/2013	0	302
11/24/2013	0	299.99	5/30/2013	0	301.99
11/23/2013	0	300	5/29/2013	0	302
11/22/2013	0	299.99	5/28/2013	0	302.01
11/21/2013	0	300.01	5/27/2013	0	301.99
11/20/2013	0	296.31	5/26/2013	0	301.98
11/19/2013	0	303.01	5/25/2013	0	301.97
11/18/2013	0	302.99	5/24/2013	0	303.07
11/17/2013	0	304.81	5/23/2013	0	303.87
11/16/2013	0	305.33	5/22/2013	0	303.99
11/15/2013	0	305	5/21/2013	0	305.46
11/14/2013	0	305.01	5/20/2013	0	314.4
11/13/2013	0	304.92	5/19/2013	0	314.99
11/12/2013	0	303.79	5/18/2013	0	312.38

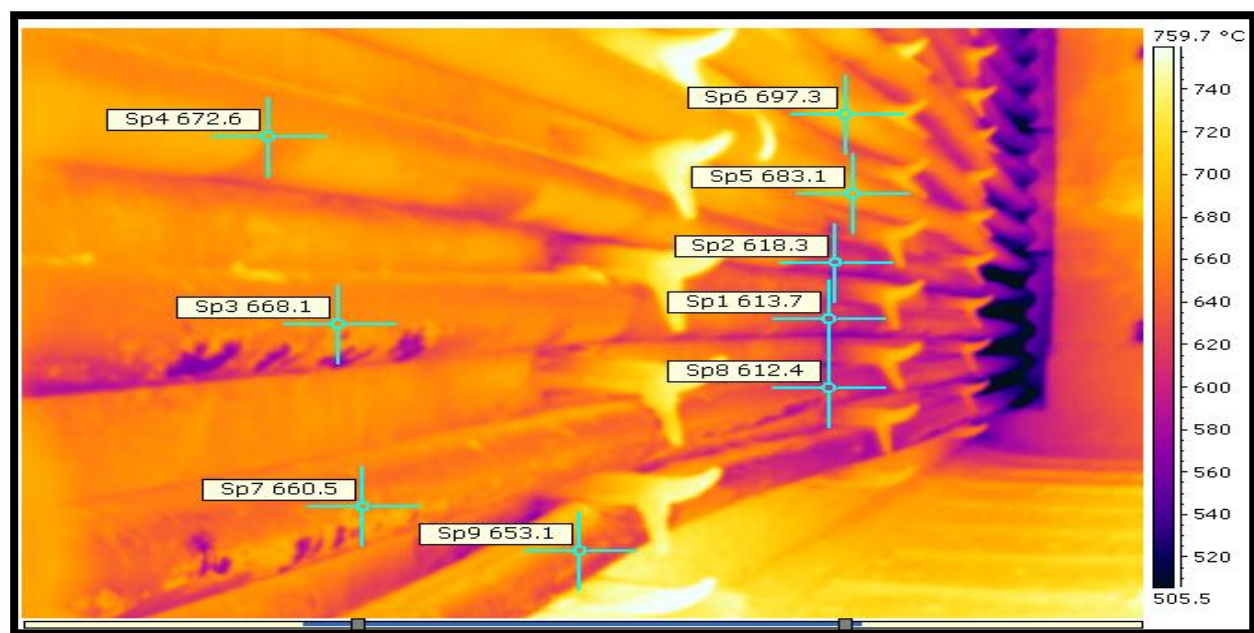
En la tabla 7. Se muestra un promedio de medidas de temperatura de gases, porcentaje de oxígeno y porcentaje de dióxido de carbono medidos en el horno pre-calentador C_H2 en la Refinería Estatal de Esmeraldas. También se muestra la eficiencia con la cual trabaja el horno registrado en la refinería.

Tabla 7. Resultado de mediciones de gases de combustión en horno C_H2.

LOCALIZACION	ORIGEN DE LA DESCARGA	FECHA DE MEDICION	HORA	RESULTADOS promedio ppm		Prom O2 (%)	Prom. CO2 (%)	Prom. Tem. C	Prom Efic. (%)
				CO	SO2				
NO CATALITICAS 2	HORNO C_H2	Feb-Jun-2014	8:08:09	25.3	544.25	7.96	10.1	585.03	66.03
			8:17:33	2.33	481.75	8	10.07	586.23	65.77

En la figura 8. Se muestra una imagen tomada del interior del horno C_H2 registrando la temperatura a la cual se encuentran los tubos por donde pasa el crudo hacia la torre de destilación C_V13. En el cual se tomo 9 puntos aleatorios para el registro de temperatura.

Figura 8. Temperatura de tubos en el horno C_H2 de la refin  ria estatal de Esmeraldas en este estudio.



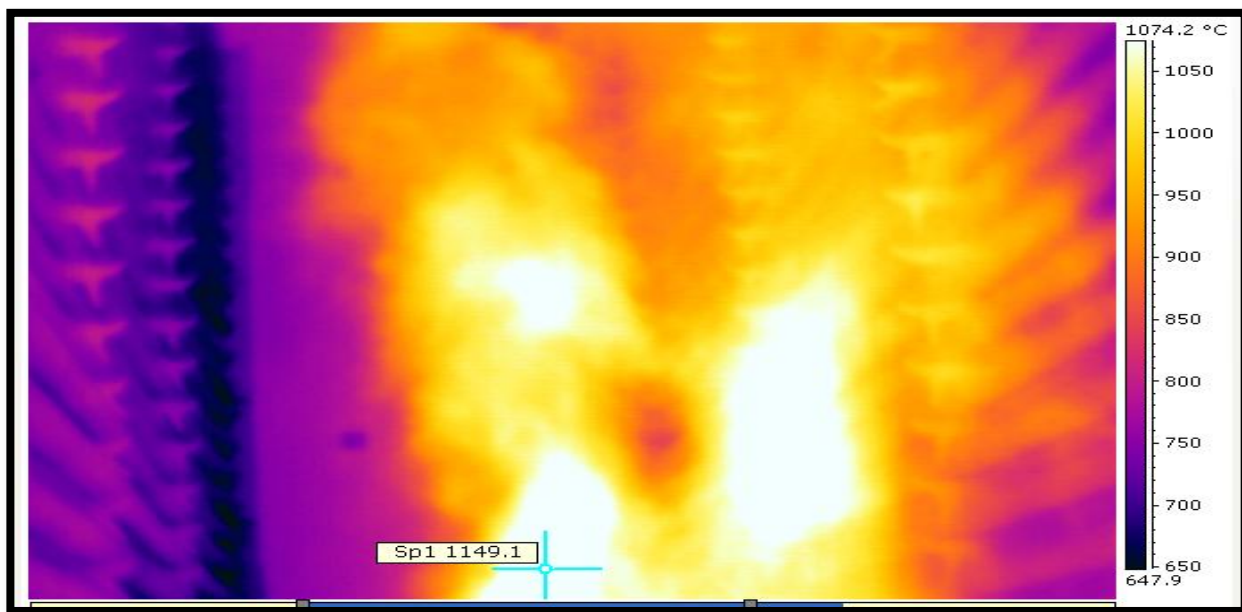
En la figura 12. Se muestra una imagen en la cual se tomo 5 puntos aleatorios de la pared interna del horno.

Figura 9. Temperatura de paredes del horno C_H2 de la refin  ria estatal de Esmeraldas en este estudio.



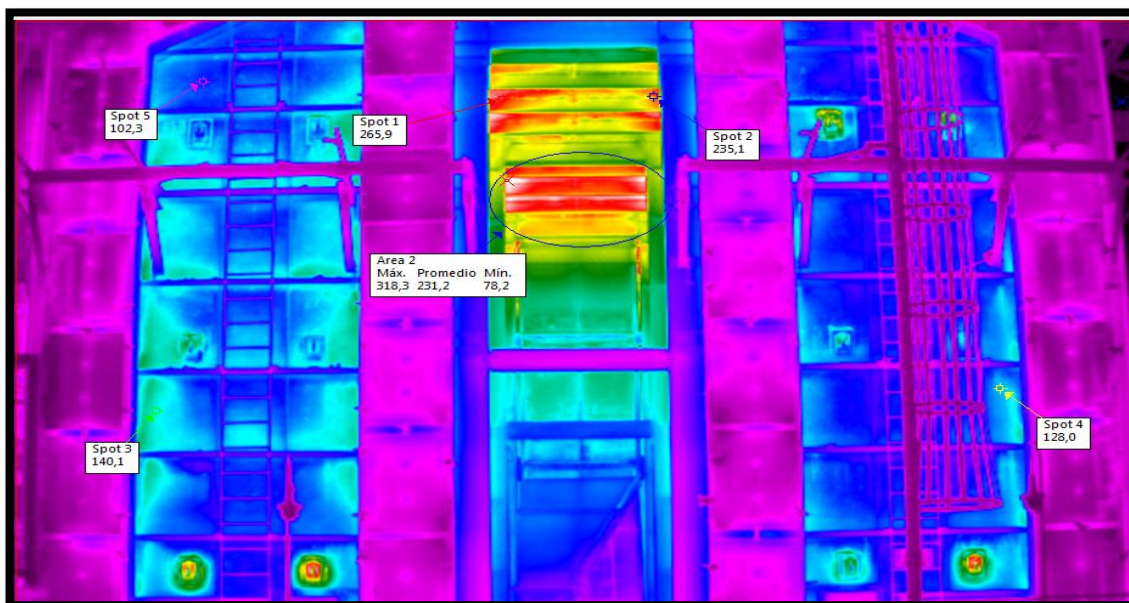
En la figura 10. Se muestra una imagen del interior del horno C_H2 en el cual se registra el punto más caliente de la llama.

Figura 10. Temperatura de llama del horno C_H2 de la refinería estatal de Esmeraldas en este estudio.



En la figura 11. Se muestra una imagen térmica tomada de la pared externa del lado este del horno C_H2 en el cual se tomo tres puntos aleatorios para el ingreso de datos el software PHAST.

Figura 11. Temperatura de pared externa lado Este del horno C_H2 de la Refinería Estatal de Esmeraldas.



En la figura 12 y 13 se muestra una imagen de los lados norte y sur del horno C_H2, en el cual se tomo varios puntos aleatoriamente y se registro la temperatura, de los cuales se tomo puntos dos puntos que registraban mayor temperatura, y de esta forma sacar una temperatura media la cual se ingresó al software PHAST para ser analizados y de esta manera trabajar con una temperatura promedio de las paredes externas.

Figura 12. Temperatura de pared externa lado Norte del horno C_H2 de la Refinería Estatal de Esmeraldas.

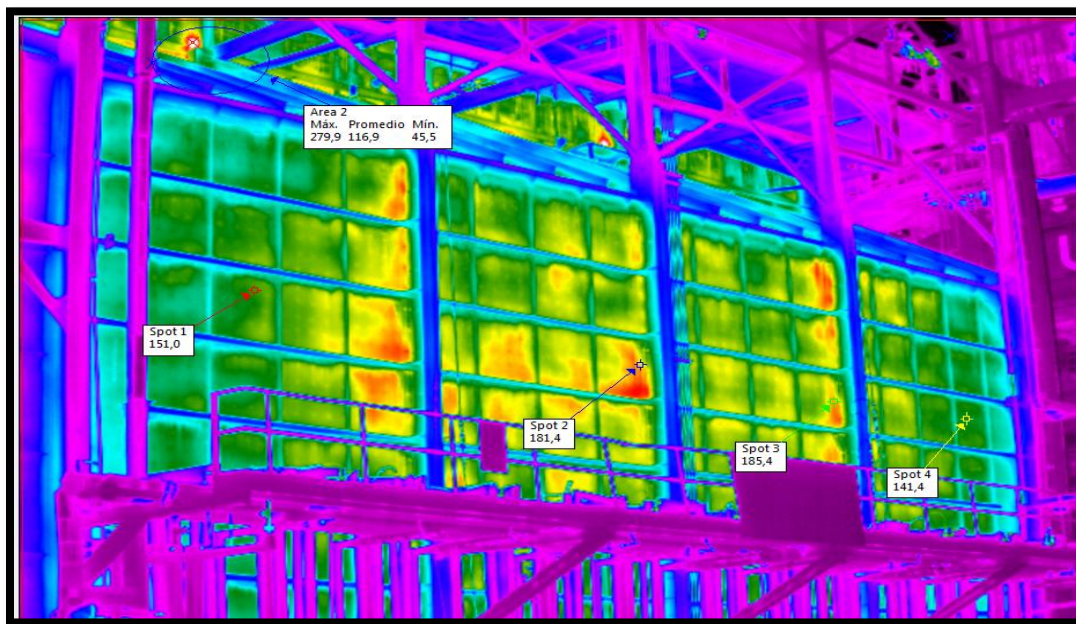


Figura 13. Temperatura de pared externa lado Sur del horno C_H2 de la Refinería Estatal de Esmeraldas.

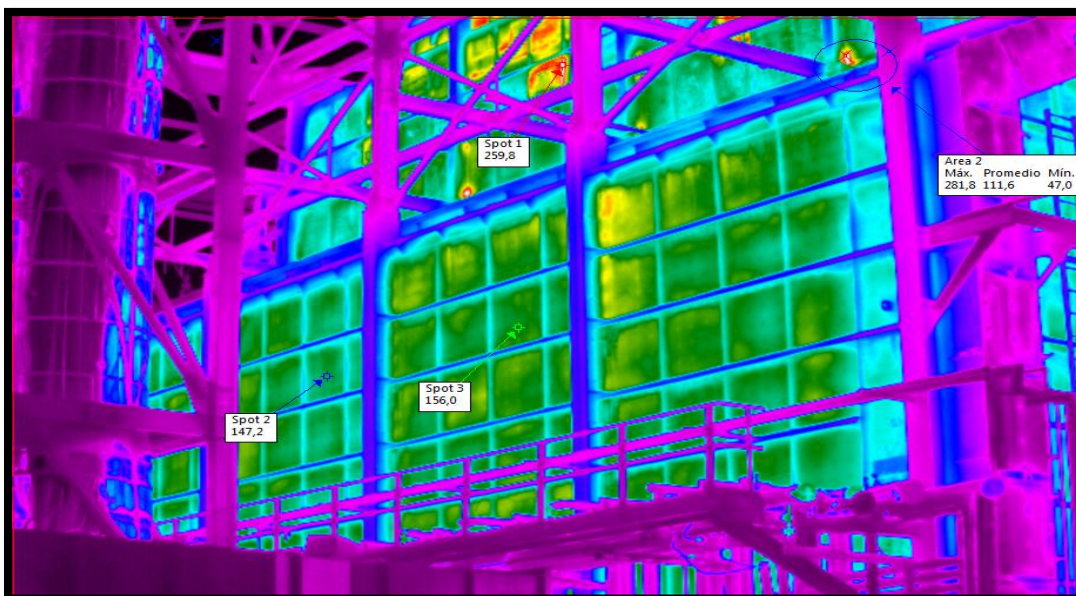


Figura 14. Temperatura de pared externa lado Oeste del horno C_H2 de la Refinería Estatal de Esmeraldas.

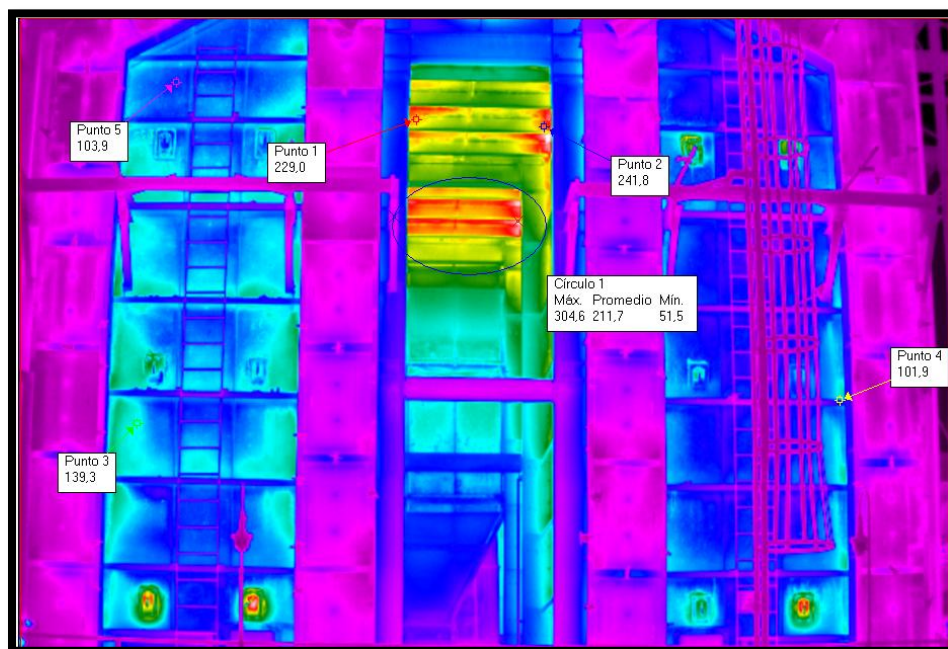


Tabla 8. Información general de la Refinería Estatal de Esmeraldas, el tipo de combustible utilizado y su costo en el proceso de destilación atmosférica.

		LEVANTAMIENTO DE DATOS		
		INFORMACION GENERAL DE LA PLANTA		
NOMBRE DE LA COMPANIA		EP PETROECUADOR		
NOMBRE DE LA PLANTA		REFINERIA ESTATAL DE ESMERALDAS		
DESCRIPCION		REFINERIA		
PRODUCTOS FINALES		COMBUSTIBLES		
NOMBRE DE CONTACTO		PEÑA MONCAYO JESSICA DOLORES		
TELEFONO		3239-026		
INFORMACION DE COMBUSTIBLE				
ENERGIA	UNIDADES	VALOR	UNIDADES	COSTO (\$)
ELECTTICIDAD	KJ/KWh	3,600	KWh	0.08
FUEL GAS	KJ/Kg	51,225	TM	20.00
FUEL OIL	KJ/L	43,248	GJ	4,59
VAPOR	KJ/Kg	2,790	GJ	10.00

Tabla 9. Información general del horno C_H2.

Compañía	EP PETROECUADOR				
Planta	REFINERIA ESTATAL DE ESMERALDAS				
Nombre del horno	C_H2				
Descripcion del horno	INFORMACION DE OPERACION				
Horno pre-calentador	Semanas/Año	Dias/Semanas	Turnos/Dia	Horas/Turno	Horas/Año
	52	7	3	8	8,736
	INFORMACION DE EQUIPOS AUXILIARES				
	Total Nos.	Potencia conectada al equipo (HP)	% tiempo de ciclo	% Carga	
Compresor	0	0		0	0
Bombas	0	0		0	0
ventiladores	0	0		0	0
Sopladores	0	0		0	0
Otros motores	0	0		0	0
INFORMACION DE ZONA DE CALOR					
Nombre de Zona	C_H2				
COMBUSTIBLE					
Tipo de combustible	Fuel Oil			No. de Quemadores	24
Flujo de combustible total (GJ/hr)	35.12	% Capacidad de Uso	80	% Factor de Carga	100
ELECTRICIDAD					
Tipo de electricidad					
kW por seccion	0.00	% Capacidad Utilizada	0	% Factor de Carga	0
VAPOR					
Tipo de vapor					
Presion absoluta de vapor (MPa)	0.00	Temperatura de vapor (Celsius)	0	Flujo de vapor (kg/hr)	0
Calor total de vapor (kJ/kg)	0	% capacidad utilizada	0	% Factor de Carga	0

Tabla 10. Datos ingresados para calculo de de balance energético en horno C_H2.

Nombre del Equipo	C_H2				
Tipo de horno (Rectangular o Esferico)	Rectangular		Dimensiones		
Temperatura interna- Celsius	960.00		Ancho - m		10.02
Temperatura ambiente - Celsius	25.00		Largo - m		18.83
			Alto - m		18.20
	Condicion Actual	Condicion con Modificaciones		Condicion Actual	Condicion con Modificaciones
Carga de Material	Liquido	Liquido	Otras Perdidas en Horno		
Tipo de Material	Crudo	Crudo	Area Aprox. (m^2)	0	0
Flujo de Carga (kg/hr)	246,381	246,381	Temp. Promedio (Celsius)	0	0
Vapor en Gas (%)	0.00	0.00	Temp. Ambiente (Celsius)	0	0
Agua en Descargas (%)	0.00	0.00	Perdidas Adicionales (kJ/hr)	0	0
Temp. Inicial (Celsius)	212	212	Perdidas a la Atmosfera		
Water Discharge Temp. (Celsius)	105	0	Tipo de Gases	Aire	Aire
Temp. Descarga. (Celsius)	344	344	Temp. Inicial (Celsius)	0	0
% de Carga Vaporizado	0.00	0.00	Temp. Final (Celsius)	0	0
Calor de Reaccion (kJ/kg)	0	0	Flujo (Nm^3/hr)	0	0
Reaccion (%)	0.00	0.00	Factor de Correccion	1	1
Calor Adicional (kJ/hr)	0	0	Perdidas por Paredes		
Tipo de Reaccion	-	-	Area de Superficie (m^2)	1,308	1,308
Perdidad por Enfriamiento con Agua			Temp. Promedio de Superficie (Celsius)	40	40
Flujo de Agua (l/min)	0	0	Temp. Ambiente (Celsius)	24	24
Temp. Inicial (Celsius)	0	0	Factor de Correccion	1	1
Temp. Salida (Celsius)	0	0			
Factor de Correccion	1	1	Perdidas por Platos		
Perdidad por Gases de combustion	Combustible-Aire(O2)	Combustible-Aire(O2)	Tipo de material	-	-
Temp. Gases (Celsius)	585	220	Peso de PLatos (kg/hr)	0	0
Oxigeno en Gases (%)	7.96	5.50	Temp. Inicial (Celsius)	0	0
Temp. de Aire de Combustion (Celsius)	43	43	Temp. Final (Celsius)	0	0
Calor Disponible (%)	59.12	83.37	Factor de Correccion	1	1

Perdidas por Aperturas	Rectangular	Rectangular	Perdidas por Compuertas (Variable)	Rectangular	Rectangular
Espesor de Pared (mm)	0	0	Espesor de Pared (mm)	0	0
Largo de Apertura (mm)	0	0	Largo de Apertura (mm)	0	0
Diametro de Apertura (mm)	0	0	Diametro de Apertura(mm)	0	0
Factor de Correccion	0.000	0.000	Factor de Correccion	0.000	0.000
Area de Apertura Total (m^2)	0	0	Area de Apertura Total (m^2)	0	0
Temp. Interna (Celsius)	0	0	Temp. Interna (Celsius)	0	0
Temp. Ambiente (Celsius)	0	0	Temp. Ambiente (Celsius)	0	0

Tabla 11. Datos ingresados de capas térmicas.

Condiciones Actuales			Condiciones con Modificaciones		
Parte Superior			Parte Inferior		
Apertura	No	No	Apertura	No	No
Area (m^2)	0.00	0.00	Area (m^2)	0.00	0.
No. Capas	1	1	No. Capas	2	
Capa 1	High density castable (150-1425C)	High density castable (150-1425C)	Capa 1	High density castable (150-1425C)	High density castable (150-1425C)
Espesor (cm)	12.70	12.70	Espesor (cm)	15.24	15.
Capa 2	Nada	Nada	Capa 2	Hi temp insulating firebrick (150-1540C)	Hi temp insulating firebrick (150-1540C)
Espesor (cm)	0.00	0.00	Espesor (cm)	15.24	15.
Capa 3	Nada	Nada	Capa 3	Nada	Nada
Espesor (cm)	0.00	0.00	Espesor (cm)	0.00	0.
Capa 4	Nada	Nada	Capa 4	Nada	Nada
Espesor (cm)	0.00	0.00	Espesor (cm)	0.00	0.
Lados			Lado Norte-Sur		
Apertura	No	No	Apertura	No	No
Area (m^2)	0.00	0.00	Area (m^2)	0.00	0.
No. Capas	1	1	No. Capas	1	
Capa 1	High density castable (150-1425C)	High density castable (150-1425C)	Capa 1	High density castable (150-1425C)	High density castable (150-1425C)
Espesor (cm)	12.70	12.70	Espesor (cm)	12.70	12.
Capa 2	Nada	Nada	Capa 2	Nada	Nada
Espesor (cm)	0.00	0.00	Espesor (cm)	0.00	0.
Capa 3	Nada	Nada	Capa 3	Nada	Nada
Espesor (cm)	0.00	0.00	Espesor (cm)	0.00	0.
Capa 4	Nada	Nada	Capa 4	Nada	Nada
Espesor (cm)	0.00	0.00	Espesor (cm)	0.00	0.

Tabla 12. Datos ingresados a torre de destilación C_V13.

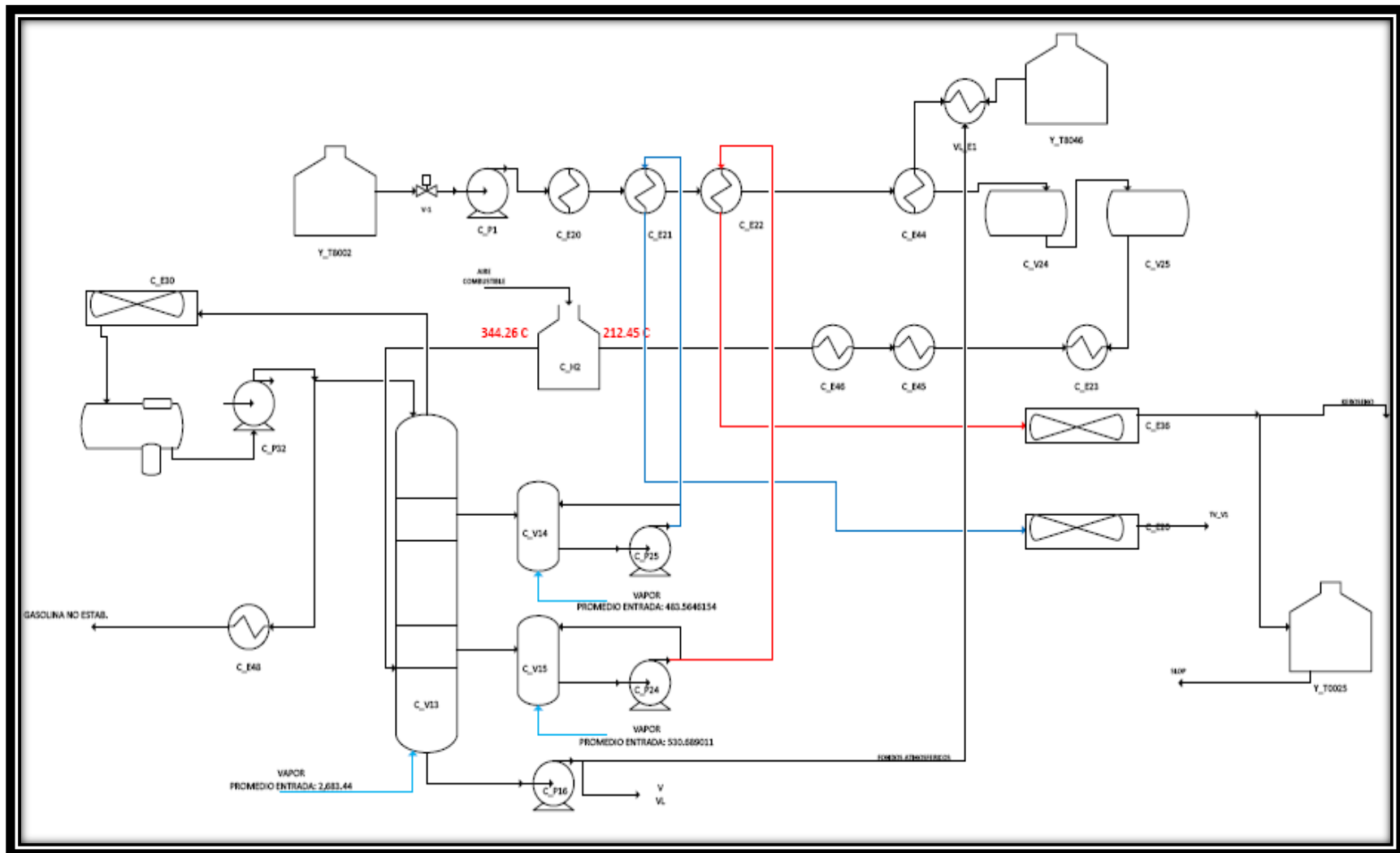
Compañía	EP PETROECUADOR				
Planta	REFINERIA ESTATAL DE ESMERALDAS				
Nombre del horno	C_V13				
Descripcion del horno	INFORMACION DE OPERACION				
Horno pre-calentador	Semanas/Año	Dias/Semanas	Turnos/Dia	Horas/Turno	Horas/Año
	52	7	3	8	8,736
	INFORMACION DE EQUIPOS AUXILIARES				
	Total Nos.	Potencia conectada al equipo (HP)	% tiempo de ciclo	% Carga	
Compresor	0	0	0	0	
Bombas	0	0	0	0	
ventiladores	0	0	0	0	
Sopladores	0	0	0	0	
Otros motores	0	0	0	0	
INFORMACION DE ZONA DE CALOR					
Nombre de Zona	C_H2				
COMBUSTIBLE					
Tipo de combustible	-			No. de Quemadores	0
Flujo de combustible total (GJ/hr)	0.00	% Capacidad de Uso	0	% Factor de Carga	0
ELECTRICIDAD					
Tipo de electricidad					
kW por seccion	0.00	% Capacidad Utilizada	0	% Factor de Carga	0
VAPOR					
Tipo de vapor	Vapor				
Presion absoluta de vapor (MPa)	1.03	Temperatura de vapor (Celsius)	200	Flujo de vapor (kg/hr)	2,683
Calor total de vapor (kJ/kg)	2,661	% capacidad utilizada	80	% Factor de Carga	100

Tabla 13. Datos ingresados para calculo de de balance energético en horno C_V13.

Nombre del Equipo		C_V13			
Tipo de horno (Rectangular o Esferico)	Cilindrico	Dimensiones			
Temperatura interna- Celsius	344.00	Diametro - m			4.42
Temperatura ambiente - Celsius	25.00	Altura - m			45.11
18.20					
		Condicion Actual	Condicion con Modificacio nes	Condicion Actual	Condicion con Modificacio nes
Carga de Material	Liquido	Liquido	Otras Perdidas en Horno		
Tipo de Material	Crudo	Crudo	Area Aprox. (m^2)	0	0
Flujo de Carga (kg/hr)	252,945	246,381	Temp. Promedio (Celsius)	0	0
Vapor en Gas (%)	100.00	0.00	Temp. Ambiente (Celsius)	0	0
Agua en Descargas (%)	0.00	0.00	Perdidas Adicionales (kJ/hr)	0	0
Temp. Inicial (Celsius)	344	212	Perdidas a la Atmosfera		
Water Discharge Temp. (Celsius)	0	0	Tipo de Gases	Aire	Aire
Temp. Descarga. (Celsius)	345	344	Temp. Inicial (Celsius)	0	0
% de Carga Vaporizado	12.70	0.00	Temp. Final (Celsius)	0	0
Calor de Reaccion (kJ/kg)	0	0	Flujo (Nm^3/hr)	0	0
Reaccion (%)	0.00	0.00	Factor de Correccion	1	1
Calor Adicional (kJ/hr)	0	0	Perdidas por Paredes		
Tipo de Reaccion	-	-	Area de Superficie (m^2)	1,375	1,375
Perdidad por Enfriamiento con Agua			Temp. Promedio de Superficie (Celsius)	120	120
Flujo de Agua (l/min)	0	0	Temp. Ambiente (Celsius)	25	25
Temp. Inicial (Celsius)	0	0	Factor de Correccion	1	1
Temp. Salida (Celsius)	0	0			
Factor de Correccion	1	1	Perdidas por Platos		
Perdidad por Gases de combustion	Vapor	Vapor	Tipo de material	-	-
Temp. Gases (Celsius)	200	200	Peso de PLatos (kg/hr)	0	0
Oxigeno en Gases (%)	0.00	0.00	Temp. Inicial (Celsius)	0	0
Temp. de Aire de Combustion (Celsius)	0	0	Temp. Final (Celsius)	0	0
Calor Disponible (%)	70.00	70.00	Factor de Correccion	1	1

Perdidas por Aperturas	Redondo	Redondo	Perdidas por Compuertas (Variable)	Redondo	Redondo
Espesor de Pared (mm)	0	0	Espesor de Pared (mm)	0	0
Largo de Apertura (mm)	0	0	Largo de Apertura (mm)	0	0
Diametro de Apertura (mm)	0	0	Diametro de Apertura(mm)	0	0
Factor de Correccion	0.000	0.000	Factor de Correccion	0.000	0.000
Area de Apertura Total (m^2)	0	0	Area de Apertura Total (m^2)	0	0
Temp. Interna (Celsius)	0	0	Temp. Interna (Celsius)	0	0
Temp. Ambiente (Celsius)	0	0	Temp. Ambiente (Celsius)	0	0

Figura 15. Esquema general de proceso de crudo dos de la refinería Estatal de Esmeraldas.

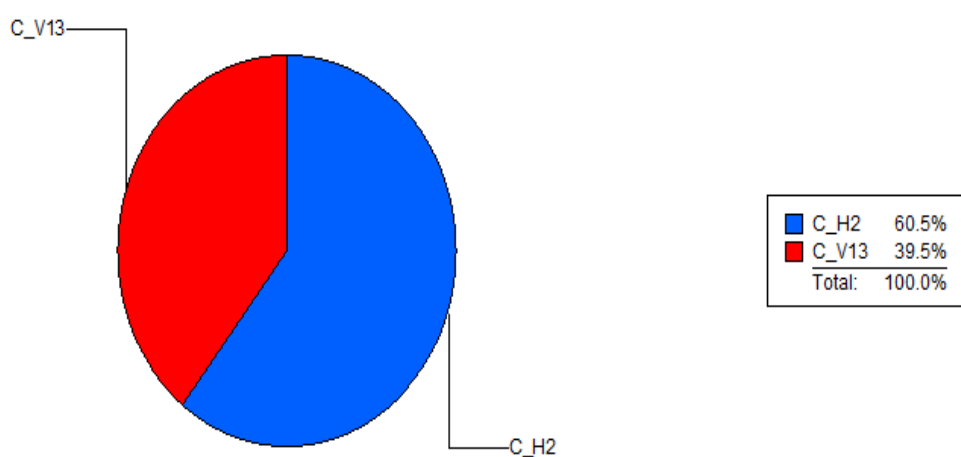


3.2.1. ANALISIS DEL PROCESO DE DESTILACION ATMOSFERICA

3.2.2. DISTIBUCION DE COSTO DE ENERGÍA

La figura 16. Indica la distribución de los costos de energía entrante al sistema de crudo dos sea vapor o combustible al horno pre-calentador y a la torre de destilación.

Figura 16. Distribución de porcentaje de costo consumido por equipo.



La Figura 17. Muestra un diagrama de Sankey en el cual se puede ver un balance energético del horno C_H2 de su funcionamiento actual que se muestra de color azul y como seria su balance energético una vez aplicada las modificaciones.

Figura 17. Diagrama de SANKEY de horno C_H2 de la refinería Estatal de Esmeraldas utilizando el software PHAST.

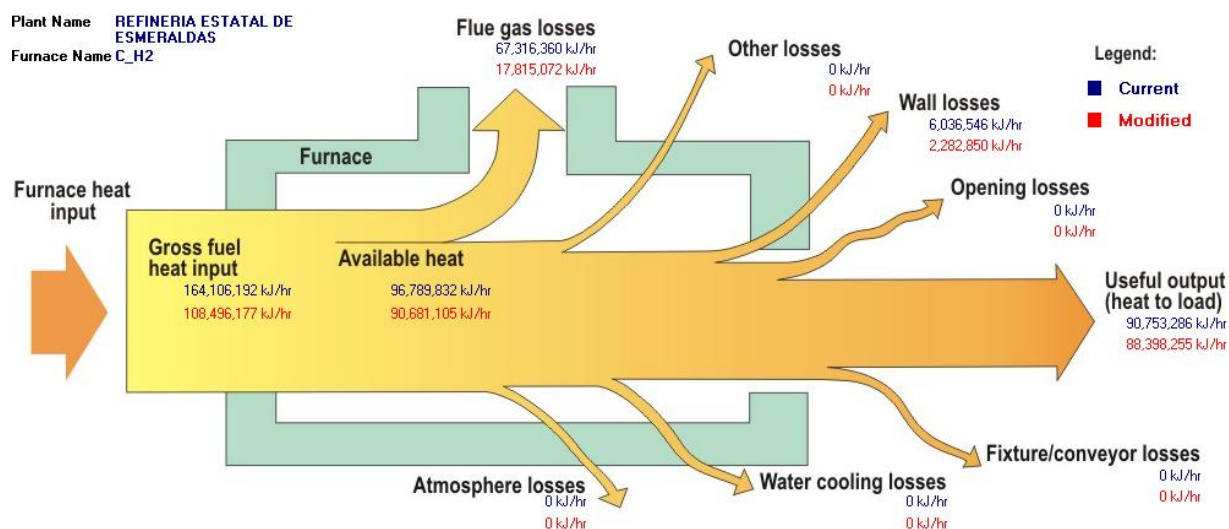


Figura 18. Grafico de distribución de consumo bruto de calor en el horno C_H2 de la Refinería Estatal de Esmeraldas en condiciones actuales de operación.

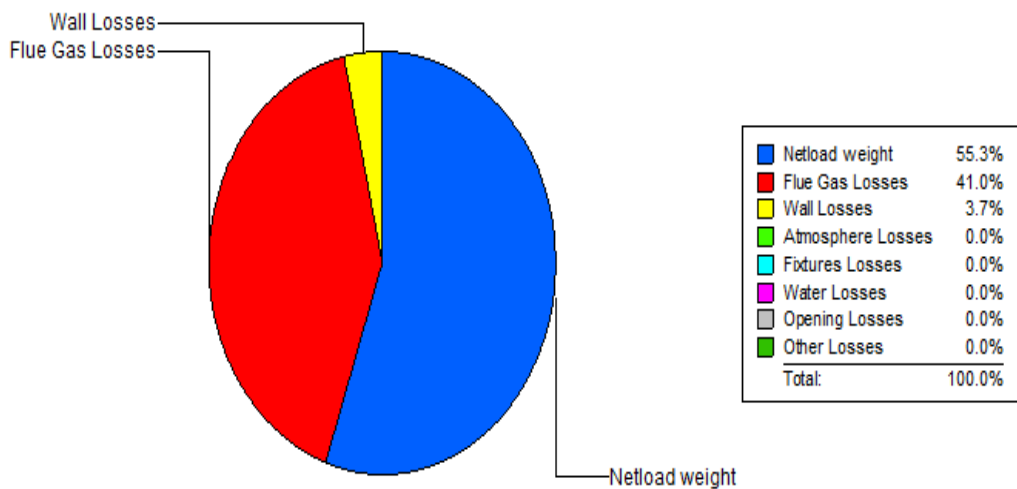


Tabla 14. Tabla de eficiencia y distribución de consumo bruto de calor en el horno C_H2 de la Refinería Estatal de Esmeraldas en condiciones actuales de operación.

Almacenamiento de calor (KJ): 17,224,919	Eficiencia térmica (%): 55.30
Área de consumo energético	KJ/h
Flujo de carga	90,753,286
Gases de combustión	67,316,360
Pérdidas por paredes	6,036,546
Pérdidas de arreglos	0
Pérdidas de enfriamiento	0
Pérdidas por aperturas	0
Otras perdidas	0
TOTAL	164,106,192

Figura 19. Grafico de distribución de consumo bruto de calor en el horno C_H2 de la Refinería Estatal de Esmeraldas con la modificación de reducción de exceso de aire.

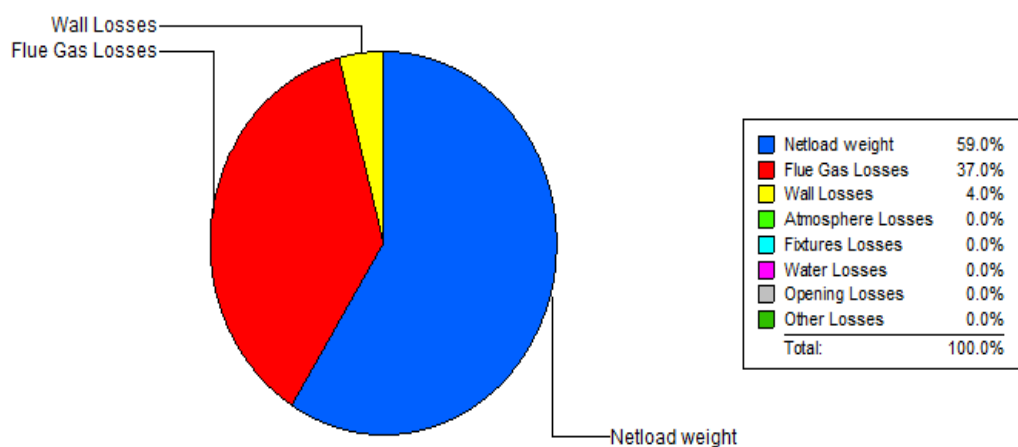
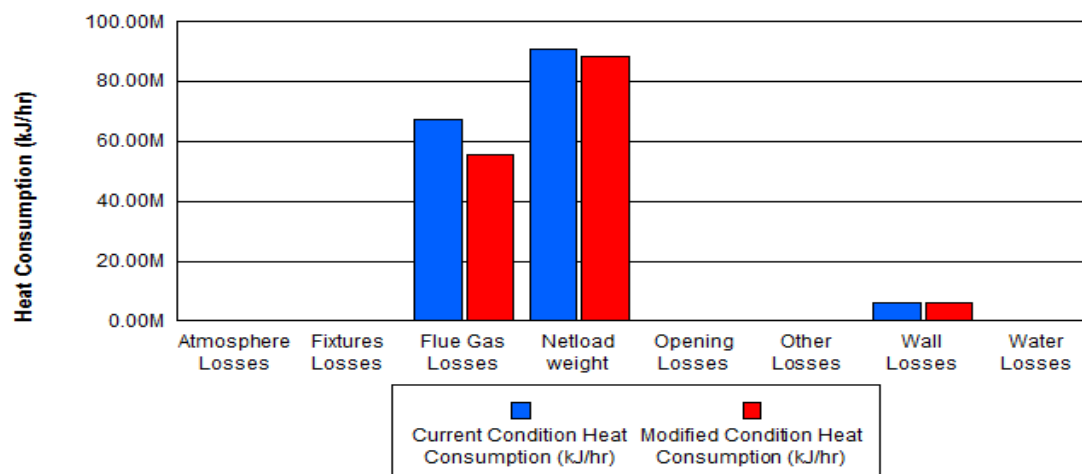


Tabla 15. Tabla de distribución de consumo bruto de calor en el horno C_H2 de la Refinería Estatal de Esmeraldas con la modificación de reducción de exceso de aire.

Almacenamiento de calor (KJ): 16,115,573	Eficiencia térmica (%): 59.01
Área de consumo energético	KJ/h
Flujo de carga	88,398,255
Gases de combustión	53,366,597
Pérdidas por paredes	6,036,546
Pérdidas de arreglos	0
Pérdidas de enfriamiento	0
Pérdidas por aperturas	0
Otras perdidas	0
TOTAL	143,846,931

Figura 20. Grafico comparativo de condiciones actuales de consumo energético vs modificación de exceso de aire disminuido.



En la tabla 16. Se muestra la mejora de aprovechamiento energético por el horno C_H2 al disminuir el exceso de aire del 54.63% a un mínimo de 31.76%, el cual a su vez se disminuye la cantidad de oxígeno en los gases de combustión a 5.5%.

Tabla 16. Tabla de distribución de consumo bruto de calor en el horno C_H2 de la Refinería Estatal de Esmeraldas con la modificación de reducción de exceso de aire.

Almacenamiento (KJ): 10159257	Eficiencia térmica (%): 55.30	Eficiencia térmica (%):61.47
Área de consumo energético	KJ/h	KJ/h
Flujo de carga	90,753,286	88,398,255
Gases de combustión	67,316,360	55,366,597
Pérdidas por paredes	6,036,546	6,036,546
Pérdidas de arreglos	0	0
Pérdidas de enfriamiento	0	0
Pérdidas por aperturas	0	0
Otras perdidas	0	0
TOTAL	164,106,192	149,801,398

En la Figura 21 se muestra un grafico de SANKEY donde nos muestra el balance energético del horno C_H2 en el cual se reduciría la temperatura de salida de los gases de combustión hasta un mínimo de 220 C°.

Cuando la temperatura de los gases de combustión disminuye, se puede observar que la energía que requiere el proceso, disminuye a 110,721,740 KJ/h debido a que la energía está siendo mejor aprovechada, y a su vez mejorando la eficiencia del equipo.

Figura 21. Grafico de SANKEY del horno C_H2 de la Refinería Estatal de Esmeraldas con disminución de temperatura de gases de combustión a 220C°.

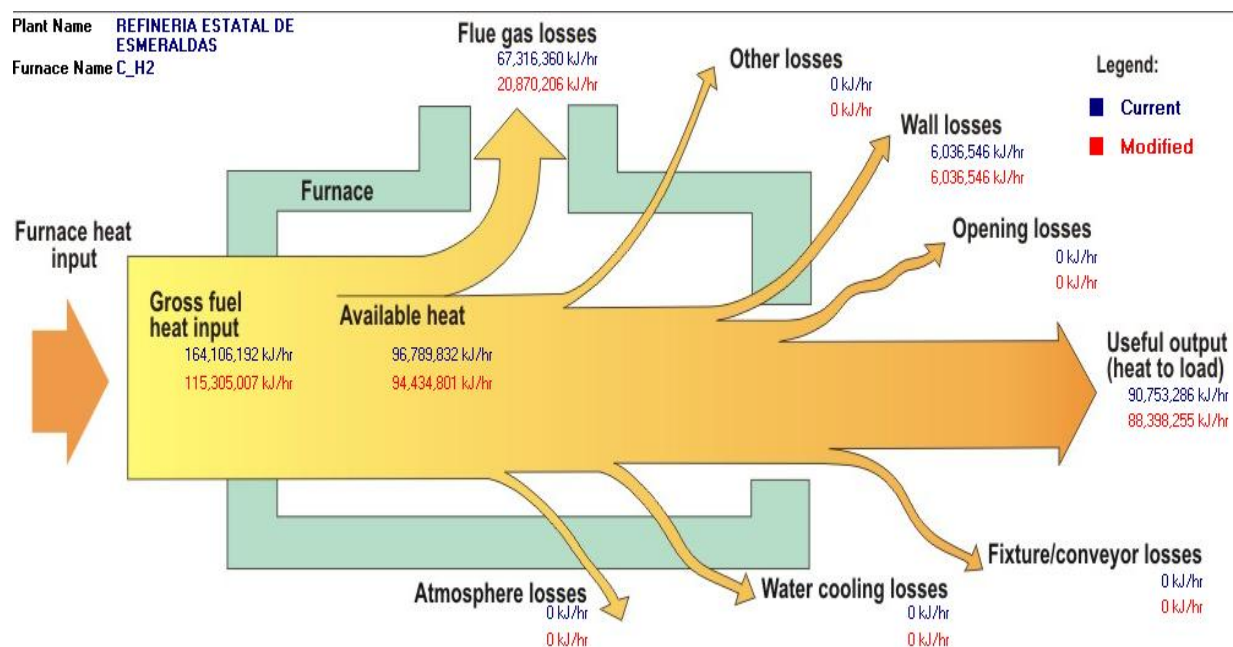


Figura 22. Grafico de distribución de consumo bruto de calor en el horno C_H2 de la Refinería Estatal de Esmeraldas con la modificación de reducción de temperatura de gases de combustión a 220C°.

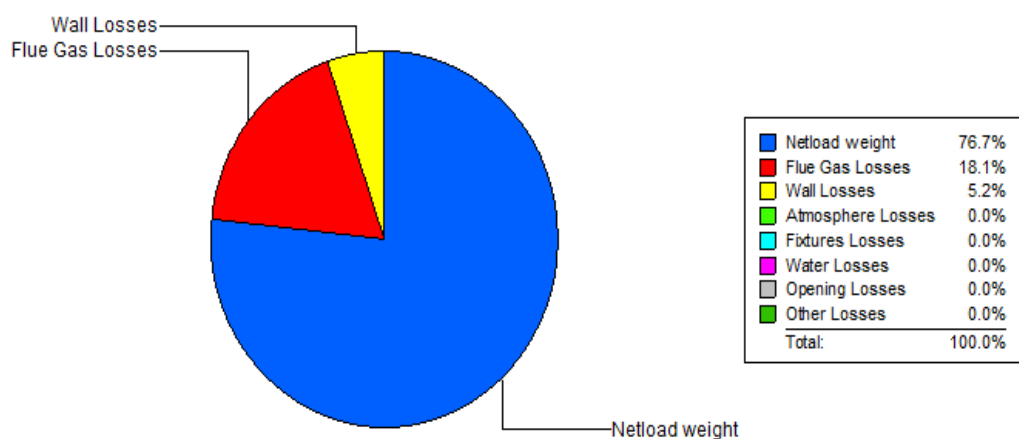
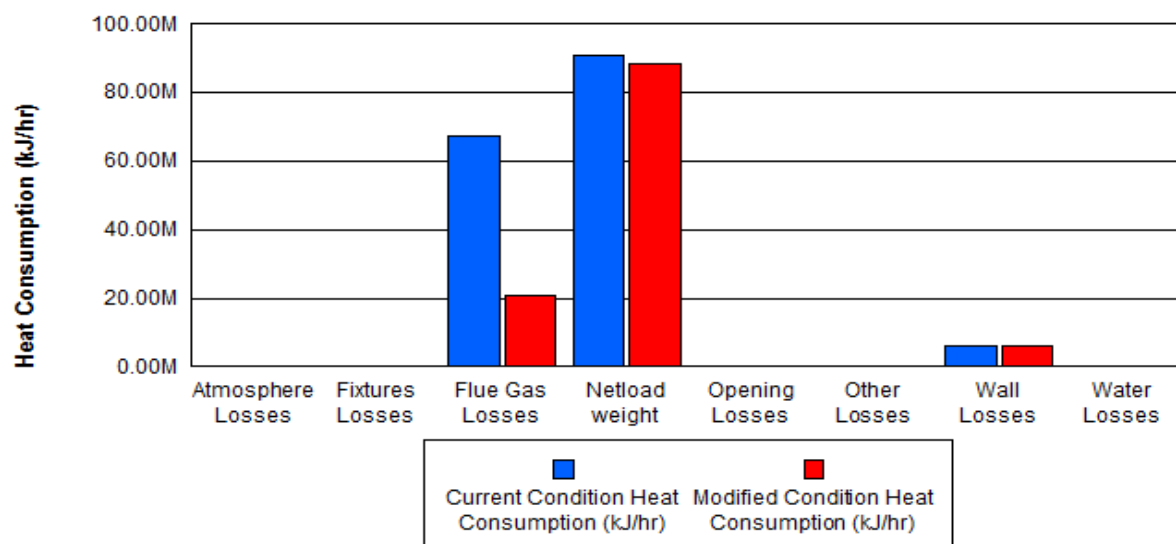


Tabla 17. Tabla de distribución de consumo bruto de calor en el horno C_H2 de la Refinería Estatal de Esmeraldas con la modificación de reducción de temperatura de gases de combustión a 220C°.

Almacenamiento de calor (KJ): 12,404,465	Eficiencia térmica (%): 76.66
Área de consumo energético	KJ/h
Flujo de carga	88,398,255
Gases de combustión	20,870,206
Pérdidas por paredes	6,036,546
Pérdidas de arreglos	0
Pérdidas de enfriamiento	0
Pérdidas por aperturas	0
Otras perdidas	0
TOTAL	115,305,007

Figura 23. Grafico comparativo de condiciones actuales de consumo energético vs modificación de disminución de la temperatura de salida de los gases de combustión.



En la tabla 18. Se puede observar cómo se puede aprovechar de mejor manera la energía disminuyendo la temperatura de los gases de combustión así aumentando la eficiencia del horno y disminuyendo el consumo de energía entrante al sistema.

Tabla 18. Tabla de distribución de consumo bruto de calor en el horno C_H2 de la Refinería Estatal de Esmeraldas con la modificación de reducción de temperatura de salida de gases a 220C°.

	Eficiencia térmica (%): 55.30	Eficiencia térmica (%): 76.66
Área de consumo energético	KJ/hr	KJ/hr
Flujo de carga	90,753,286	88,398,255
Gases de combustión	67,316,360	20,870,206
Pérdidas por paredes	6,036,546	6,036,546
Pérdidas de arreglos	0	0
Pérdidas de enfriamiento	0	0
Pérdidas por aperturas	0	0
Otras perdidas	0	0
TOTAL	164,106,192	115,305,007

Figura 24. Grafico de SANKEY del horno C_H2 de la Refinería Estatal de Esmeraldas combinando una reducción de exceso de aire y disminución de temperatura de gases de combustión.

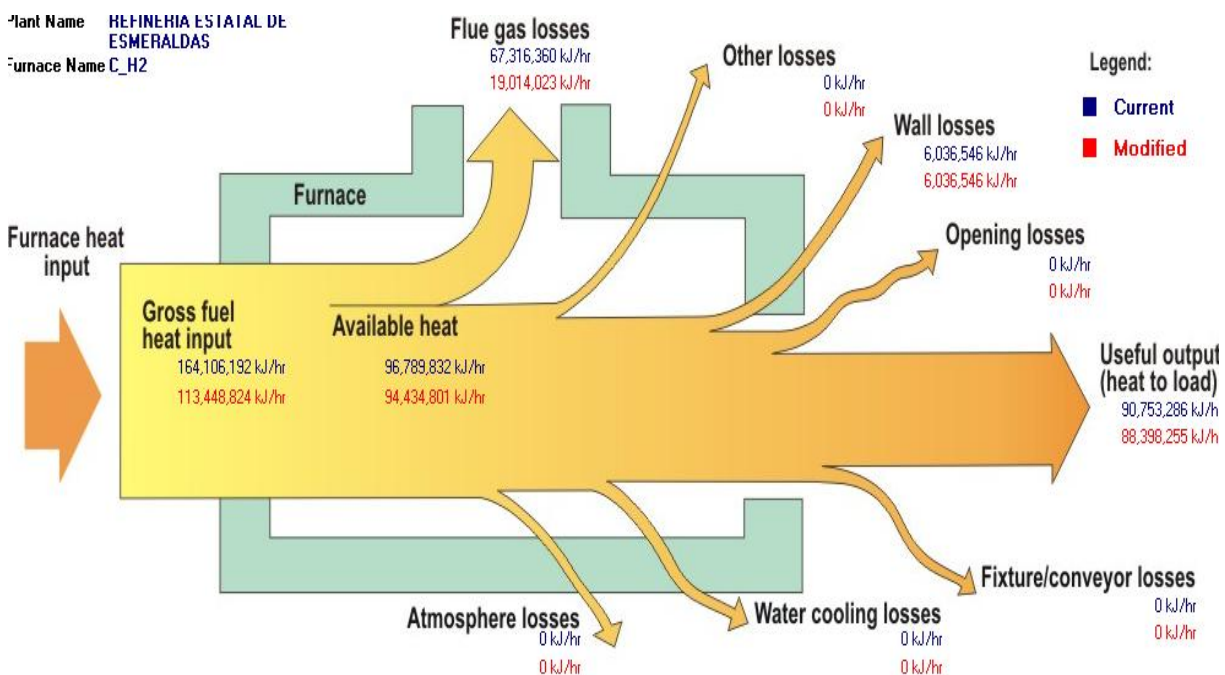


Figura 25. Grafico de distribución de consumo bruto de calor en el horno C_H2 de la Refinería Estatal de Esmeraldas combinando una reducción de exceso de aire y disminución de temperatura de gases de combustión.

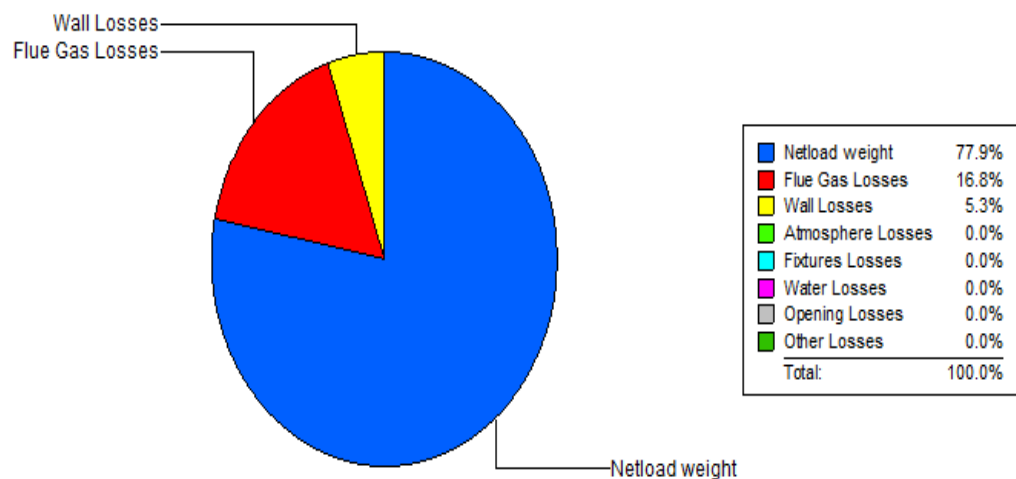


Tabla 19. Tabla de distribución de consumo bruto de calor en el horno C_H2 de la Refinería Estatal de Esmeraldas combinando una reducción de exceso de aire y disminución de temperatura de gases de combustión.

Almacenamiento de calor (KJ): 12,204,778	Eficiencia térmica (%): 77.92
Área de consumo energético	KJ/h
Flujo de carga	88,398,255
Gases de combustión	18,258,233
Pérdidas por paredes	6,036,546
Pérdidas de arreglos	0
Pérdidas de enfriamiento	0
Pérdidas por aperturas	0
Otras perdidas	0
TOTAL	113,448,824

Figura 26. Grafico comparativo de consumo de energía del horno C_H2 actual vs. Operación combinando una reducción de exceso de aire y disminución de temperatura de gases de combustión.

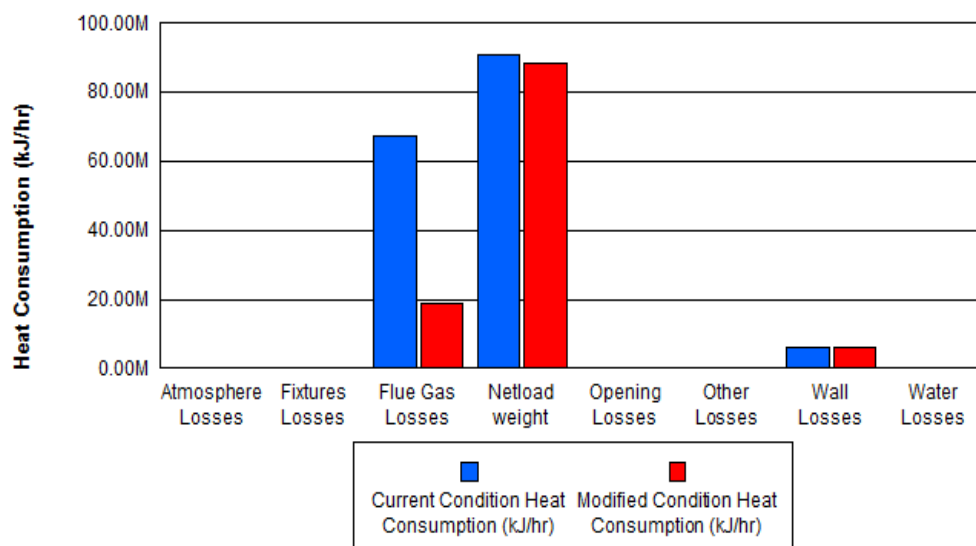


Tabla 20. Tabla de distribución de consumo bruto de calor en el horno C_H2 de la Refinería Estatal de Esmeraldas con la combinando de una reducción de exceso de aire y disminución de temperatura de gases de combustión.

	Eficiencia térmica (%): 58.49	Eficiencia térmica (%): 77.92
Área de consumo energético	KJ/h	KJ/h
Flujo de carga	88,398,255	88,398,255
Gases de combustión	61,782,915	18,258,233
Pérdidas por paredes	6,036,546	6,036,546
Pérdidas de arreglos	0	0
Pérdidas de enfriamiento	0	0
Pérdidas por aperturas	0	0
Otras perdidas	0	0
TOTAL	164,106,192	113,448,824

Figura 27. Grafico de SANKEY del horno C_H2 de la Refinería Estatal de Esmeraldas combinando una reducción de exceso de aire, disminución de temperatura de gases de combustión y elevando la temperatura de aire de combustión a condiciones de diseño.

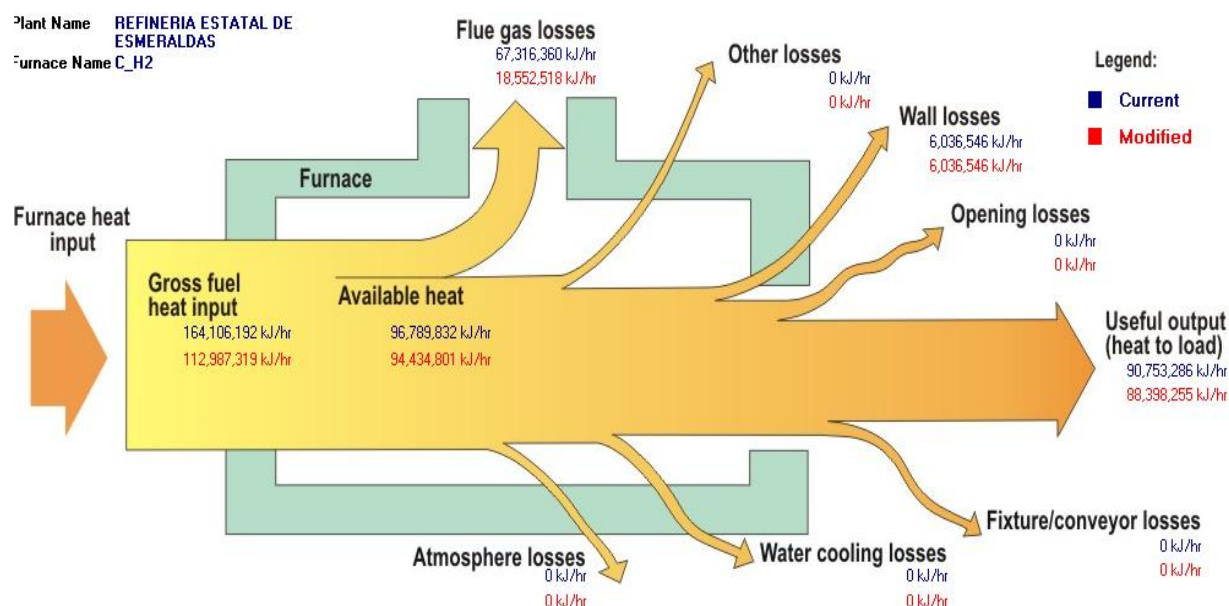


Figura 28. Grafico de distribución de consumo neto de calor en el horno C_H2 de la Refinería Estatal de Esmeraldas combinando una reducción de exceso de aire, disminución de temperatura de gases de combustión y elevando la temperatura de aire de combustión a condiciones de diseño.

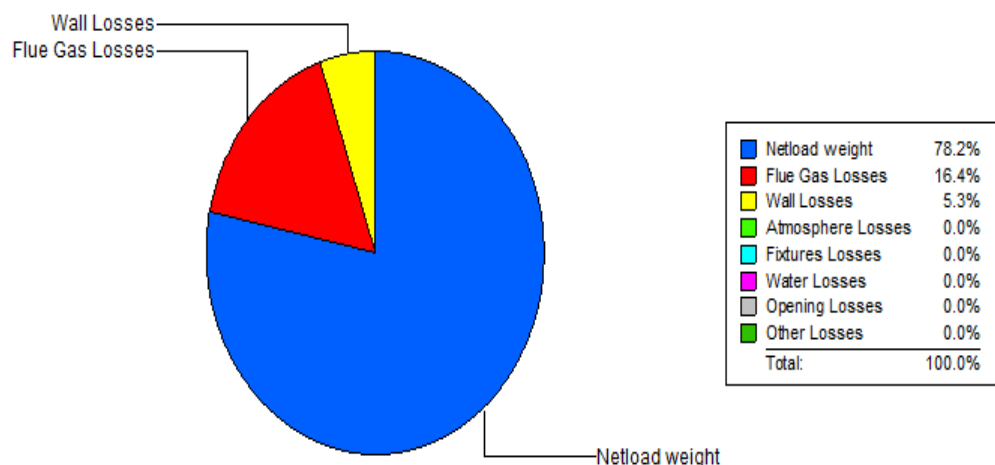


Tabla 21. Tabla de distribución de consumo bruto de calor en el horno C_H2 de la Refinería Estatal de Esmeraldas con la combinando una reducción de exceso de aire, disminución de temperatura de gases de combustión y elevando la temperatura de aire de combustión a condiciones de diseño.

Almacenamiento (KJ): 12,155,129	Eficiencia térmica (%): 78.24
Área de consumo energético	KJ/hr
Flujo de carga	88,398,255
Pérdida por paredes	18,552,518
Pérdidas atmosféricas	6,036,546
Pérdidas de arreglos	0
Pérdidas de enfriamiento	0
Pérdidas por aperturas	0
Otras perdidas	0
TOTAL	112,987,319

Figura 29. Grafico comparativo de consumo de energía del horno C_H2 actual vs. Operación combinando una reducción de exceso de aire, disminución de temperatura de gases de combustión y elevando la temperatura de aire de combustión a condiciones de diseño.

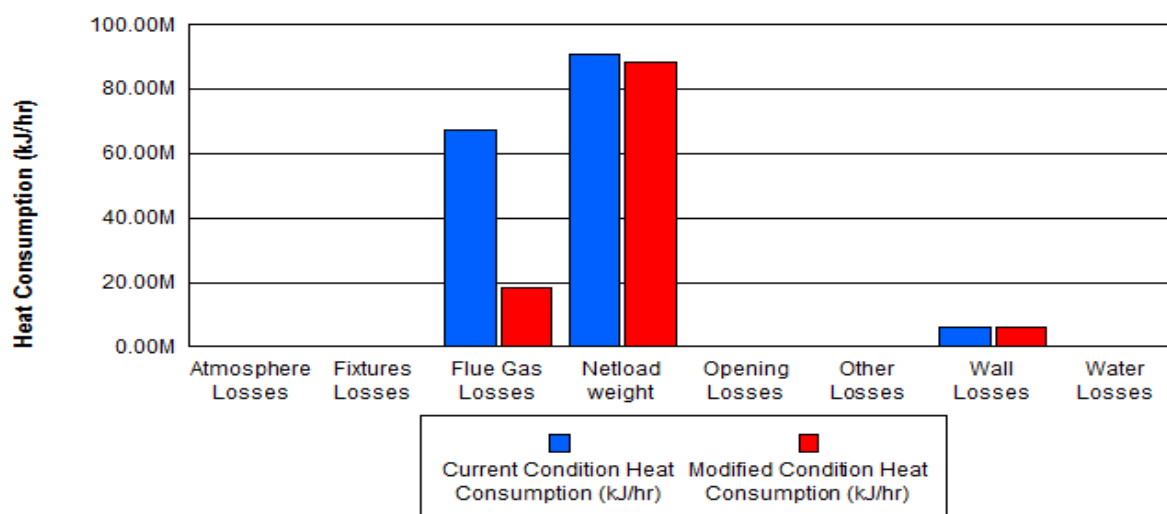
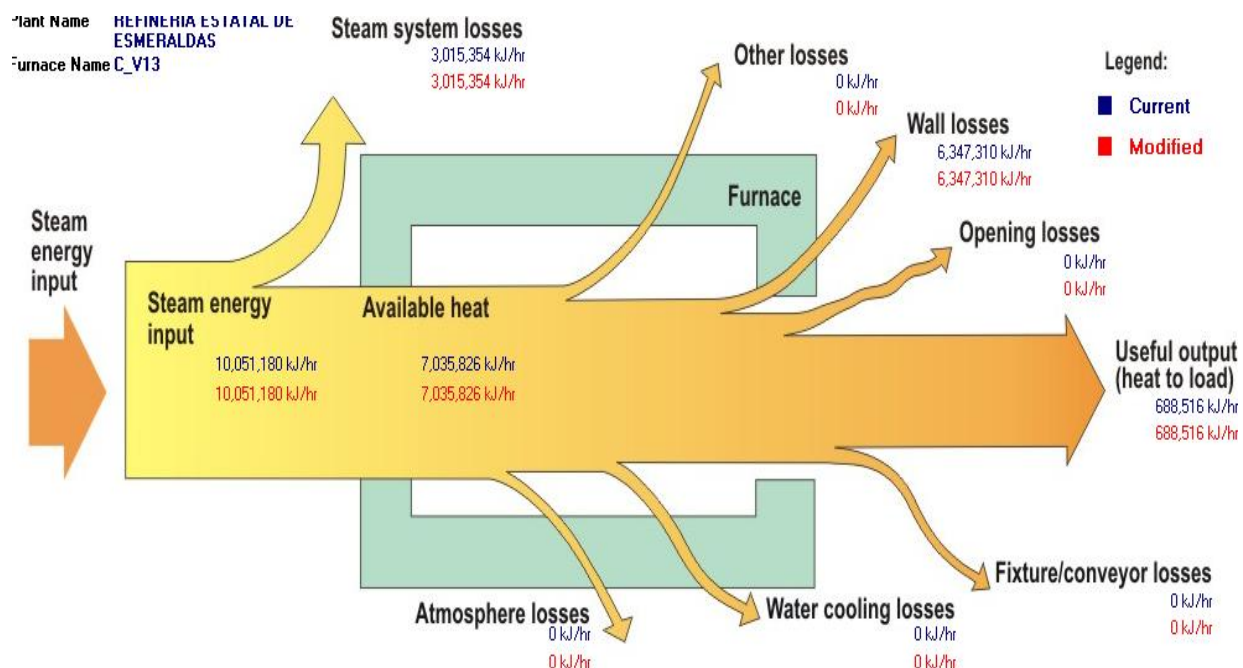


Tabla 22. Tabla de distribución de consumo bruto de calor en el horno C_H2 de la Refinería Estatal de Esmeraldas con la combinando de una reducción de exceso de aire, disminución de temperatura de gases de combustión y elevando la temperatura de aire de combustión.

	Eficiencia térmica (%): 58.49	Eficiencia térmica (%): 78.24
Área de consumo energético	KJ/h	KJ/h
Flujo de carga	88,398,255	88,398,255
Gases de combustión	61,782,915	18,552,518
Pérdidas por paredes	6,036,546	6,036,546
Pérdidas de arreglos	0	0
Pérdidas de enfriamiento	0	0
Pérdidas por aperturas	0	0
Otras perdidas	0	0
TOTAL	164,106,192	112,987,319

En la figura 30. Se muestra un diagrama de balance de energía en el cual para el estudio de oportunidad de mejora de eficiencia energética, se tomó en cuenta solo las perdidas por aislamiento debido a la limitación del software PHAST para simular el proceso de destilación.

Figura 30. Diagrama de SANKEY del destilador C_V13 de la Refinería Estatal de Esmeraldas.



CAPITULO IV. DISCUSSION

4.1. CONCLUSIONES

- Al aumentar eficiencia del horno C_H2 se tendrá una mejora en el desempeño energético de todo el proceso de destilación en la unidad de crudo 2.
- El horno C_H2, representa las mayores pérdidas de energía con 164,106,192 KJ/h las por tanto las mayores oportunidades de ahorro.
- Se concluye que las principales causas de pérdida de energía se deben a:
 - Un exceso de aire en la combustión del fuel oil en el horno con un 7.7% de oxígeno presente.
 - La temperatura de salida de los gases de combustión es muy elevada y no existe un sistema de recuperación de energía perdiendo 49,501,288 KJ/h.
- Se concluye que existen dos maneras de aumentar la eficiencia en el horno C_H2:
 - Disminuyendo el exceso de aire de combustión a 5.5% en la inyección al horno.
 - Disminuyendo la temperatura de salida de los gases de combustión a un valor de 220°C lo cual es un valor aceptable de temperatura de gases de combustión.
- Mejorando estas dos variables en el proceso de combustión en el horno C_H2 se puede conseguir un aumento de eficiencia del 19.75 %.
- El ahorro monetario que se puede conseguir mejorando el nivel de oxígeno y reduciendo la temperatura de gases de chimenea es de 680000 aproximadamente.
- La aplicación de la macro auditoria en el proceso de destilación atmosférica de crudo dos en la Refinería Estatal de Esmeraldas ha permitido identificar oportunidades de ahorro de energía a través de la mejora de la eficiencia energética.
- La aplicación del software PHAST en la unidad de crudo dos demuestra ser una herramienta muy útil para predecir la mejora de la eficiencia energética en este sistema.

- Se determina que el software PHAST tiene una amplia aplicación y simula de forma óptima los datos de la unidad de crudo dos.
- La propuesta que se concluye en esta investigación pronostica aumentar la eficiencia energética en el proceso de crudo dos en la Refinería Estatal de Esmeraldas, disminuyendo el consumo de combustible y ahorrando dinero.
- La reducción del consumo de energía que implica la reducción del consumo de combustible lo cual a la vez representa una disminución de las emisiones de dióxido de carbono y otros gases contaminantes.

4.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar la calibración del oxígeno del horno a un nivel de 5. 5%.
- Se recomienda la instalación de un sistema de recuperación de calor en los gases de combustión para producir vapor, agua caliente o aire caliente que se utilice en procesos complementarios tales como agua de alimentación a calderos, aire de combustión u otros.
- Se recomienda la aplicación del Software PHAST que es de libre utilización para realizar balances de energía en los calderos y otros sistemas de calentamiento como el Horno C_V1.
- Se recomienda que la universidad UISEK continúe realizando convenios con empresas para que los estudiantes realicen sus tesis, de esta manera ayudándose mutuamente.
- Se recomienda que se dé continuación a esta investigación, y de esta manera conseguir una mayor oportunidad de mejora en eficiencia energética en la Refinería Estatal de Esmeraldas.
- Sería importante determinar la huella de carbono en cada uno de los procesos de refinación.

Bibliografía

- Alhammadi, H. Y. (2008). A Systematic Procedure For Optimizing Crude Oil Distillation Systems. *ESCAPE 18*, 169-170.
- Atkinson, M., Barry, J., Boone, D., Ciampini, M., Greene, J., Marker, A., . . . Wright, A. (2007). *Improving Heating System Performance*. California: Berkeley.
- Banco Central del Ecuador, S. S. (2014, Enero 8). *Banco Central del Ecuador*. Retrieved Enero 8, 2014, from <http://www.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/SectorExterno/BalanzaPagos/balanzaComercial/ebc201312.pdf>
- CIBO. (2014, julio 20). *Energy Efficiency Handbook*. Retrieved from cibo: www.cibo.org
- Davidson, W. F. (1967). *Petroleum Processing Handbook*. McGraw-Hill Companies, The.
- FRENZEI, H. (1976). *Reduccion de consumo energetico en las refinarias*.
- Guzman, F. (2010). *Instructivos de Operacion Unidad de Crudo Dos Vacio Dos*. Esmeraldas: EP PETROECUADOR.
- http://www.engineeringtoolbox.com/fuel-oil-combustion-values-d_509.html. (2014, Septiembre 1). *The Engineering tool box*. Retrieved from The Engineering tool box: http://www.engineeringtoolbox.com/fuel-oil-combustion-values-d_509.html
- INEN. (2012). Sistemas de gestion de la energia. *Instituto Ecuatoriano de Normalizacion*, 1-2.
- J.P.Holman. (1998). *Transferencia de calor*. Madrid: McGraw-Hill.
- James H. Gary, G. E. (2001). *Petroleum Refining Technology and Economics*. New York: Marcel Dekker, Ink.
- Maarten Neelis, E. W. (2008). Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for the Petrochemical Industry. *ENERGY STAR®*, 32.
- MISSEEV, I. M. (1979). *Fundamentos de termo transferencia*. Moscu: Mir.
- Oak Ridge National laboratory, IHEA. (2010). *Process Heating Assessment and Survey Tool*.
- Pellegrino, P. a. (1999).
- Richardson, C. &. (2012). *Chemical Engeneering*. China: ELSEVIER .
- Torres, R., & Castro, J. (2002). *Análisis y Simulación de procesos de refinación de petroleo*. México: D.R. © Instituto Politécnico Nacional.
- Welty, J. R. (S.F). *fundamentos de transferencia de momento, calor y masa*.

ANEXOS

ANEXO 1. Permiso de gerencia.



www.eppetroecuador.ec

OFICIO No. 00077-RREF-2014

Quito a, 7 ENE. 2014

Ingeniera
Katty Coral,
DECANA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK
Presente.-

Referencia: Solicitud recopilación de datos, destilación atmosférica Unidad de
Refinería Esmeraldas.

En respuesta a su Oficio S/N del 17 de diciembre del 2013, me permito informar que esta Gerencia, autoriza la solicitud requerida para que el Sr. David Delgado, estudiante del noveno semestre de Ingeniería Química realice la recopilación de información para el estudio propuesto de Análisis del Destilador Atmosférico de la Refinería esmeraldas, para optimizar el proceso mediante el programa simulador HYSYS.

El alumno deberá coordinar el día de visita con la Superintendencia General de la Refinería Esmeraldas, al teléfono (06)2700165.

Cabe indicar que los implementos personales de Seguridad Industrial (casco, tapones auditivos y botas) no facilitará Refinería Esmeraldas y son requisitos indispensables para la visita dentro de la planta industrial.

Carlos Pareja Yannuzzi
GERENTE DE REFINACIÓN
EP-PETROECUADOR



CC: SUPERINTENDENTE REFINERÍA ESMERALDAS

Elaborado por: Edwin Ramos
Revisado por: Diego Tapia A.
Aprobado por: Diego Tapia A.
No. de Trámite: 00014884
2014-01-02

ANEXO 2. Permiso de recolección de datos en la Refinería Estatal de Esmeraldas.


www.epetroecuador.ec

MEMORANDO N° 00030-PIEP-ACD-2014

PARA : COORDINADOR DE OPERACIONES DE NO CATALÍTICA I Y II

DE : RESPONSABLE DE CAPACITACIÓN ESMERALDAS

ASUNTO : FACILIDADES RECOPIACIÓN INFORMACIÓN

FECHA : 2014-04-11

Referente al oficio No.00077-RREF-2014, de fecha 7 de enero del 2014, el señor Gerente de Refinación autoriza la recopilación de información al señor DAVID DELGADO, estudiante del noveno semestre de Ingeniería Química de la Universidad Internacional SEK, para el estudio propuesto de Análisis del Destilador Atmosférico de la Refinería Esmeraldas, para optimizar el proceso mediante el programa simulador HYSYS. El objetivo del presente es solicitar dar facilidades al señor en mención durante los días 25 abril-2, 23, 30 mayo 2014, en horario de 8 a 16hrs.





ING. JESSICA D. PEÑA M.

Elaborado por.

Revisado por.

Aprobado por.

Fecha Elaboración:

N° Trámite Interno

PENA MONCAYO JESSICA DOLORES

PENA MONCAYO JESSICA DOLORES

PENA MONCAYO JESSICA DOLORES



11/04/2014

00078290



Alpallana Es-36 y Av. 6 de Diciembre (esquina) - Telf: 2563-060 - 2568-525 - Casilla: (1741) 5007 / (1741) 5008 Quito Ecuador

ANEXO 3. Resultados de mediciones de gases de combustión 1.

	EP PETROECUADOR "REFINERÍA ESMERALDAS" PRIMERA SEMANA (03-09/02/2014)	INFORME MAS.02-014-2014 GASES DE COMBUSTIÓN	
---	--	--	---

11. RESULTADO DE LAS MEDICIONES

Tabla 6: Resumen de las mediciones en ppm

TABLA DE RESULTADOS "REFINERÍA ESMERALDAS"													
Primera Semana (Del 03 al 09 de Febrero de 2014)													
No	LOCALIZACIÓN	ORIGEN DE LA DESCARGA	FECHA DE MEDICIÓN	HORA	RESULTADOS					Prom. O ₂ (%)	Prom. CO ₂ (%)	Prom. Temp. °C	Prom. Efic. %
					Promedio (ppm)								
					CO	NO	NO ₂	NOx	SO ₂				
1	No Catalítica 1	Horno V-H1*	03/02/2014	16:29:20	1510.75	44.17	0.00	44.17	221.83	6.84	11.25	409.89	77.36
				16:31:21	1130.92	45.33	0.00	45.33	232.50	6.68	11.38	413.23	77.17
2	No Catalítica 1	Horno TV-H1*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	No Catalítica 1	Horno C-H1 Chromesa Este*	03/02/2014	15:48:51	3.67	125.50	0.00	125.50	471.17	9.98	8.53	427.31	70.76
				15:57:20	3.92	127.25	0.00	127.25	474.83	9.86	8.63	425.42	71.10
4	No Catalítica 1	Horno C-H1 Chromesa Oeste*	03/02/2014	15:31:01	4.08	115.92	0.00	115.92	432.33	9.43	8.96	468.94	69.19
				15:38:50	4.00	111.00	0.00	111.00	422.83	9.78	8.68	467.23	68.51
5	No Catalítica 2	Horno CH-2*	04/02/2014	9:29:19	57.92	111.92	0.00	111.92	487.83	5.90	11.71	565.47	70.62
				9:39:10	46.68	107.58	0.00	107.58	409.33	6.87	10.95	565.55	69.20
6	No Catalítica 2	Horno VU-H1*	04/02/2014	9:58:49	5.17	144.50	0.00	144.50	481.75	8.23	9.90	477.05	71.23
				10:07:29	4.75	140.25	0.00	140.25	380.25	9.05	9.25	474.16	70.01
7	No Catalítica 2	Horno TV1 H1 SEVIA*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	Catalítica 1	POC*	03/02/2014	14:08:26	16.92	117.00	0.00	117.00	483.00	5.34	12.44	653.98	68.53
				14:18:09	6.25	116.67	0.00	116.67	392.00	5.55	12.27	654.15	68.10
9	Setil	Caldera YB7005*	04/02/2014	10:29:41	0.00	208.67	0.00	208.67	491.42	9.79	8.68	170.42	81.80
				10:38:49	0.00	210.42	0.00	210.42	494.42	9.92	8.58	168.72	85.83
10	Setil	Caldera Y-B 7002/3*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	Setil	Caldera YB7004*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	Setil	Horno YM 2501*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	Catalítica 2	P1H01*	03/02/2014	9:05:25	10.83	96.75	0.00	96.75	256.00	7.45	10.50	434.95	74.18
				9:13:02	10.00	97.83	0.00	97.83	278.58	6.90	10.93	433.51	75.10
14	Catalítica 2	P1H02*	03/02/2014	9:28:00	0.00	75.92	0.00	75.92	21.42	7.39	-	287.57	79.71
				9:36:10	0.00	76.58	0.00	76.58	17.92	7.64	-	270.48	79.41
15	Catalítica 2	P2H04*	03/02/2014	9:51:20	1.83	110.42	0.00	110.42	208.42	7.32	10.61	338.18	78.89
				10:00:19	1.67	110.83	0.00	110.83	215.00	7.26	10.65	334.53	79.14
16	Catalítica 2	P2H01-P2H03 (NORTE)*	03/02/2014	10:22:20	6.42	64.25	1.13	65.33	62.33	11.20	7.58	273.06	77.72
				10:28:20	6.58	62.17	4.68	67.00	60.33	11.04	7.71	273.73	78.04
17	Catalítica 2	P2H01-P2H02 (SUR)*	03/02/2014	10:42:40	3.33	73.08	0.97	74.00	85.75	10.61	8.04	279.48	78.35
				10:51:09	3.58	74.75	2.68	77.50	94.58	9.95	8.55	274.08	79.28
18	Catalítica 3	Horno DIH1*	03/02/2014	11:29:29	0.00	73.08	0.06	73.25	29.08	5.83	12.85	363.42	80.57
				11:37:28	0.00	71.92	0.17	72.17	25.80	6.16	11.79	365.03	80.24
19	Catalítica 3	Incinerador de la planta de Azufre*	03/02/2014	11:58:50	3.58	60.50	0.00	60.50	2339.83	18.42	-	215.56	44.35
				12:10:14	4.83	63.25	0.00	63.25	2557.58	18.42	-	216.25	42.19

* Expresado al 7% de O₂ en condiciones normales y en base seca** Expresado al 15% de O₂ en condiciones normales y en base seca

DP F PEE MAS 02 01 REV 03 Este documento no debe reproducirse sin la autorización escrita de Deproinsa S.A.

Ing. Euder Jumbo	Samanes 1 Mz 138 Villa 1-B Teléf.: 4-2213405-0992522235	Número de página
Técnico Responsable	Casilla Postal: 09-01-4820 Email: ejumbo@deproinsa.com.ec	11 de 24

ANEXO 4. Medición de gases de combustión en mg/Nm³



	EP PETROECUADOR "REFINERÍA ESMERALDAS" PRIMERA SEMANA (03-09/02/2014)	INFORME MAS.02-014-2014 GASES DE COMBUSTIÓN	
---	--	---	---

Tabla 7: Resumen de las mediciones en mg/Nm³




TABLA DE RESULTADOS "REFINERÍA ESMERALDAS"



Primera Semana (Del 03 al 09 de Febrero de 2014)

No	LOCALIZACIÓN	ORIGEN DE LA DESCARGA	FECHA DE MEDICIÓN	RESULTADOS Promedio (mg/Nm ³)			Incertidumbre U (mg/Nm ³)		
				CO	NOx	SO ₂	CO	NOx	SO ₂
1	No Catalítica 1	Horno V-H1*	03/02/2014	1867,62 1380,55	89,51 91,01	627,02 658,26	± 367,81 ± 417,73	± 13,23 ± 13,29	± 16,10 ± 14,70
2	No Catalítica 1	Horno TV-H1*	-	-	-	-	-	-	-
3	No Catalítica 1	Horno C-H1 Chimenea Este*	03/02/2014	5,82 6,16	327,28 328,08	1713,98 1787,94	± 9,63 ± 6,69	± 16,86 ± 13,62	± 15,74 ± 10,53
4	No Catalítica 1	Horno C-H1 Chimenea Oeste*	03/02/2014	6,18 6,25	287,74 289,48	1497,83 1511,02	± 6,69 ± 6,68	± 13,39 ± 13,03	± 12,20 ± 13,15
5	No Catalítica 2	Horno CH-2*	04/02/2014	66,92 57,14	212,68 218,50	1293,38 1159,92	± 15,47 ± 9,69	± 13,51 ± 13,23	± 24,03 ± 12,08
6	No Catalítica 2	Horno VL-H1*	04/02/2014	7,07 6,96	324,65 337,19	1259,14 1275,39	± 6,69 ± 6,69	± 13,11 ± 13,01	± 12,16 ± 11,04
7	No Catalítica 2	Horno TV1-H1 SEVIA*	-	-	-	-	-	-	-
8	Catalítica 1	FCC*	03/02/2014	18,88 7,07	214,43 216,67	1232,21 1915,42	± 9,43 ± 6,71	± 13,63 ± 13,12	± 90,78 ± 17,41
9	Setl	Caldera YB7005*	04/02/2014	8,09 8,00	534,85 545,67	1757,22 1788,76	± 6,68 ± 6,68	± 13,18 ± 13,56	± 11,89 ± 11,28
10	Setl	Caldera Y-B 7002/3*	-	-	-	-	-	-	-
11	Setl	Caldera YB7004*	-	-	-	-	-	-	-
12	Setl	Horno YM 2501*	-	-	-	-	-	-	-
13	Catalítica 2	P1H01*	03/02/2014	13,99 12,41 0,00	194,44 199,07 160,09	756,73 798,85 63,02	± 6,76 ± 6,68 ± 6,68	± 13,14 ± 13,33 ± 13,21	± 12,29 ± 11,23 ± 10,21
14	Catalítica 2	P1H02*	03/02/2014	0,00 2,35	164,50 231,60	53,71 609,89	± 6,68 ± 6,69	± 13,02 ± 13,01	± 10,22 ± 10,47
15	Catalítica 2	P2H04*	03/02/2014	2,12 11,48	231,54 191,72	626,64 255,18	± 6,70 ± 6,69	± 13,10 ± 13,01	± 10,95 ± 10,26
16	Catalítica 2	P2H02-P2H03 (NORTE)*	03/02/2014	11,59 5,63	193,43 204,73	243,00 330,98	± 6,70 ± 6,69	± 13,10 ± 13,00	± 10,34 ± 10,25
17	Catalítica 2	P2H01-P2H02 (SUR)*	03/02/2014	5,69 0,00	201,55 138,52	361,28 76,69	± 6,69 ± 6,68	± 13,04 ± 13,30	± 10,46 ± 10,39
18	Catalítica 3	Horno DH1*	03/02/2014	0,00 24,73	139,50 684,66	67,42 36942,29	± 6,68 ± 6,69	± 13,02 ± 13,18	± 19,23 ± 124,60
19	Catalítica 3	Incinerador de la planta de Azufre*	03/02/2014	33,39	716,78	40435,02	± 6,69	± 13,18	± 63,92

* Expresado al 7% de O₂, en condiciones normales y en base seca.
 ** Expresado al 15% de O₂, en condiciones normales y en base seca.

OP F. PEE MAS 02 01 REV 03 Este documento no debe reproducirse sin la autorización escrita de Deprom S.A.		
Ing. Euder Jumbo Técnico Responsable	Samanes 1 Mz 138 Villa 1-B Teléf.: 4-2213405-0992522235 Casilla Postal: 09-01-4820 Email: ejumbo@deproinsa.com.ec	Número de página 12 de 24

ANEXO 5. Mediciones de gases de combustión en ppm.

	EP PETROECUADOR "REFINERÍA ESMERALDAS" SEGUNDA SEMANA (10-16/02/2014)	INFORME MAS.02-018-2014 GASES DE COMBUSTIÓN	
---	--	--	---



11. RESULTADO DE LAS MEDICIONES

Tabla 6: Resumen de las mediciones en ppm

TABLA DE RESULTADOS "REFINERÍA ESMERALDAS"													
Segunda Semana (Del 10 al 16 de Febrero de 2014)													
No	LOCALIZACIÓN	ORIGEN DE LA DESCARGA	FECHA DE MEDICIÓN	HORA	RESULTADOS Promedio (ppm)					Prom. O ₂ (%)	Prom. CO ₂ (%)	Prom. Temp. °C	Prom. S ₂ %
					CO	NO	NO ₂	NOx	SO ₂				
1	No Catalítica 1	Horno V-81*	10/02/2014	11:15:17	64,37	87,33	0,00	87,33	139,50	6,84	11,25	419,41	77,22
				11:23:17	145,88	10,42	0,00	90,42	334,42	7,01	11,31	418,98	77,12
2	No Catalítica 1	Horno TV-81*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	No Catalítica 1	Horno C-H1 Chimenea Est*	10/02/2014	10:47:43	3,75	139,38	0,00	139,38	505,67	9,66	8,78	405,28	72,71
				10:57:17	3,58	129,08	0,00	129,08	468,25	10,45	8,17	404,62	71,08
4	No Catalítica 1	Horno C-H1 Chimenea Oeste*	10/02/2014	10:27:45	5,58	138,92	0,00	138,92	495,33	9,41	8,98	423,73	71,73
				10:37:28	4,33	134,50	0,00	134,50	465,42	10,11	8,43	421,66	70,72
5	No Catalítica 2	Horno CH-2*	10/02/2014	12:01:53	8,58	120,42	0,00	120,42	387,17	8,27	9,86	359,60	66,06
				12:10:43	4,58	118,33	0,00	112,33	349,83	9,53	8,88	360,06	63,97
6	No Catalítica 2	Horno VL-31*	10/02/2014	12:31:06	8,58	132,58	0,00	132,58	341,33	11,67	7,27	458,85	64,48
				12:40:17	8,75	136,83	0,00	136,83	394,75	11,45	7,39	458,27	65,10
7	No Catalítica 2	Horno TV3-H1 SSVA*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	Catalítica 1	FOC*	10/02/2014	9:57:27	36,83	125,50	0,00	125,50	471,83	4,59	13,04	654,98	69,96
				10:46:37	3,92	120,68	0,00	128,08	408,42	4,49	13,12	661,91	69,67
9	Suel	Caldera YB7005*	10/02/2014	9:05:18	0,00	211,33	0,00	211,33	424,25	10,50	8,13	179,54	84,34
				9:14:17	0,00	209,68	0,00	209,68	434,83	10,58	8,07	178,63	84,43
10	Suel	Caldera YB7002/J*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	Suel	Caldera YB7004*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	Suel	Horno VM 2581*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	Catalítica 2	P2H01*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	Catalítica 2	P2H02*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	Catalítica 2	P2H04*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	Catalítica 2	P2H02 P2H03 (NORTE)*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	Catalítica 2	P2H01-P2H02 (SUR)*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	Catalítica 3	Horno OSH*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	Catalítica 3	Locomotor de la planta de Anshu*	10/02/2014	13:55:24	3,88	75,33	0,00	75,33	3505,00	18,42	-	250,92	38,85
				13:59:47	3,17	75,33	0,00	75,33	3378,50	18,57	-	246,23	38,07

* Incremento al 7% de O₂ en condiciones normales y en base seco
 ** Incremento al 15% de O₂ en condiciones normales y en base seco

ANEXO 6. Resultados de mediciones.

	EP PETROECUADOR "REFINERÍA ESMERALDAS" TERCERA SEMANA (17-23/02/2014)	INFORME MAS.02-020-2014 GASES DE COMBUSTIÓN	
---	--	---	---

11. RESULTADO DE LAS MEDICIONES

Tabla 6: Resumen de las mediciones en ppm



TABLA DE RESULTADOS "REFINERÍA ESMERALDAS"													
Tercera Semana (Del 17 al 23 de Febrero de 2014)													
No	LOCALIZACIÓN	ORIGEN DE LA DESCARGA	FECHA DE MEDICIÓN	HORA	RESULTADOS Promedios (ppm)					Prom. O ₂ (%)	Prom. CO ₂ (%)	Prom. Temp. °C	Prom. Efic. %
					CO	NO	NO ₂	NOx	SO ₂				
1	No Catalítica 1	Horno V H1*	18/02/2014	10:14:46	2.00	65.23	0.00	65.23	361.92	9.22	9.35	429.18	72.65
				10:24:54	3.67	94.42	0.20	94.62	2458.58	10.67	8.19	427.03	69.70
2	No Catalítica 1	Horno TV H1*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	No Catalítica 1	Horno C H1 Chimenea Este*	18/02/2014	9:39:22	0.17	127.75	0.00	127.75	421.67	11.34	7.47	383.63	69.76
				9:49:02	1.00	132.67	0.00	132.67	430.00	11.13	7.64	383.97	70.26
4	No Catalítica 1	Horno C-H1 Chimenea Oeste*	18/02/2014	9:17:40	6.00	128.58	0.00	128.58	574.00	8.38	9.77	423.21	73.19
				9:26:33	3.75	132.58	0.00	132.58	582.67	8.31	9.83	423.57	73.26
5	No Catalítica 2	Horno CH-2*	19/02/2014	9:08:09	25.33	137.00	0.00	137.00	544.25	7.96	10.18	585.03	66.03
				8:17:33	3.33	138.92	0.00	138.92	481.75	8.00	10.07	586.23	65.77
6	No Catalítica 2	Horno VL-R1*	19/02/2014	8:38:41	7.08	147.50	0.00	147.50	450.17	9.77	8.69	475.18	67.72
				8:47:28	7.25	148.92	0.00	148.92	461.58	9.62	8.81	475.68	68.10
7	No Catalítica 2	Horno TV1-H1 SEVA*	19/02/2014	9:05:02	0.00	46.33	0.00	46.33	159.68	13.51	5.78	361.53	63.39
				9:13:09	0.00	45.67	0.00	45.67	158.67	13.76	5.59	362.05	62.48
8	Catalítica 1	FIC*	19/02/2014	9:45:52	5.17	106.50	0.00	106.50	527.75	4.20	13.35	656.94	70.30
				9:56:29	3.08	108.42	0.00	108.42	456.67	4.74	12.92	655.56	69.49
9	Setil	Caldera YB7005*	18/02/2014	13:16:54	0.00	215.25	0.00	215.25	523.08	9.86	8.63	158.52	86.06
				13:20:49	0.00	214.25	0.00	214.25	521.17	10.04	8.48	158.58	86.04
10	Setil	Caldera Y B 7002/3*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	Setil	Caldera YB7004*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	Setil	Horno YW 2501*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	Catalítica 2	P1H01*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	Catalítica 2	P1H02*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	Catalítica 2	P2H04*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	Catalítica 2	P2H02-P2H03 (NCR72)*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	Catalítica 2	P2H01-P2H02 (NCR)*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	Catalítica 3	Horno DH1*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	Catalítica 3	Locomotor de la planta de Azufre*	19/02/2014	10:48:03	4.00	60.00	0.00	60.00	3707.83	18.30	-	243.23	42.57
				10:56:01	3.00	56.00	0.50	56.00	3721.42	18.49	-	228.04	42.57

* Expresado al 7% de O₂ en condiciones corrientes y en base seca
 ** Expresado al 15% de O₂ en condiciones corrientes y en base seca

DP F PEE MAS 02 01 REV 02 Este documento no debe reproducirse sin la autorización escrita de Deproinsa S.A

Ing. Euder Jumbo	Samanes 1 Mz 138 Villa 1-B Telef.: 4-2213405-0992522235	Número de página
Técnico Responsable	Casilla Postal: 09-01-4820 Email: ejumbo@deproinsa.com.ec	11 de 23

ANEXO 7. Resultado de mediciones Febrero-Marzo.

	EP PETROECUADOR "REFINERÍA ESMERALDAS" CUARTA SEMANA (24/02-02/03/2014)	INFORME MAS.02-022-2014 GASES DE COMBUSTIÓN	
---	--	---	---

11. RESULTADO DE LAS MEDICIONES

Tabla 6: Resumen de las mediciones en ppm

TABLA DE RESULTADOS "REFINERÍA ESMERALDAS"													
Cuarta Semana (Del 24 de Febrero al 02 de Marzo de 2014)													
No	LOCALIZACIÓN	ORIGEN DE LA DESCARGA	FECHA DE MEDICIÓN	HORA	RESULTADOS Promedio (ppm)					Prom. O ₂ (%)	Prom. CO ₂ (%)	Prom. Temp. °C	Prom. Efic. %
					CO	NO	NO _x	NO _x	SO _x				
1	No Catalítica 1	Horno V H1*	24/02/2014	16:30:29 16:39:14	15,75 16,00	83,25 82,58	0,00 1,23	83,25 83,75	146,75 146,00	11,83 12,46	6,31 6,37	386,95 389,32	66,08 66,93
2	No Catalítica 1	Horno TV H1*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	No Catalítica 1	Horno C H1 Chimenea Este*	24/02/2014	15:59:45 16:09:41	2,67 3,53	141,75 141,75	0,00 0,00	141,75 141,75	499,00 498,25	18,70 18,74	7,97 7,94	396,16 389,13	70,99 71,27
4	No Catalítica 1	Horno C H1 Chimenea Oeste*	24/02/2014	15:39:39 15:49:29	7,17 5,67	138,83 145,00	0,00 0,00	138,83 145,00	615,17 608,75	8,56 8,69	9,64 9,53	444,53 434,68	72,31 72,41
5	No Catalítica 2	Horno CH-2*	25/02/2014	8:35:41 8:43:57	8,20 8,00	151,25 156,50	0,00 0,00	151,25 156,50	390,58 437,33	9,54 9,17	8,88 9,16	528,38 525,22	65,22 66,29
6	No Catalítica 2	Horno VL H1*	25/02/2014	9:09:08 9:19:19	7,83 7,42	156,75 160,42	0,00 0,00	156,75 160,42	444,17 505,75	9,24 8,78	9,11 9,47	468,73 473,58	69,36 70,00
7	No Catalítica 2	Horno TV1-H1 SEVIA*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	Catalítica 1	FCC*	24/02/2014	14:23:37 14:33:51	29,17 19,17	124,33 119,75	0,00 0,00	124,33 119,75	650,83 540,50	4,05 3,96	13,47 13,54	658,78 514,64	70,26 75,95
9	Setd	Caldera YB7003*	25/02/2014	10:01:30 10:11:32	8,00 8,00	165,50 198,33	0,00 0,00	165,50 198,33	518,50 583,75	10,80 9,35	8,05 9,02	162,29 162,92	85,60 86,42
10	Setd	Caldera Y B 7002/3*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	Setd	Caldera YB7004*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	Setd	Horno YM 1501*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	Catalítica 2	F1H01*	24/02/2014	9:35:19 9:44:37	43,82 7,17	156,83 116,42	0,00 0,00	156,83 116,42	91,25 133,00	9,68 9,35	9,54 9,03	408,83 335,80	73,93 77,84
14	Catalítica 2	F1H02*	24/02/2014	10:02:01 10:18:10	8,00 8,00	84,83 84,58	0,00 0,51	84,83 84,58	6,75 2,17	4,83 4,86	-	254,16 265,68	82,14 81,64
15	Catalítica 2	F2H04*	24/02/2014	10:27:15 10:36:14	1,08 8,63	126,42 127,67	0,00 0,00	126,42 127,67	168,67 178,62	6,38 6,51	11,33 11,23	333,71 334,99	88,28 88,18
16	Catalítica 2	F2H02 F2H03 (NORTE)*	24/02/2014	10:59:35 11:09:41	53,92 50,75	53,83 46,08	1,63 0,76	55,33 56,08	43,58 40,92	13,67 13,68	5,64 5,65	268,96 269,11	73,42 73,33
17	Catalítica 2	F2H01 F2H02 (SUR)*	24/02/2014	11:27:30 11:36:46	41,67 37,58	38,33 37,92	14,78 17,53	53,17 55,33	35,33 37,25	13,44 13,39	5,84 5,88	272,39 272,38	73,47 73,52
18	Catalítica 3	Horno DH1*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	Catalítica 3	Incinerador de la planta de Azufre*	24/02/2014	12:14:47 12:24:10	28,80 28,80	32,00 26,00	0,00 0,00	32,00 26,00	3707,63 3721,41	18,53 18,57	-	216,40 224,70	44,87 42,02

* Expresado al 7% de O₂ en condiciones normales y en base seco
 ** Expresado al 15% de O₂ en condiciones normales y en base seco

DP FREE MAS.02-01 REV.03 Este documento no debe reproducirse sin la autorización escrita de Deproinsa S.A.		
Ing. Euder Jumbo	Samanes 1 Mz 138 Villa 1-B Teléf.: 4-2213405-0992522235	Número de página
Técnico Responsable	Casilla Postal: 09-01-4820 Email: ejumbo@deproinsa.com.ec	11 de 24

ANEXO 8. Imágenes de mediciones.

PRIMERA SEMANA (Desde el 03 al 09 de Febrero de 2014)



Fig. No 5: Horno V-H1 M1
03/02/2014 - 17:15



Fig. No 6: Horno C-H1 Este M3
03/02/2014 - 16:43



Fig. No 7: Horno C-H1 Oeste M4
03/02/2014 - 16:25



Fig. No 8: Horno CH-2 M5
04/02/2014 - 10:24



Fig. No 9: Horno VL-H1 M6
04/02/2014 - 10:53



Fig. No 10: FCC M8
03/02/2014 - 15:02

ANEXO 9. Equipo utilizado para la realización de mediciones de gases de combustión.

10. EQUIPO UTILIZADO

Para las mediciones se utilizaron instrumentos electrónicos, como Analizadores de Gases de combustión como O₂, NO_x, SO₂, Temperatura, Eficiencia.

Cuadro No 2: Datos de los equipos Utilizados

	<i>Medidor de Gases 1</i>	<i>Medidor de Gases 2</i>	<i>Cilindro de gas</i>	<i>Termohigrómetro</i>
Marca:	TESTO	TESTO	Air Liquide	ATM
Modelo:	350 XL	T350	--	HT9214-323
Serie:	1604085	02618603	--	--
Procedencia:	España	España	EEUU	--
Calibrado:	26/10/2013	30/07/2013	18/01/2013	17/04/2013
Vigencia:	26/06/2014	30/03/2014	19/01/2021	17/04/2014



Fig.3: Equipo Testo 350 XL



Fig.4: Equipo Testo T350