



**UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

TEMA DE TESIS:

**“ELABORACIÓN DE UN ESTUDIO TÉCNICO PARA LA
IMPLEMENTACIÓN DE NUEVAS CALDERAS EN LA PLANTA
CAUTIVO, DE LA REFINERÍA LA LIBERTAD - PROVINCIA DE
SANTA ELENA. ”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTOR:
CÉSAR ERNESTO BALÓN YAGUAL**

**TUTOR DE TESIS:
ING. FRANKLIN REYES SORIANO MSc.**

**AÑO
2017**

DEDICATORIA

Dedico este trabajo investigativo primeramente a nuestro señor creador, por darme la oportunidad y el privilegio de alcanzar una formación profesional; y que solo él me proporciona la voluntad, sabiduría y ciencia para seguir adelante en mi vida.

Especialmente a mis padres José Cesar Balón Medina y Lucinda Guillermina Yagual González por su comprensión y paciencia en la realización de este proyecto.

A mis hermanas, mi familia y amigos que sin dudar me dieron su apoyo incondicional para alcanzar el objetivo anhelado.

César Ernesto Balón Yagual

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por su infinito amor y por brindarme salud y sabiduría en el transcurso de mi formación profesional; ya que con la bendición de Dios pude alcanzar este logro en mi vida.

A mis padres que mediante sus enseñanzas y correcciones encaminaron mi vida para poder lograr este objetivo.

A mi tutor Ing. Franklin Reyes MSc., por el apoyo durante el desarrollo y el termino de este trabajo investigativo.

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena por permitirme ser miembro selecto de su alta gama de profesionales; y sobre todo a la Facultad de Ingeniería Industrial y docentes por compartir sus conocimientos en mi formación universitaria.

César Ernesto Balón Yagual

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de titulación “ELABORACIÓN DE UN ESTUDIO TÉCNICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE NUEVAS CALDERAS EN LA PLANTA CAUTIVO, DE LA REFINERÍA LA LIBERTAD - PROVINCIA DE SANTA ELENA”, elaborado por el egresado César Ernesto Balón Yagual de la Facultad de Ingeniería Industrial, Carrera de Ingeniería Industrial, de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado el proyecto, doy paso para que sea evaluado y aprobado por el Tribunal de Grado, para su posterior titulación.

Atentamente

Ing. Franklin Reyes Soriano MSc.

TUTOR.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Alamir Álvarez Loor MSc.
**DECANO (E) DE LA FACULTAD
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Ing. Marco Bermeo García MSc.
**DIRECTOR DE LA CARRERA
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Ing. Franklin Reyes Soriano MSc.
TUTOR DE TESIS DE GRADO

Ing. Víctor Matías Pillasagua MSc.
PROFESOR DE ÁREA

Ab. Brenda Reyes Tomalá Mgt.
SECRETARÍA GENERAL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Y PATRIMONIO INTELLECTUAL

El contenido del presente trabajo de graduación “ELABORACIÓN DE UN ESTUDIO TÉCNICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE NUEVAS CALDERAS EN LA PLANTA CAUTIVO, DE LA REFINERÍA LA LIBERTAD - PROVINCIA DE SANTA ELENA” es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

César Ernesto Balón Yagual

**UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

TEMA: ELABORACIÓN DE UN ESTUDIO TÉCNICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE NUEVAS CALDERAS EN LA PLANTA CAUTIVO, DE LA REFINERÍA LA LIBERTAD - PROVINCIA DE SANTA ELENA.

Autor: César Ernesto Balón Yagual **Tutor** Ing. Franklin Reyes Soriano MSc

RESUMEN

En nuestro país y a nivel mundial el consumo de combustible fósil es de gran importancia para la gran mayoría de actividades productivas que se realizan, es por esta razón que se efectúan diversos estudios técnicos que conlleven a mejorar el proceso de refinación del petróleo en estado natural hasta ser convertido en derivados, tratando de que el mencionado proceso sea a corto plazo y con mayor rentabilidad. En este trabajo se emplearon técnicas de ingeniería, métodos y análisis de procesos, que nos permitieron diagnosticar, evaluar y cuantificar los problemas detectados en las cinco calderas existentes en planta y proponer la renovación de las calderas, ya que se ha demostrado que se tiene una pérdida de 1000 BPDO (Barriles de Petróleo Diario Operativo), esta alternativa servirá para optimizar el proceso siendo la mejor opción viable y rentable para la empresa en cuestión, que le permitan lograr incrementar la producción de derivados del petróleo, convertirla a corto plazo en una empresa de alta tecnología, lograr ser más eficientes y productivos, mejorando sus sistemas de producción de vapor y evitando paralizaciones en la Planta Cautivo. La inversión a efectuar en este proyecto es de 1'243.572,62 USD, obteniendo un retorno anual de 25.43% recuperando el capital en un plazo de 4 años. Mediante el análisis económico demostramos que es factible realizar el proyecto.

ÍNDICE GENERAL

CARÁTULA.....	I
DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO.....	III
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	IV
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN.....	V
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Y PATRIMONIO INTELECTUAL ...	VI
RESUMEN	VII
ÍNDICE GENERAL	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XIII
ÍNDICE DE IMÁGENES	XIV
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
GENERALIDADES	2
1.1 Antecedentes	2
1.2 Problemática.....	4
1.3 Objetivos	8
1.3.1 Objetivo General	8
1.3.2 Objetivos Específicos	8
1.4 Justificación	8
CAPÍTULO II.....	10
DESCRIPCIÓN ACTUAL DE LA PLANTA CAUTIVO.....	10
2.1 Reseña Histórica.....	10
2.2 Ubicación geográfica.....	11
2.2 Datos Generales de la Empresa (Planta Cautivo)	13
2.2.1 Misión y Visión de la Empresa.....	14
2.2.2 Objetivos de la Empresa.....	15
2.2.3 Organigrama estructural de la EP. Petroecuador	17
2.2.4 Organigrama del Departamento de Operaciones de la Empresa EP Petroecuador Refinería La Libertad	18
2.3 Descripción de los procesos de refinación en la planta Cautivo	19
2.4 Descripción de Equipos y Recipientes	26

2.4.1 Tanques	29
2.4.2 Torre de Fraccionamiento.....	30
2.4.3 Platos de Burbujeo	30
2.4.4 Horno de Calentamiento.....	31
2.4.5 Despojadores	33
2.4.6 Acumulador de Gasolina (Receptor)	33
2.4.7 Desalador	34
2.4.8 Bombas Centrifugas	35
2.4.9 Válvulas	35
2.4.10 Control de Temperatura.....	37
2.4.11 Control de Presión.....	37
2.4.12 Control de Flujo	38
2.4.13 Control de Nivel	38
2.4.14 Intercambiadores de calor.....	38
2.4.15 Calderas.....	40
2.4.16 Quemadores.....	44
2.4.16 Aero-enfriadores o Enfriadores	44
CAPÍTULO III.....	45
ANÁLISIS E IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	45
3.1 Análisis de datos e identificación del problema.....	45
3.2 Diagrama de Ishikawa (Causa y Efecto).....	52
3.3 Diagrama de Pareto	55
3.4 Análisis FODA.....	58
3.4.1 Fortalezas	59
3.4.2 Debilidades.....	60
3.4.3 Oportunidades	61
3.4.4 Amenazas	61
3.5 Matriz FODA	63
3.6 Análisis de Producción.....	64
3.6.1 Diagrama de Procesos	64
3.6.2 Diagrama de Operaciones.....	67
3.6.3 Diagrama de Recorrido	72
3.7 Metodología de Investigación aplicada a la problemática	73
3.8 Diagnóstico	86

CAPÍTULO IV	87
PROPUESTA DE RENOVACIÓN DE CALDERAS.....	87
4.1 Criterio técnico para la Renovación.	87
4.2 Normativas y estándares aplicados en las calderas.	87
4.3 Planteamientos de alternativas de solución a problemas de producción de vapor en la Planta Cautivo	88
4.4 Desarrollo de la Propuesta.....	91
4.5 Equipos y Materiales	95
4.5.1 Calderas.....	96
4.5.2 Repuestos	104
4.6 Condiciones de Operación.....	107
4.7 Plan de Capacitación al personal para el manejo de las calderas.	113
4.8 Plan de Mantenimiento de las Calderas.....	116
4.8.1 Mantenimiento Preventivo	116
4.8.2 Factores del mantenimiento correctivo por averías	117
4.8.3 Ficha de historial de averías	118
4.8.4 Contexto del Plan de Mantenimiento Preventivo.....	119
4.9 Resultados Obtenidos	122
CAPÍTULO V	124
ANÁLISIS ECONÓMICO CON RELACIÓN COSTO-BENEFICIO DEL PROYECTO	124
5.1 Plan de Inversión y Financiamiento	124
5.1.1 Costo de la Operación	125
5.1.2 Inversión Total	125
5.2 Financiamiento	126
5.3 Evaluación financiera (Coeficiente costo/beneficio, TIR, VAN, Período de Recuperación del Capital)	128
5.3.1 Tasa Interna de Retorno (TIR).....	128
5.3.2 Valor Actual Neto	129
5.3.3 Período de Recuperación de la Inversión.....	130
5.4 Coeficiente Costo / Beneficio.....	131
CONCLUSIONES	132
RECOMENDACIONES	133
BIBLIOGRAFÍA	134

ÍNDICE DE TABLAS

	págs.
Tabla N° 1. Causas y Consecuencias.	6
Tabla N° 2. Estimado histórico de producción de vapor saturado.	7
Tabla N° 3. Producción diaria de la Refinería La Libertad.	25
Tabla N° 4. Descripción Actual de Equipos en la Planta Cautivo.	27
Tabla N° 5. Tipos de válvulas en la Refinería La Libertad.....	36
Tabla N° 6. Producción de vapor en los primeros 5 meses del 2017.	50
Tabla N° 7. Producción de crudo en los primeros 6 meses del 2017.	51
Tabla N° 8. Producción de crudo en los primeros meses del 2011.	51
Tabla N° 9. Frecuencias de las Causas.	56
Tabla N° 10. Levantamiento de datos para la elaboración del diagrama de Pareto.	57
Tabla 11. Resumen FODA.	59
Tabla N° 12. Fortalezas.....	60
Tabla N° 13. Debilidades	60
Tabla N° 14. Oportunidades.....	61
Tabla N° 15. Amenazas.	62
Tabla N° 16. Matriz FODA.....	63
Tabla N° 17. Diagrama de Operaciones de la Caldera.	68
Tabla N° 18. Registro del Problema N° 1.....	70
Tabla N° 19. Registro del Problema N° 2.....	70
Tabla N° 20. Registro del Problema N° 3.....	71
Tabla N° 21. Registro del Problema N° 4.....	71
Tabla N° 22. Registro del Problema N° 5.....	71
Tabla N° 23. Resultados de la Pregunta No. 1	75
Tabla N° 24. Resultados de la Pregunta No. 2	76
Tabla N° 25. Resultados de la Pregunta No. 3	77
Tabla N° 26. Resultados de la Pregunta No. 4	78
Tabla N° 27. Resultados de la Pregunta No. 5	79
Tabla N° 28. Resultados de la Pregunta No. 6	80
Tabla N° 29. Resultados de la Pregunta No. 7	81

Tabla N° 30. Resultados de la Pregunta No. 8	82
Tabla N° 31. Resultados de la Pregunta No. 9	83
Tabla N° 32. Resultados de la Pregunta No. 10	84
Tabla N° 33. Valores obtenidos de la Encuesta.....	85
Tabla N° 34. Planteamiento de las Alternativas de Solución.....	89
Tabla N° 35. Diagrama de Flujo de la Puesta en Marcha de las Calderas.	94
Tabla N° 36. Características de las Calderas.	96
Tabla N° 37. Cotización de las Calderas.	105
Tabla N° 38. Pérdidas generadas en la Planta Cautivo.	106
Tabla N° 39. Proyección.	106
Tabla N° 40. Plan de Capacitación al Personal para el Manejo de las Calderas.	114
Tabla N° 41. Gastos Varios.....	114
Tabla N° 42. Auto-mantenimiento.	120
Tabla N° 43. Corrección de Anomalías.....	121
Tabla N° 44. Aumento de Producción de derivados de crudo.	122
Tabla N° 45. Plan de Inversión y Financiamiento.	124
Tabla N° 46. Costos de operaciones.....	125
Tabla N° 47. Inversión Total.....	125
Tabla N° 48. Financiamiento.	126
Tabla N° 49. Amortización.	127
Tabla N° 50. Intereses Anuales del Crédito.	128
Tabla N° 51. Flujo de Efectivos.	129
Tabla N° 52. Recuperación de Inversión.....	130
Tabla N° 53. Tiempo Aproximado para la recuperación de inversión.....	130

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Págs.
Gráfico N° 1. Promedio producción de vapor saturado.	7
Gráfico N° 2. Ubicación geográfica de la Refinería La Libertad.....	11
Gráfico N° 3. Mapeado de la Ubicación de la Refinería La Libertad.	12
Gráfico N° 4. Esquema de Proceso de Refinación, Planta Cautivo.	14
Gráfico N° 5. Organigrama Estructural de EP PETROECUADOR.	17
Gráfico N° 6. Organigrama de Operaciones de la Refinería La Libertad.	18
Gráfico N° 7. Procesos de Refinación del Petróleo.	21
Gráfico N° 8. Desalador con sus respectivos accesorios.	35
Gráfico N° 9. Diagrama de Ishikawa.	54
Gráfico N° 10. Diagrama de Pareto.....	57
Gráfico N° 11. Diagrama de Procesos.....	65
Gráfico N° 12. Diagrama de Flujo de Procesos de la Planta Cautivo.	66
Gráfico N° 13. Diagrama de Recorrido.	73
Gráfico N° 14. Porcentaje de respuesta de la Pregunta No. 1.....	75
Gráfico N° 15. Porcentaje de respuesta de la Pregunta No. 2.....	76
Gráfico N° 16. Porcentaje de respuesta de la Pregunta No. 3.....	77
Gráfico N° 17. Porcentaje de respuesta de la Pregunta No. 4.....	78
Gráfico N° 18. Porcentaje de respuesta de la Pregunta No. 5.....	79
Gráfico N° 19. Porcentaje de respuesta de la Pregunta No. 6.....	80
Gráfico N° 20. Porcentaje de respuesta de la Pregunta No. 7.....	81
Gráfico N° 21. Porcentaje de respuesta de la Pregunta No. 8.....	82
Gráfico N° 22. Porcentaje de respuesta de la Pregunta No. 9.....	83
Gráfico N° 23. Porcentaje de respuesta de la Pregunta No. 10.....	84
Gráfico N° 24. Resultados generales de la encuesta.	85
Gráfico N° 25. Lay Out de Secuencia de Operación	111

ÍNDICE DE IMÁGENES

	Págs.
Imagen N° 1. Refinería La Libertad – Planta Parson y Universal.	12
Imagen N° 2. Planta de Destilación Cautivo.	13
Imagen N° 3. Tanques de almacenamiento.	29
Imagen N° 4. Elementos constitutivos del Horno.....	33
Imagen N° 5. Esquema de un intercambiador de calor con placa porta tubo.....	39
Imagen N° 6. Calderas Pirotubulares.	42
Imagen N° 7. Especificaciones de la Caldera # 1	46
Imagen N° 8. Especificaciones de la Caldera # 2	46
Imagen N° 9. Especificaciones de la Caldera # 3 y 4	46
Imagen N° 10. Especificaciones de la Caldera # 5	47
Imagen N° 11. Paralización del funcionamiento de la Caldera #5.....	48
Imagen N° 12. Personal de mantenimiento.	48
Imagen N° 13. Lecturas de Temperaturas.	49
Imagen N° 14. Baja calidad del vapor producido.....	49
Imagen N° 15. Vapor condensado mezclado con vapor saturado.....	50
Imagen N° 16. Calderas de Vapor BOSCH U-HD.....	97
Imagen N° 17. Calderas de Vapor BOSCH U-HD.....	98
Imagen N° 18. Sistema de control.....	100
Imagen N° 19. Detectores de flama.....	100
Imagen N° 20. Tren de válvulas.....	101
Imagen N° 21. PLC's.....	101
Imagen N° 22. Funcionamiento interno de las calderas.	102
Imagen N° 23. Equipamiento de las calderas.	104

ÍNDICE DE ANEXOS

	Págs.
Anexo N° 1. TORRE DE FRACCIONAMIENTO.	135
Anexo N° 2. PLATOS DE BURBUJEO.	135
Anexo N° 3. STRIPPER O DESPOJADOR.	136
Anexo N° 4. BOMBA CENTRIFUGA.	136
Anexo N° 5. VÁLVULAS.	137
Anexo N° 6. CONTROL DE TEMPERATURA.	137
Anexo N° 7. CONTROL DE PRESIÓN.	138
Anexo N° 8. CONTROL DE FLUJO.	138
Anexo N° 9. CONTROL DE NIVEL.	139
Anexo N° 10. AERO-ENFRIADORES O ENFRIADORES.	139
Anexo N° 11. ENCUESTA REALIZADA A LOS TRABAJADORES DE LA PLANTA CAUTIVO.	140

INTRODUCCIÓN

Durante los años 1989 y 1990 se creó la empresa estatal Petroecuador con su filial Petroindustrial para producir derivados y abastecer parcialmente la demanda interna. Actualmente, esta refinería tiene una capacidad de procesamiento de aproximadamente 44 mil barriles de crudo por día, pero la planta Cautivo es la de menor capacidad, y se encuentra ubicada a una distancia considerable de las otras plantas como Parsons y Universal, por lo que se considera independiente de las otras.

La propuesta de investigación se ha realizado con el objetivo de aumentar la producción de los productos y subproductos derivados del petróleo, aplicando equipos nuevos al sistema de procesamiento de vapor saturado y sobrecalentado, por lo que este documento en el **Primer Capítulo** tratamos sobre la problemática de los calderos de la planta Cautivo, se demuestra los justificativos, objetivos y las variables de la propuesta.

En el **Segundo Capítulo** se realizó un breve análisis sobre la situación actual de la planta, de igual manera sus equipos y el procesamiento de crudo que se está cumpliendo actualmente, se expondrá cada una de los problemas, sus causas y efectos que está perjudicando en la planta en cuestión todo aquello es demostrado en el **Tercer Capítulo**.

La propuesta expone todo acerca de los lineamientos que cumplirá el estudio técnico previo a su implementación, como su plan de mejoras y la adquisición de estos equipos el mejoramiento respectivo, todo esto está en el **Cuarto Capítulo**, y por último el análisis económico financiero de la propuesta lo exponemos en el **Quinto Capítulo**.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

La industria petrolera ecuatoriana tiene su origen en el actual Cantón de Santa Elena (Península de Santa Elena), entre los años 1909 y 1929, en esta zona se llevaron a cabo las primeras actividades de extracción petrolera a cargo de empresas privadas nacionales y extranjeras. En el año 1919 se fundó en Londres, Inglaterra la compañía Anglo Ecuatorian Oilfields, para explotar los yacimientos de la población de Ancón, ubicadas al suroeste de la Península de Santa Elena cuyo estudio y exploración habían comenzado cinco años antes.

En 1929, esta compañía alcanzó sus mejores resultados con la perforación del pozo #4, que tuvo una producción de tres mil barriles diarios, a la que adicionó posteriormente la de centenares de pozos. Entonces, la empresa decidió la construcción de la primera refinería para producir productos derivados de petróleo en suelo Ecuatoriano, los combustibles que el mercado interno necesitaba y dejar de importar especialmente desde el vecino país Perú. [Refinería La Libertad, 2013].

En la actualidad la tecnología para el procesamiento del petróleo y sus derivados ha evolucionado a tal punto de utilizar mecanismos más efectivos y de menor costo que van a generar una alta eficiencia en la producción de los derivados de crudo. Las refinerías del primer mundo (Rusia, Estados Unidos, Arabia Saudita, entre otros países más), utilizan modernos equipos como los autoenfriadores, cámaras al vacío, readecuación de líneas de automatización, todo esto para facilitar y mejorar la refinación de los subproductos del petróleo. El Ecuador como país en vías de desarrollo no puede mantenerse al margen del crecimiento e innovación de la industrialización del petróleo, por esta razón se busca reemplazar

los sistemas de mayor prioridad, por tecnología avanzada que garantice la calidad del producto y minimice la inversión del proceso, generando mayor rentabilidad. Las refinerías en el país ha venido utilizando y mejorando la tecnología para el proceso de refinamiento de petróleo, desde siempre se desarrolla y cumple con los mantenimientos o los para de planta para cumplir con reajustes propios en el funcionamiento de la Refinería La Libertad en sus tres plantas respectivamente: Universal, Parsons y Cautivo. En vista de los inconvenientes presentados y la calidad del producto final usando el sistema de calentamiento de las calderas de la planta Cautivo por el bajo nivel de producción de vapor, se debe implementar nuevas unidades de intercambiadores de calor en la planta, puesto que la planta de refinación fue construida en 1940 y los equipos son de esa fecha, los constantes mantenimientos de estos equipos generan grandes gastos al Estado y perjudican en la producción en general de la Refinería por sus paralizaciones debido al mantenimiento correctivo, siendo la mejor opción el reemplazo total de las calderas de la Planta Cautivo.

Otro factor importante es que el actual mecanismo de calentamiento utilizado es deficiente cuando existe escases de alimentación de agua para uso de las calderas, esto sucede por los problemas de las bombas centrifugas, ya que actualmente RLL cuenta con una planta desalinizadora para tratamiento de aguas para la utilización del calentamiento y enfriamiento, pero que radica cuando las bombas deben ingresar agua tratada a los intercambiadores de calor, el motivo de esta falla es el desgaste de este equipo. En los últimos años se han realizado mantenimiento y reparaciones a las bombas en mención, por lo que su capacidad de operación se ha reducido, por lo que se asume que se sustituyan con la propuesta para mejorar todo el sistema de calentamiento también con el montaje de nueva red de tubería con el recubrimiento térmico para evitar calor del vapor producido.

1.2 Problemática

La Refinería La Libertad actualmente tiene 77 años de operación sobre el refinamiento de petróleo, por lo que sus equipos y maquinarias están totalmente deteriorados con el paso de los años, es por eso que tanto las diferentes plantas que compone la refinería entran en sus períodos de paro programado para el mantenimiento preventivo y las reparaciones si ese es el caso, dado esto se ha colocado sistemas alternativos que han suplido con las necesidades primordiales de la empresa, como readecuación del sistema de control y automatización de los equipos, readecuación del sistema eléctrico para la Planta de Cautivo, Adecuación de despachadores de ECO-PAÍS entre muchos otros proyectos industriales más, pero en realidad no se ha tomado en cuenta que sus calderas están teniendo problemas para la producción de vapor, por las razones que consumen demasiado combustible, lo normal en una caldera en buen estado es de 950g/d pero su consumo actual es de 1200g/d, consumen exageradas cantidades de agua 15 m³ de más, se demora períodos largos de tiempo hasta que llega el punto de que ese vapor producido no tenga la calidad apropiada para que funcionen los demás equipos que son dependientes del vapor producido de las calderas.

En los últimos años de funcionamiento de la Planta Cautivo (Refinería La Libertad: RLL), ha presentado problemas en el procesos de refinación debido a que las calderas actualmente en operación son poca eficientes en la producción de vapor, producto de que la vida útil de estos equipos han cumplido su ciclo, falta de mantenimientos correctivos y el desgaste propio de su estructura, todo esto forma que la planta opere bajo los valores permitidos de operación, produzca demoras en la refinación de crudo, así como bajas de producción en los productos de refinación para la Refinería La Libertad. Las aplicaciones de estas calderas para la producción de vapor son indispensable en la planta en las siguientes áreas de trabajo:

- Proceso de refinación

- Sistema de generación eléctrica a través de turbinas de vapor
- Sistema de la planta desalinizadora
- Sistema de precalentado del crudo de los hornos

La Planta Cautivo es una de las tres unidades que conforman la Refinería La Libertad junto con Parsons y Universal. Además, es una de las primeras instalaciones de refinación construida en el país que actualmente procesa un máximo de 9000 barriles/día de crudo de 26,5 grados API.

La baja producción de vapor es el problema actual de las calderas en la Planta Cautivo, esto se debe al desgaste de estos equipos, ha pasado su tiempo de utilidad y por lo tanto ya no rinde como antes, a raíz de esto la planta se ve obligada a bajar la producción de refinación diaria, para producir a niveles anormales las calderas están obligadas a procesar un promedio de 90.000 libras de vapor saturado al día. Además de sus continuos mantenimientos hacen que fallen la producción de vapor diario y a su vez, si no hay mantenimiento adecuado podría acarrear problemas aún mayores como una explosión; es decir, que el vapor saturado por la mala eficiencia de la caldera se convertiría en vapor condensado, y este al pasar por los demás sistemas de refinación, perjudicará a todo el sistema de producción de la planta.

Si las calderas funcionan con un déficit de producción de vapor, también es el caso del mecanismo actual (quemadores, motores de combustión, alimentación de combustible, entre otros puntos más) que no rinde lo suficiente, ya que al utilizar este sistema de calentamiento veremos una disminución de temperatura en el principio del intercambiador de calor, no tiene un alcance a altas temperaturas por ende no estabiliza el vapor saturado, a temperaturas desde 310°C a 590°C, con presiones de 25 PSI hasta 120 PSI. También afecta el sistema de tuberías se complican en el procesamiento de vapor, se debe a las mismas causas que las calderas, también por su desgaste de las válvulas de alivio, válvulas de control y de purga, ya no puede abastecer un flujo constante a la caldera, casi en la mayoría

de las veces se encuentra problemas de vaporización del agua por lo que sale cierta parte líquida, y se paraliza breves minutos o hasta horas para los arreglos respectivos de las calderas, y esto se convierte una pérdida de tiempo y dinero para la planta.

Al no contar con los valores específicos el vapor producido no puede trabajar eficientemente en los procesos posteriores, para el funcionamiento de la planta, por ejemplo el vapor conseguido después de las calderas al trabajar en las turbinas de vapor podría tener problemas porque no daría movimiento constante al flujo normal, también es el caso en el proceso de desalinización del agua de mar se necesita vapor sobrecalentado para la oxidación del agua y la separación de la sal, mediante la utilización de calor, pero ya a las causas mencionadas estos procesos no suelen trabajar bien.

A continuación, se detalla en una tabla las causas y consecuencias del problema que presenta en el sistema calentamiento actual en la Planta Cautivo de la EP PETROECUADOR de la Refinería La Libertad:

Tabla N° 1. Causas y Consecuencias.

Causas	Consecuencias
Intercambiadores de calor y calderas desgastados por haber cumplido su vida útil	Disminución de las temperaturas del vapor saturado
	Disminución de la carga operativa de la planta Cautivo.
	Disminución de la producción por paralizaciones de las calderas
Mantenimiento por rotura de tubos, tubería desgastada	Parada de emergencia de la planta, limitando la producción diaria de RLL
Corrosión de las estructuras internas del equipo por el desgaste de los mismos	Paralización temporal de la producción

Elaborado por: Cesar Balón

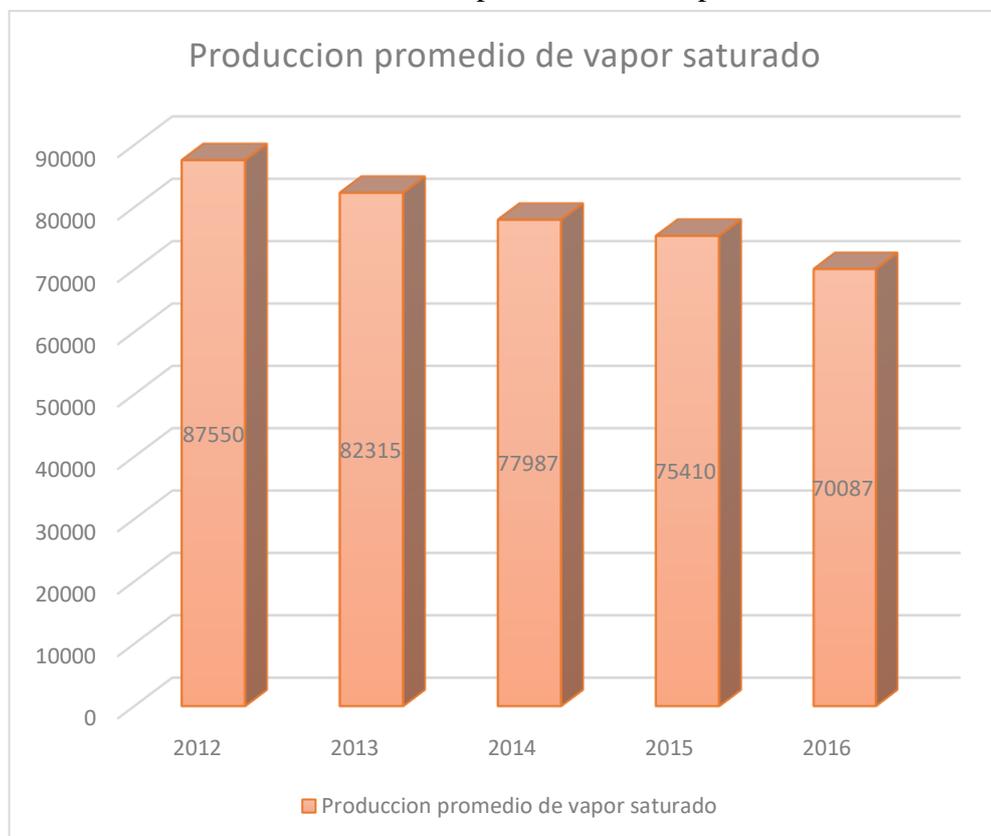
A continuación, se muestra la disminución de vapor producido en los últimos 5 años de funcionamiento de las calderas. (Véase la siguiente tabla):

Tabla N° 2. Estimado histórico de producción de vapor saturado.

Año	Producción promedio de vapor saturado (libras/vapor)
2012	87.550
2013	82.315
2014	77.987
2015	75.410
2016	70.087

Elaborado por: Cesar Balón

Gráfico N° 1. Promedio producción de vapor saturado.



Elaborado por: Cesar Balón

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Elaborar un estudio técnico a través de la renovación de las calderas, que permitan aumentar la producción de los subproductos de refinamiento de crudo en la Planta Cautivo, Refinería La Libertad.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar la situación actual de la Planta Cautivo.
- Analizar e Identificar la problemática de las calderas
- Renovar las calderas existentes para la producción de vapor saturado.
- Realizar el presupuesto general basado en los costos de ejecución de la propuesta.

1.4 Justificación

Con la realización de la propuesta nos permitirá mejorar la calidad y cantidad de vapor saturado y sobrecalentado que se entregará a la Planta Cautivo, para los procesos productivos antes mencionados, también se busca una ampliación de la infraestructura de refinación de RLL.

Muchos son los beneficios que aportaran con la propuesta, serán dos razones primordiales que se constituye: es el incremento de producción de vapor para las necesidades de la Planta Cautivo y la producción de mayor cantidad de productos derivados del petróleo.

Es importante la renovación de las calderas, ya que se mejorará las condiciones de trabajo en los procesos de refinación de la planta en general, generará aumentos de los productos y subproductos, y elevara los ingresos de la empresa, la vida útil de estas calderas tendrá un promedio de 20 años, por lo que se deberá seguir con

las debidas medidas de utilización y precaución, para que la operatividad de las máquinas tenga esa eficiencia requerida a las necesidades de la Refinería La Libertad.

Al ejecutar la propuesta de renovación de las calderas, se logrará un ahorro significativo en el consumo de combustible, disminuyendo los costos de operación y mejorando la rentabilidad de la planta, minimizando los costos de mantenimiento, además mejora el rendimiento del sistema de generación eléctrica de las turbinas de vapor, generación de vapor a la planta desalinizadora y también al sistema de precalentado del crudo de los hornos.

Otro punto a favor de la ejecución de la propuesta es el beneficio de la planta, al adoptar calderas nuevas y modernas para el procesamiento de refinación de crudo, sino servirá para todos los procesos o sistemas de refinación que hemos mencionado, por lo que tendrá ahorros económicos para la empresa, y evita que los mantenimientos sean alargados y que no sean tantos correctivos sino más bien preventivos.

El tiempo de producción de vapor será en menos tiempo que en la actualidad, así como también la cantidad de vapor procesado aumentará y tendrá una mejor calidad para las demás funciones que se utiliza el vapor, ya que este vapor permitirá operar con el mismo principio de funcionamiento de la Planta Cautivo, pero con la particularidad de que los equipos que se beneficien del vapor producido tendrán un mejor rendimiento en la refinación de los subproductos.

CAPÍTULO II

DESCRIPCIÓN ACTUAL DE LA PLANTA CAUTIVO

2.1 Reseña Histórica

En el año 1940, la recién inaugurada empresa Anglo Ecuatorian Oilfields, construyó en la población de La Libertad la primera refinería del país, colocando en operación dos plantas: Foster y Stratford, cerca del actual terminal de derivados. Estas unidades comenzaron a procesar un flujo de descarga equivalente a 7.000 barriles diarios (7 MBPD) de crudo proveniente desde la zona de Ancón, los cuales eran transportados por vía férrea hasta las instalaciones de refinería. La planta Foster funcionó hasta 1956 y la Stratford hasta 1968 y durante su operación abasteció hasta el 65% de la demanda nacional de derivados de petróleo. Durante ese período, en el año 1956 se construye una unidad de refinación adicional conformada por dos plantas, una denominada Universal así como una unidad de Cracking Térmico.(Refinería La Libertad, 2013).

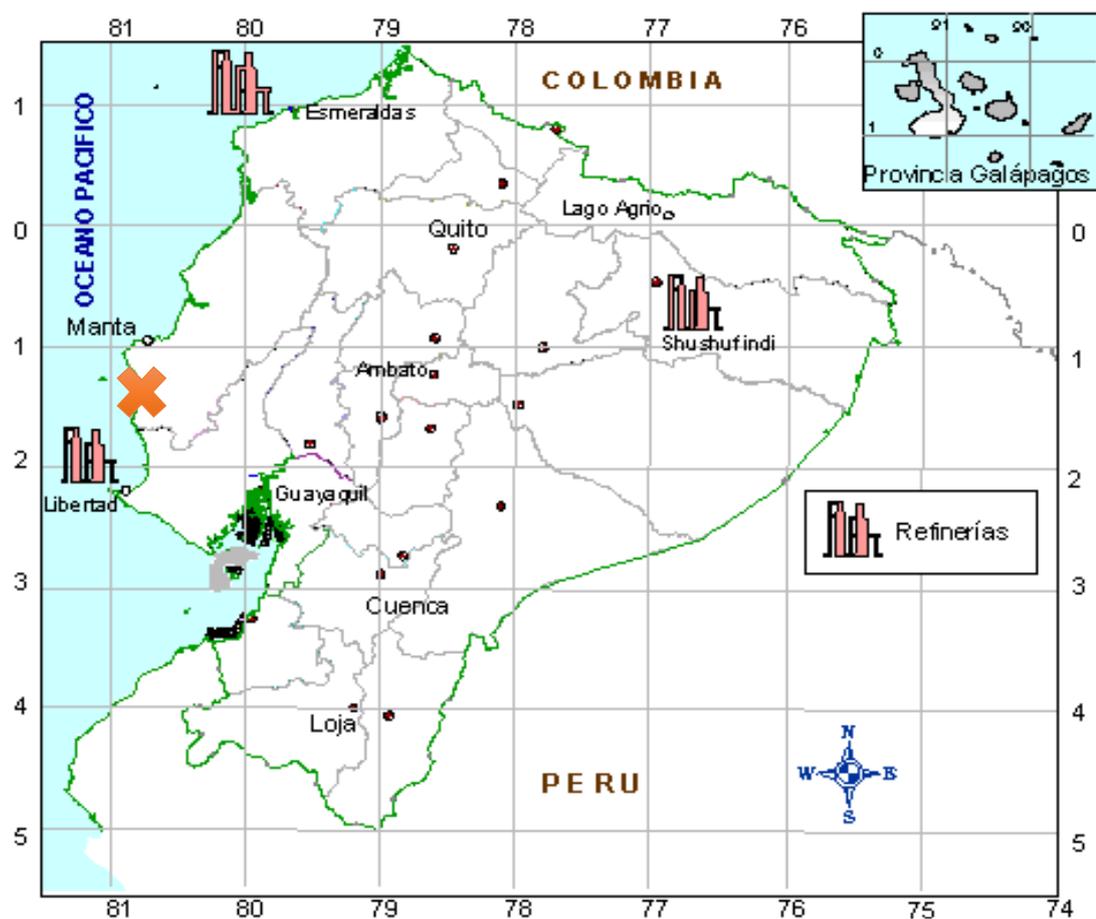
Además, en el año 1968 se construyó la planta Parsons con una capacidad inicial de refinación de 20.000 mil barriles diarios, la cual colocó en el mercado nuevos productos, entre los que se destacaron los solventes para la industria química nacional, el aceite agrícola usado para combatir los hongos en las plantaciones bananeras y el combustible para turbinas de aviación tipo JP1.

En el año 1989, finalizó la concesión otorgada a la empresa Anglo Ecuatorian Oilfields procediéndose a revertir dichas instalaciones al Estado Ecuatoriano, posteriormente, el 30 de noviembre de 1989 se conformó la filial nacional comercialmente llamada Petropenínsula, quien consecutivamente, el 7 Diciembre de 1989, se encargó de la operación de las refinerías Anglo y en agosto de 1990, captó la operación de la planta Repetrol, hoy denominada Cautivo. (Refinería La Libertad, 2013).

2.2 Ubicación geográfica

La Refinería La Libertad se encuentra ubicada en la Provincia de Santa Elena en la ciudad de La Libertad, al occidente del país, en el litoral ecuatoriano. Esta ciudad es la más poblada de esta región, siendo por su actividad comercial empresarial y turística el centro económico de la Provincia de Santa Elena.

Gráfico N° 2. Ubicación geográfica de la Refinería La Libertad.

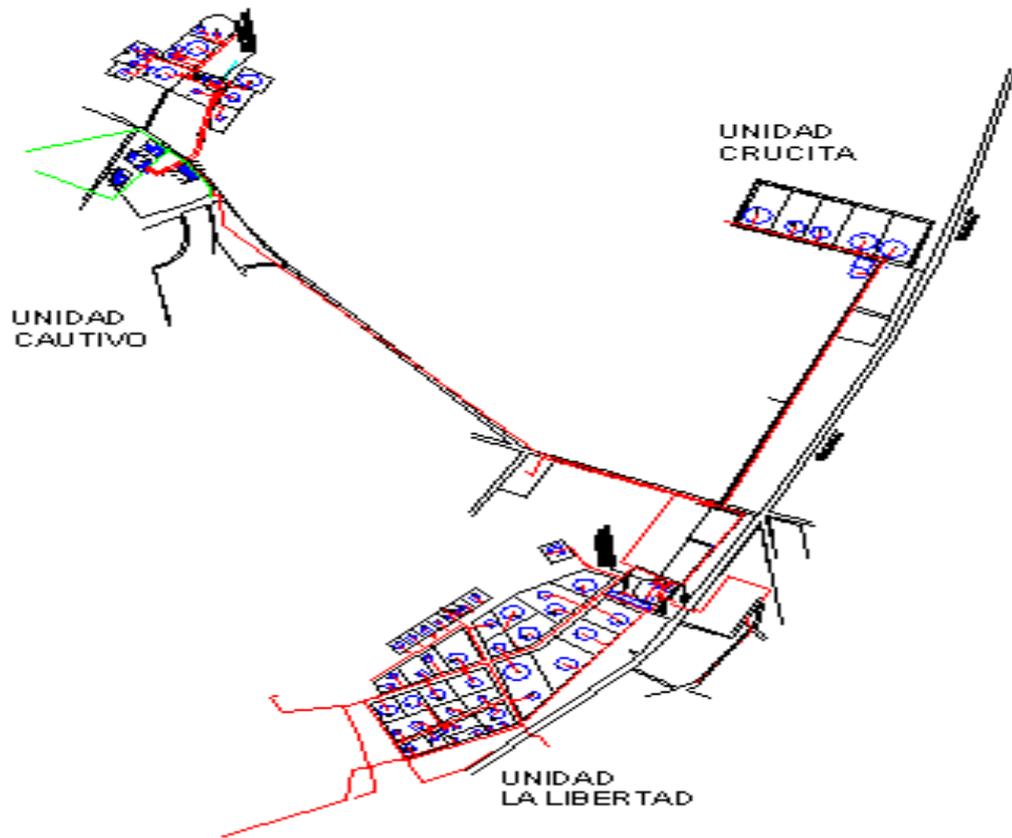


Fuente: Refinería La Libertad

Elaborado: EP PETROECUADOR

La Refinería La Libertad, se encuentra específicamente en la Calle 27E Cdla. Las Acacias, limitada al Norte con el Batallón de Infantería 14 Marañón y Puerto Nuevo, al Sur con la Avda. Eleodoro Solorzano, Este con el Océano Pacífico y al Oeste con la Cdla. Santa María.

Gráfico N° 3. Mapeado de la Ubicación de la Refinería La Libertad.



Fuente: EP PETROECUADOR, RLL

Imagen N° 1. Refinería La Libertad – Planta Parson y Universal.



Fuente: EP PETROECUADOR, RLL

2.2 Datos Generales de la Empresa (Planta Cautivo)

La unidad “Cautivo” de donde encontramos área de procesos con su planta de destilación, áreas administrativa o de oficina y el sector “Tanque Loma” de los tanques de almacenamiento de combustible y derivados de petróleo.

Imagen N° 2. Planta de Destilación Cautivo.



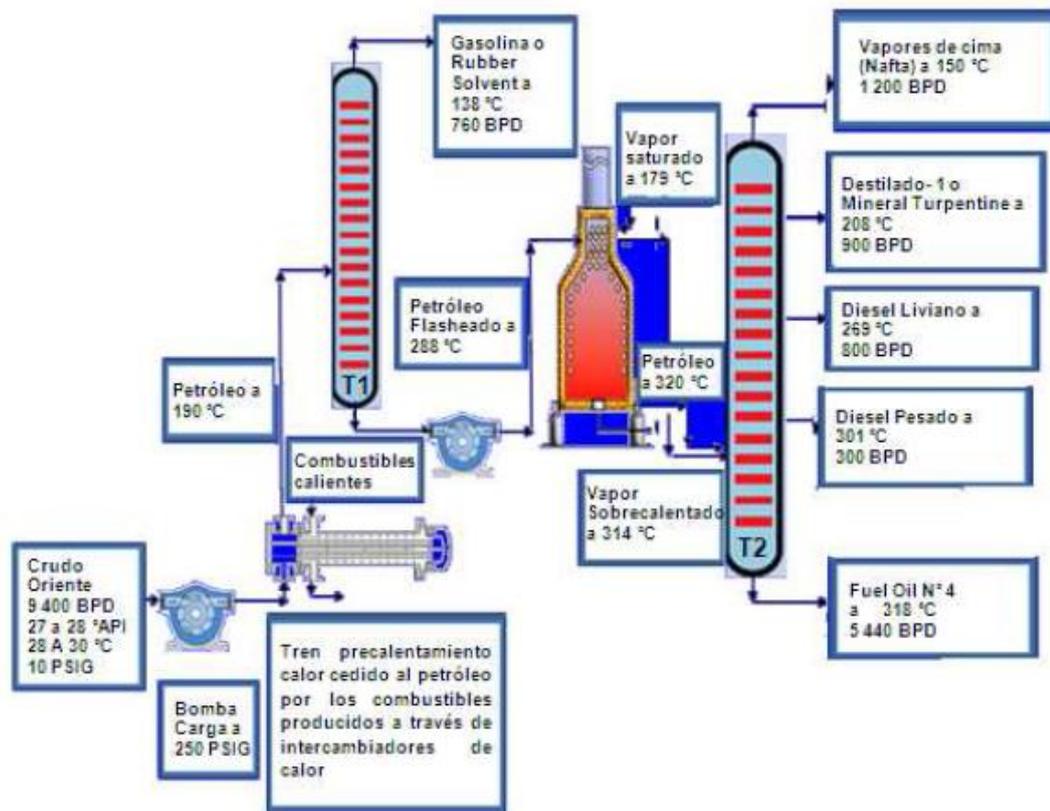
Fuente: EP PETROECUADOR, Refinería La Libertad

La planta Cautivo es una planta compacta, porque cuenta con sus propios generadores eléctricos, integrada por tres calderas de 150 libras de presión cada una, tiene su propio tanque de almacenamiento para productos semielaborados, y su propia línea submarina para el despacho de diésel y fuel oíl. Procesa 9.000 barriles diarios de crudo del Oriente. La refinería La Libertad creció de 8,5 millones de barriles derivados en 1.989 a 15 millones en el 2004. El consumo local de residuo es aproximadamente el 60% del volumen total que producen las plantas.

Los productos derivados del petróleo obtenidos en la Refinería La Libertad cubren parte de la demanda de la Provincia de Guayas, EL Oro, Manabí, Cañar, Morona Santiago, Azuay, Galápagos y Loja. RLL cuenta con 60 años de operación en la

provincia de Santa Elena es el centro refinador más antiguo del país y ahora el segundo por su capacidad de producción.

Gráfico N° 4. Esquema de Proceso de Refinación, Planta Cautivo.



Fuente: EP PETROECUADOR, Refinería La Libertad

El proceso de la Planta Cautivo tiene dos torres de Fraccionamiento-Destilación Atmosférica de las cuales una se ubica en el tren de precalentamiento y el horno, en la torre de fraccionamiento de la parte superior obtenemos Nafta, y de la otra torre de fraccionamiento salen tres corrientes de flujo laterales de los cuales del primer flujo de corriente obtenemos Destilado-1 o Mineral Turpentine del segundo flujo de corriente Diésel Liviano y del tercer flujo de corriente Diésel Pesado.

2.2.1 Misión y Visión de la Empresa

Misión

Industrializar hidrocarburos, para atender la demanda nacional de derivados, bajo sistemas de gestión de calidad, con talento humano competente, seguridad, cuidado ambiental y utilizando los recursos en forma eficiente y transparente.

Visión

Ser una organización con alto nivel de desempeño en industrialización de hidrocarburos, bajo estándares internacionales de calidad para satisfacer la demanda del país, con talento humano calificado y comprometido, garantizando el desarrollo sustentable de la empresa.

2.2.2 Objetivos de la Empresa

El objetivo es lograr mayor participación en el mercado que está ligado con el prestigio de la marca, por sus precios y por la calidad de los productos que se expenden, aunque la única fuente de abastecimiento tanto para las estaciones de propiedad del Estado y para las comercializadoras privadas es la Empresa Pública PETROECUADOR. Con las nuevas instalaciones de venta directa de combustibles en Quito, sumaran cinco objetivos esenciales de la empresa:

Estrategia Empresarial

Incrementar rentabilidad

- Generar recursos a través del acaparamiento financiero.
- Generar la estructura de costos.
- Optimizar el desempeño administrativo de la Empresa.
- Mejorar la imagen corporativa de la empresa.

Incrementar las reservas y producción de crudo

- Optimizar la exploración, explotación del crudo.

Incrementar la cantidad, calidad y capacidad de refinación, abastecimiento y comercialización de derivados.

- Mejorar la oferta con derivados de alta calidad.
- Optimizar la refinación, abastecimiento, traslado y comercialización de derivados.

Incrementar la participación en el mercado internacional de Hidrocarburos

- Mejorar la infraestructura para la explotación.
- Estructuras líneas de negocios eficientes en explotación y comercialización en el exterior.
- Potenciar relaciones comerciales con países cercanos.

Incrementar la eficiencia de PETROECUADOR y sus filiales

- Incrementar una cultura de procesos.
- Implementar una nueva estructura organizacional.
- Utilizar las TICs estratégicamente.

Incrementar la responsabilidad social, la protección ambiental, la seguridad y salud ocupacional.

- Generar una cultura de responsabilidad social y de prevención de riesgos laborales en la empresa.
- Prevenir, controlar y mitigar los impactos socio-ambientales en todas las operaciones de la empresa.
- Implementar un sistema integral de seguridad física.

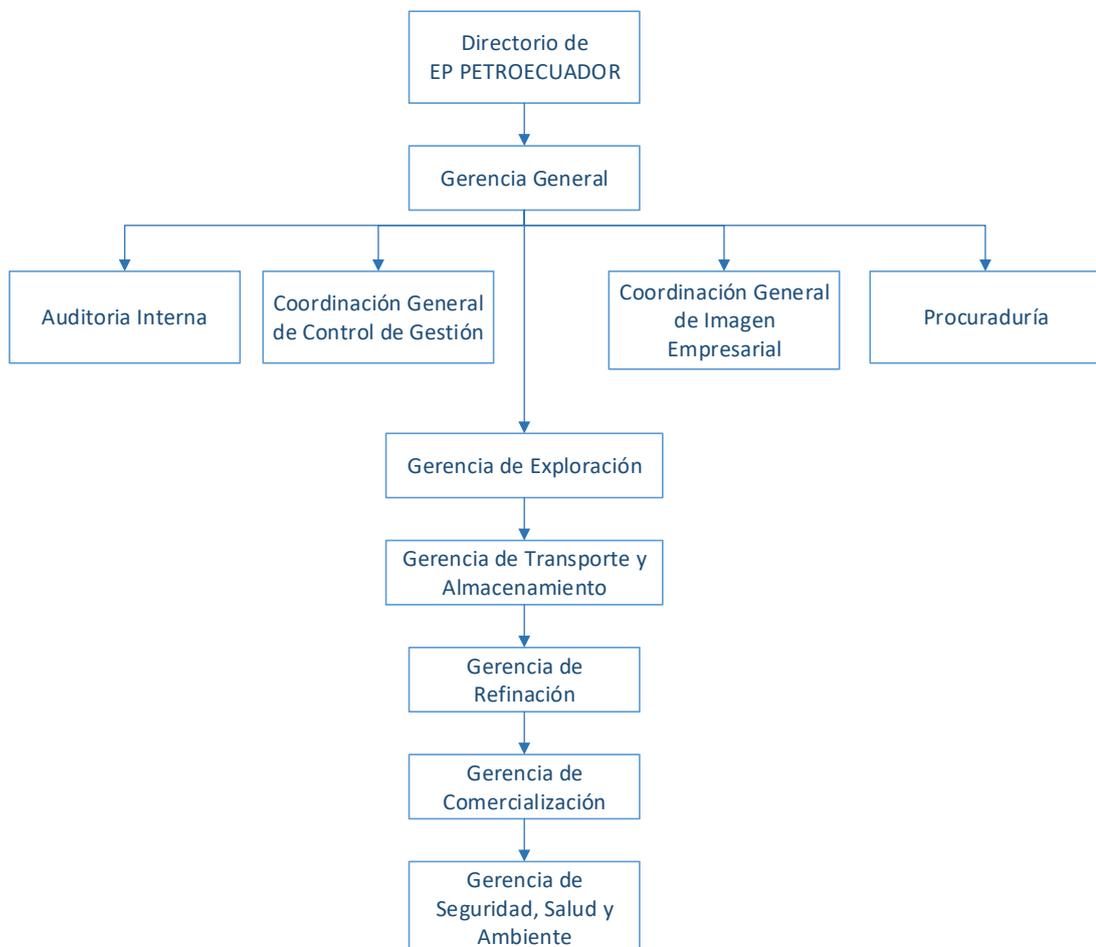
Incrementar el desarrollo del capital humano

- Adoptar una cultura empresarial de excelencia, valores e innovación.
- Desarrollar las competencias de talento humano.
- Desarrollar la gestión del conocimiento.

2.2.3 Organigrama estructural de la EP. Petroecuador

El organigrama general de la Refinería La Libertad, está encabezada por un directorio, que es a nivel jerárquico más alto en todo el organigrama, seguido por las gerencias, englobada en un nivel llamado Gerencia General, de la cual se subdividen en direcciones y coordinaciones, hasta dar lugar a las subsidiarias. La Refinería La Libertad es una empresa con personalidad jurídica, patrimonio propio, autonomía administrativa y operativa.

Gráfico N° 5. Organigrama Estructural de EP PETROECUADOR.



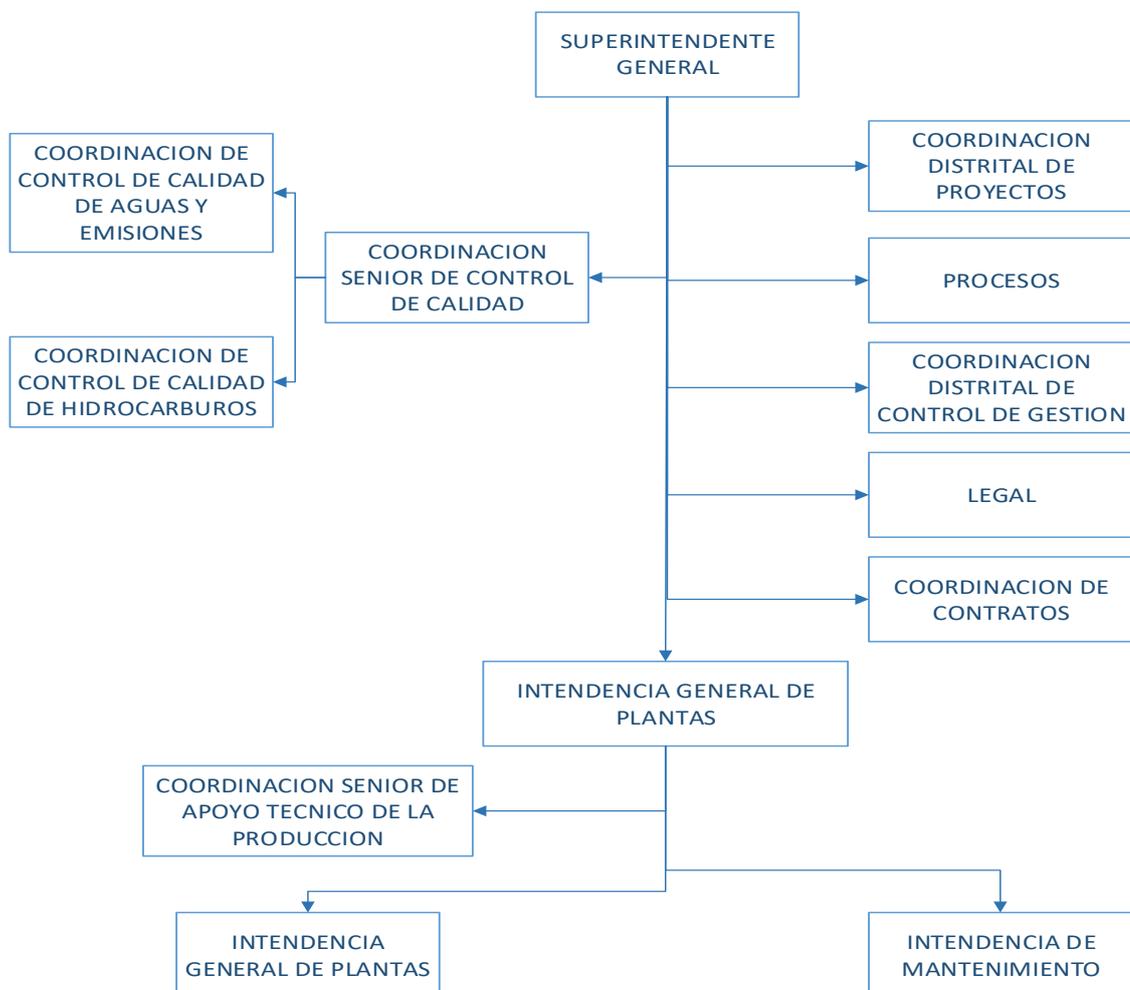
Fuente: EP PETROECUADOR, Refinería La Libertad

Elaborado por: Cesar Balón

2.2.4 Organigrama del Departamento de Operaciones de la Empresa EP Petroecuador Refinería La Libertad

Los organigramas son la representación gráfica de la estructura orgánica de una empresa u organización que refleja, en forma esquemática, la posición de las áreas que integran, sus niveles jerárquicos, líneas de autoridad y de asesoría. Por tanto, teniendo en cuenta que los organigramas son de suma importancia y utilidad para empresas, entidades productivas, comerciales, administrativas, políticas.

Gráfico N° 6. Organigrama de Operaciones de la Refinería La Libertad.



Fuente: EP PETROECUADOR, Refinería La Libertad

Elaborado por: Cesar Balón

2.3 Descripción de los procesos de refinación en la planta Cautivo

La materia prima llega a la refinería para su procesamiento, aquí prácticamente lo que se hace es refinarlo o en términos comunes cocinarlo. Por tal razón es que al petróleo también se denomina “crudo”, la planta Cautivo es un complejo donde el petróleo crudo se somete en primer lugar a un proceso de destilación o separación física y luego a procesos químicos que permiten extraerle buena parte de la gran variedad de componentes que contiene.

El petróleo tiene una gran variedad de compuestos, al punto que de él se puede obtener por encima de los 2.000 productos. El petróleo se puede igualmente clasificar en cuatro categorías:

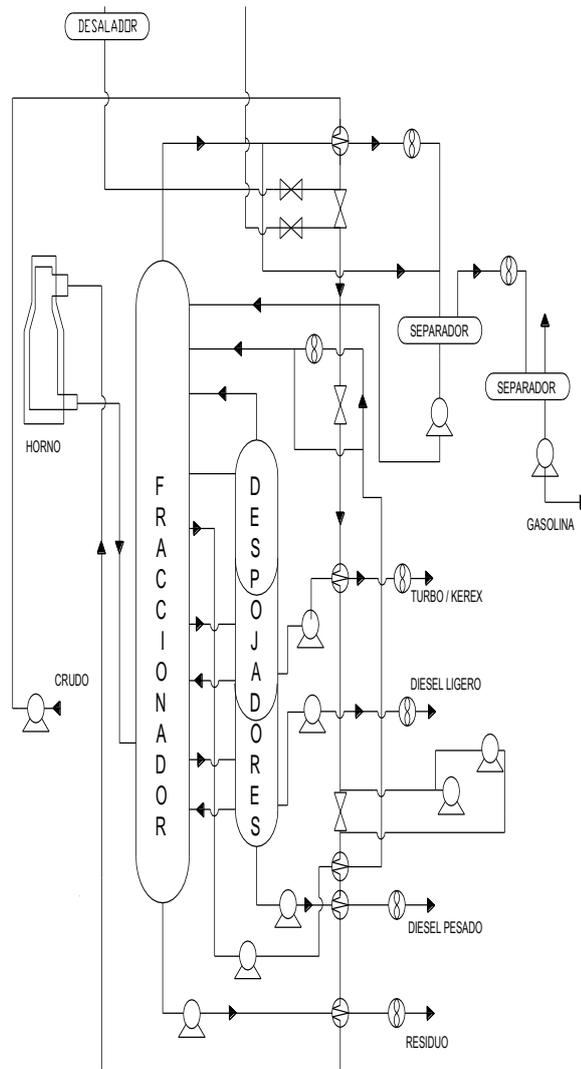
- Parafínico
- Nafténico
- Asfáltico o mixto
- Aromático

A continuación se presenta el flujo de proceso en el sistema de destilación del petróleo en la Refinería La Libertad en la Planta Cautivo respectivamente:

1. El petróleo es enviado desde los campos petrolíferos en el nororiente ecuatoriano a través del oleoducto hacia Esmeraldas, y de ahí vía cabotaje (buques) llega a La Libertad donde es bombeado desde los buques a través de la línea submarina, de allí es enviado a través de un by pass hacia los contadores de flujo para posteriormente pasar a los tanques de almacenamiento de crudo, que es el nombre que toma el petróleo sin procesar. El petróleo llega a los tanques de almacenamiento donde reposa aproximadamente 16 horas, para luego ser purgado y eliminar generalmente agua.

2. Desde los tanques de almacenamiento, el crudo va a través de tuberías hacia las bombas de carga, para de allí pasar al primer tren frío. Posteriormente pasa a los tambores denominados desaladoras, en donde el petróleo es sometido a un proceso de desalado (lavado con agua) para eliminar sales, básicamente de cloro y azufre, para así evitar la corrosión en las unidades de proceso y mejorar la calidad del combustible.
3. De las desaladoras el flujo pasa al segundo tren de intercambio de calor llamado tren caliente por medio de intercambiadores usando productos calientes que bajan de la torre de destilación, para posteriormente pasar al horno entrando el producto con una temperatura de 320° C, pasando luego a la torre de destilación atmosférica donde el petróleo se fracciona en sus múltiples componentes, aprovechando el amplio rango de ebullición de estos, utilizando operaciones de calentamiento, vaporización, condensación, enfriamiento y revalorización que van distribuyendo los hidrocarburos a lo largo de la columna, algunos de los cuales pueden ser sacados directamente como productos.
4. Los gases que salen por el domo de la torre pasan por los enfriadores, donde estos gases son condensados y enviados al acumulador. La función de los acumuladores es la de actuar como recipientes de succión de bombas de reflujo o de productos de cabeza. En estos recipientes se produce la separación del agua de los hidrocarburos. En caso del sistema de destilación atmosférica se separan la nafta bruta que pasa al sistema de fraccionamiento, la figura 7 muestra este proceso.

Gráfico N° 7. Procesos de Refinación del Petróleo.



Fuente: EP PETROECUADOR, Refinería La Libertad

La refinería está equipada con tres unidades de destilación primaria:

- Planta Parson con una capacidad de 26 mil barriles por día de operación.
- Planta Universal con una capacidad de producción de 10 mil BPD
- Planta Cautivo cuenta con una capacidad de 9 mil BPD.

Dependiendo de la demanda se puede regular el proceso para obtener emisiones variables de productos en los diferentes chorros. El crudo por la acción de la temperatura separa en primer lugar una mezcla de gases, cuando sube 150°C fracciona gasolina, entre 200°C -250°C segrega nafta y gasolina, destila luego el kerosene a 250°C, el combustible diésel a 250°C y 350°C. Finalmente, queda un residuo que incluye el fuel oíl y el asfalto que destila después de los 400°C y que se utiliza como combustible industrial.

Entre los cortes o fracciones enumeradas anteriormente es posible obtener una serie de productos secundarios tales como; solventes en fracción de gasolina, solventes para fungicidas en la fracción diésel y finalmente el residuo puede ser tratado mediante una destilación al vacío para recuperar aun combustible industrial y separar el asfalto. A continuación se mencionan estos productos:

- Gasolinas
- Diésel
- Gas licuado de petróleo
- Turbo fuel (JP1, JP4)
- Destilado 1
- Solvente 1
- Spray
- Mineral Turpentine
- Rubber Solvent
- Residuo

Propiedades y Aplicaciones de los Productos Finales

Gasolinas. Combustible utilizado en motores de combustión interna, esta tiene las siguientes propiedades.

- Peso específico: 0.740 máx.
- Potencia calorífica superior: 11250 Kcal/Kg.

Diésel. Es un combustible para motores compresión-ignición, se distinguen dos clases:

- Clase A, o diésel ligero que se destina a motores de altas revoluciones como los de los vehículos.
- Clase B, o diésel pesado para motores marinos y de uso industrial.

Gas Licuado de Petróleo. En la unidad de concentración de gases se separan los gases no licuados y se obtiene gas licuado para uso doméstico e industrial

- **Uso doméstico:** Los gases licuados se utilizan en cocinas y calefacción de agua. Estos gases licuados o envasados suministran una gran concentración de energía térmica para un recipiente a través de quemadores por medio de un regulador de presión.
- **Uso industrial:** Como combustible su campo de aplicación va desde los tratamientos térmicos de los metales incluyendo soldadura, templado, cementación, y preparación de atmósferas controladas; soldadura de metales no férreos, soldadura con plomo, otros.; industria alimenticia, tostado de cereales, maduración de frutos; aplicaciones agrícolas, secado artificial; combustibles de motores de explosión, entre otros. Los valores promedios de algunas propiedades del gas licuado son:
 - Peso específico del líquido: 0.515 min.
 - Potencia calorífica superior: 11950 Kcal/Kg.

Turbo fuel (JP1 Y JP4). Es un combustible para turbinas de aviación, las más comerciales en nuestro país son JP1 Y JP4, pues las mayorías de las turbinas de los aviones han sido diseñadas para trabajar con este combustible. En contraste con los motores de pistón, las turbinas de gas pueden diseñarse para trabajar

segura y eficazmente en cualquier destilado del petróleo que permanezca líquido en todas las condiciones operantes, al operar a grandes alturas el sistema de alimentación de combustible funciona dentro de amplios límites de temperatura y presión. Estas condiciones extremas descartan el uso de fracciones pesadas como diésel o fuel oíl que solidifican fácilmente a bajas temperaturas, al igual que las fracciones ligeras, ya que estas se evaporan totalmente a grandes altitudes.

Destilado 1. Esta comprendido entre los disolventes denominados destilados, tiene un intervalo de destilación entre 160°C - 280°C con un peso específico de 0.795. En general estos disolventes se emplean en dos clases principales de procesos que son la extracción y la precipitación.

- Extracción: En el cual se desea eliminar o separar materiales solubles en el disolvente empleado, con la posible recuperación de la sustancia extraída.
- Precipitación: Donde se disuelven los productos con el objeto de por evaporación del disolvente, conseguir una película de la sustancia en cuestión, por ejemplo caucho, cera o pintura depositada sobre una superficie.

Spray Oíl. Es un aceite de petróleo, su peso específico varía entre 0.865 y 0.873, se lo obtiene en un rango de destilación de 315°C -375°C, se utiliza tanto como vehículo y agente tóxico en una gran variedad de compuestos emulsionados destinados a combatir las plagas de las cosechas. Las pulverizaciones de tipo hortícola suelen emplearse en conjunción con otros insecticidas tales como; sulfuro de cal, incrementando grandemente la presencia del aceite al efecto del insecticida.

Mineral Turpentine, Solvente 1. Son disolventes denominados “White spirits”, tienen un intervalo de destilación de 149°C - 212°C, sus pesos específicos corresponden a 0.865 y 0.792 respectivamente.

Rubber Solvent. Es un disolvente de caucho, tiene una temperatura final de destilación de 140°C y un peso específico promedio de 0.775. La industria del caucho es una de las mayores consumidoras de este disolvente, pues toma en cuenta su baja toxicidad y mejor control de fraccionamiento. Una de sus aplicaciones es la manufactura de guantes, donde se utiliza el procedimiento llamado de inmersión, que consiste en sumergir un molde con la forma de objeto, dentro de una solución de caucho y dejando evaporar el disolvente después de cada inmersión obtiene la capa de caucha deseada, completando el proceso por subsecuente vulcanización.

Residuo (Fuel Oil). El residuo puede considerarse como un producto terminado para la venta como fuel oil nacional y de importación, o puede sufrir una destilación al vacío (localmente se hace en refinería Esmeraldas). Al someterse el residuo a destilación a presión reducida o al vacío, se obtienen otros condensados adecuados para la manufactura de aceites lubricantes y una menor cantidad de residuo. Este residuo puede considerarse como combustible pesado o asfalto, o bien puede ser sometido a tratamientos para obtener lubricantes más pesados.

A continuación, se presenta la tabla No. 2 con la producción de la refinería.

Tabla N° 3. Producción diaria de la Refinería La Libertad.

PRODUCTO	BARRILES
EXTRA	8300
ABSORVER OIL	10
DIESEL1	800
DIÉSEL 2	9000
FUEL OIL	22400
JP1,JP4	1900
GLP	23
SPRAY OIL	482
SOLVENTES	320

Fuente: EP PETROECUADOR, Refinería La Libertad

2.4 Descripción de Equipos y Recipientes

Las maquinarias, equipos y recipientes que posee la Planta Cautivo para el actual procesamiento de los derivados del petróleo son:

- Tanques de Almacenamiento
- Torre de fraccionamiento, llamada también columna de platos, cuyo papel fundamental es la separación de subproductos.
- Platos de burbujeo, utilizados para el control interno de las torres de fraccionamiento.
- Hornos de calentamiento, empleados para la combustión del combustible para la obtención de derivados como gasolina o diésel.
- Despojadores, usado para la recuperación de los derivados livianos.
- Acumuladores de gasolina, empleados para condensar determinados derivados.
- Desalador, para la extracción de sales de los hidrocarburos y sus derivados.
- Bombas centrifugas, para la transferencia de líquidos.
- Válvulas, se maneja una serie de válvulas, específicas para función o subproceso.
- Transmisor de temperatura para el control del índice de temperatura que se maneja en el fluido del proceso.
- Control de presión.
- Control de flujo.
- Control de nivel, para el cambio de presión de aire sobre la válvula.
- Intercambiadores de calor, para el cambio de temperatura del procesamiento de los derivados.
- Calderas.
- Quemadores, localizados en el interior del horno.
- Enfriadores.

Tabla N° 4. Descripción Actual de Equipos en la Planta Cautivo.

TORRES		ESTADO
T-1	Torre de pre-destilación	Bueno
T-2	Torre de fraccionamiento	Regular
SEPARADOR/ACUMULADOR		
V-1	Despojador de kerosene (stripper)	Bueno
V-2	Despojador de diésel liviano (stripper)	Bueno
V-3	Despojador de diésel pesado (stripper)	Regular
V-4	Tanque de reflujo de torre T-2	Bueno
V-5	Tanque de reflujo de torre T-1	Bueno
V-6	Deparador de crudo/agua	Bueno
V-7	Desalador	Nuevo
V-15	Tambor de gas	Bueno
INTERCAMBIADORES/ENFRIADORES		
E-2	Intercambiador de crudo/diésel liviano	Regular
E-4 A	Intercambiador de crudo/residuo	Regular
E-5	Intercambiador de crudo/diésel pesado	Bueno
E-6 A	Intercambiador de crudo/residuo	Bueno
E-6 B	Intercambiador de crudo/residuo	Bueno
E-7 A	Intercambiador de crudo/kerosene de reflujo	Bueno
E-7 B	Intercambiador de crudo/kerosene de reflujo	Bueno
E-8	Enfriador de kerosene	Bueno
E-9	Enfriador de tope de Torre T-1	Bueno
E-10 A	Enfriador de tope de Torre T-2	Bueno
E-10 B	Enfriador de tope de Torre T-2	Bueno
E-14	Enfriador de diésel liviano	Bueno
E-15	Enfriador de diésel pesado	Bueno
E-100	Condensador de tope de la torre T-2	Bueno
E-200	Condensador de tope de la torre T-2	Bueno
E-302	Enfriador de kerosene de reflujo	Bueno
E-16	Enfriadores atmosféricos de residuo	Bueno
E-17	Enfriadores atmosféricos de residuo	Malo
E-18	Enfriadores atmosféricos de residuo	Malo
E-19	Post-enfriador de kerosene	Malo
E-20	Post-enfriador de diésel liviano	Malo
BOMBAS		
P-1 A	Bomba de carga de crudo	Bueno
P-1 B	Bomba de carga de crudo	Bueno
P-11 A	Bomba de fondo de la torre T-1	Bueno
P-11 B	Bomba de fondo de la torre T-1	Bueno

P-3 A	Bomba de reflujo de tope de la torre T-1	Bueno
P-3 B	Bomba de reflujo de tope de la torre T-1	Bueno
P-4 A	Bomba de fondo de la torre T-2	Bueno
P-4 B	Bomba de fondo de la torre T-2	Bueno
P-5 A	Bomba de reflujo lateral de torre T-2	Bueno
P-5 B	Bomba de reflujo lateral de torre T-2	Bueno
P-9 A	Bomba de reflujo de tope de la torre T-2	Bueno
P-9 B	Bomba de reflujo de tope de la torre T-2	Bueno
PQ-1	Inyección de sosa caustica al crudo	Bueno
PQ-3	Inyección de amoniaco en las líneas superiores de T-1 y T-2	Regular
PQ-4	Neutralizador orgánico a la línea superior de T-2 de reflujo	Regular
PQ-5	Inyección de sosa caustica DICHEN 2P4 sulfito a las calderas	Regular
PQ-10	Kerosene del despojador hasta el tanque de recepción directa	Bueno
P-12	Diésel liviano del despojador hasta el tanque de recepción directa	Bueno
P-13	Diésel pesado del despojador hasta el tanque de recepción directa	Bueno
P-14	Bomba de desechos (inyección slop a la planta)	Bueno
P-15	Inyección de kerosene en la línea de residuo	
P-R1	Bomba de combustible a calderas y hornos	Malo
P-R2	Bomba de combustible a calderas y hornos	Regular
VÁLVULAS		
CANTIDAD		
16	Válvulas de vapor de ½ pulgadas	Malo
16	Válvulas de combustible de ½ pulgadas	Malo
HORNOS		
H-2 A	Calentador de crudo	Regular
H-2 B	Calentador de crudo	Regular
CALDERAS		
#1	Caldera pequeña	Regular
#2	Caldera pequeña	Malo
#3	Caldera Pirotubular	Regular
#4	Caldera Pirotubular	Bueno
#5	Caldera Pirotubular	Regular

Fuente: EP PETROECUADOR, Refinería La Libertad.

2.4.1 Tanques

Son recipientes que se utilizan para el almacenamiento de fluido en reposo generalmente son de forma cilíndrica de techo fijo y de techo flotante.

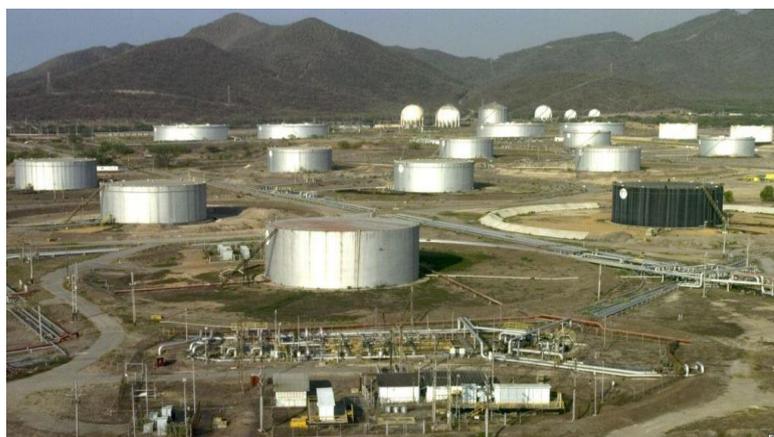
Tanques de carga

Es el recipiente que contiene o almacena materia prima o alimentación para las unidades del proceso. Si el producto contenido es el petróleo y lo utilizaran de carga a la unidad de crudo este recipiente se denomina tanque de carga a la unidad de crudo. En algunos casos es necesario mantener caliente con vapor y aislamiento térmico en las paredes exteriores.

Tanque de productos

Los tanques que reciben productos de los procesos y los almacenan momentáneamente, se denominan tanques intermedios y mantienen esta materia hasta cuando sea utilizada en otro proceso o como materia para preparación de algún producto final. Los productos finales están contenidos en recipientes llamados tanques de productos terminados.

Imagen N° 3. Tanques de almacenamiento.



Fuente: EP PETROECUADOR, Refinería La Libertad

2.4.2 Torre de Fraccionamiento

Torre de fraccionamiento o columna de platillos, en la que se efectúa la separación de los productos de la siguiente forma: los vapores más ligeros salen en primer lugar (propano, butano y en general los gases ligeros) y pasan al condensador. Las fracciones intermedias son evacuadas lateralmente (gasolinas, gas-oíl, naftas o ciclo alcanos, queroseno o petróleo lampante). El residuo permanece en el fondo o en la base de la torre (fuel o mazut). Cada fracción es enfriada e impulsada mediante una bomba hasta el recipiente de almacenaje, en donde se obtienen, en resumen, los siguientes productos. (Véase anexo 1):

- Gas de calefacción (menos de 20°C)
- Petróleo ligero (20°C-90°C)
- Ligroina / nafta ligera (90°C-120°C)
- Queroseno o parafina (200°C-300°C)
- Aceite lubricante (más de 300°C)
- Residuo sólido, asfalto y materia bituminosas.

2.4.3 Platos de Burbujeo

Los platos de burbujeo tienen una fundamental importancia para la verificación del proceso continuo que se opera en el interior de la torre de fraccionamiento, por el cual los vapores del petróleo crudo se condensan dando los distintos cortes o subproductos a distintas alturas de la misma. Al poner en contacto íntimo a los vapores que ascienden desde el fondo de la torre con los líquidos ya condensados, permiten que ese vapor se condense a su vez, cuando su densidad y su punto de ebullición coinciden con la del líquido del corte del plato respectivo. El vapor burbujea en la masa líquida a través del dispositivo. Hay en la torre bandejas o platos de burbujeo que son, además colectores de los colectores de los cortes acumulados y por donde los mismos tienen salida al exterior. (Ver anexo 2).

2.4.4 Horno de Calentamiento

La forma de energía más importante utilizada en RLL, es el calor, la energía calórica se obtiene generalmente por combustión del combustible. Naturalmente, debido a que la combustión involucra calor y altas temperaturas, la combustión debe estar bien controlada para ser segura. El horno es un intercambiador de calor en el que el fluido de proceso fluye dentro de tubos y se calienta por radiación procedente de una llama de combustión y por convección desde los gases calientes.

Combustión.- La combustión no es otra cosa que una reacción química entre un combustible y un comburente con una fuerte liberación de energía calórica que proviene de la energía química que poseía el combustible antes de sufrir la reacción. Puesto que el combustible es un hidrocarburo que contiene carbono es hidrógeno y el aire contiene oxígeno, los productos de la combustión que salen por la chimenea del horno deben contener estos componentes. A continuación describimos la reacción de combustión con la siguiente fórmula:

Condiciones Necesarias:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Combustible} \\ \text{Oxígeno} \\ \text{Temperatura} \end{array} \right.$$

Completa $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$ (*Exceso de O_2*)

Incompleta $2CH_4 + \frac{5}{2}O_2 \rightarrow C + CO + 4H_2O$ (*Defecto de O_2*)

El O_2 es provisto por el aire: 79% N_2 , 21% O_2

Elementos básicos de un horno

- Hogar o cámara de combustión

- Chimenea
- Dámper
- Zona de convección
- Zona de radiación
- Zona de choque
- Quemadores

Hogar o cámara de combustión. Es el espacio donde se produce la combustión completa de un combustible mediante una llama limpia y estable con la entrega de importantes cantidades de calor por radiación a un fluido en proceso.

Chimenea. Consiste en un tubo vertical por el cual se descargan los gases de combustión a la atmósfera.

Dámper. Es una válvula que regula la salida de gases del horno por la chimenea, es una tapa dividida en dos partes para facilitar su manipulación.

Zona de choque. Es aquella a la que pertenecen las primeras filas de tubos de la zona de convección, que escudan a los tubos restantes de la radiación directa proveniente de la llama.

Quemadores. Uno de los componentes de fuego directo es el quemador, los quemadores pueden estar instalados dentro del horno, en los lados, en los extremos, o en el piso. En la siguiente Imagen No. 4 ilustramos el horno de la planta Cautivo y sus partes:

Imagen N° 4. Elementos constitutivos del Horno.



Fuente: Refinería La Libertad

2.4.5 Despojadores

Instrumento utilizado en la refinería para el diésel 1 y el diésel 2 consta de seis platos de burbujeo, inyectamos vapor en el fondo del despojador para aumentar su punto de inflamación y recuperar los hidrocarburos livianos que regresen luego a la torre de fraccionamiento. (Ver anexo 3).

2.4.6 Acumulador de Gasolina (Receptor)

Todas las columnas de fraccionamiento tienen acumuladores de productos de cabeza para recibir los gases de cabeza condensados (gasolina). Tenemos el típico acumulador con bota de agua en el fondo, según el diseño, este acumulador permite que el agua sedimente en la bota sin la asistencia de un dispositivo de

coalescencia. El nivel líquido correspondiente a un volumen considerable de agua que puede acumularse y alcanzar un nivel máximo en el acumulador antes de que salga por la línea de salida en la fase orgánica.

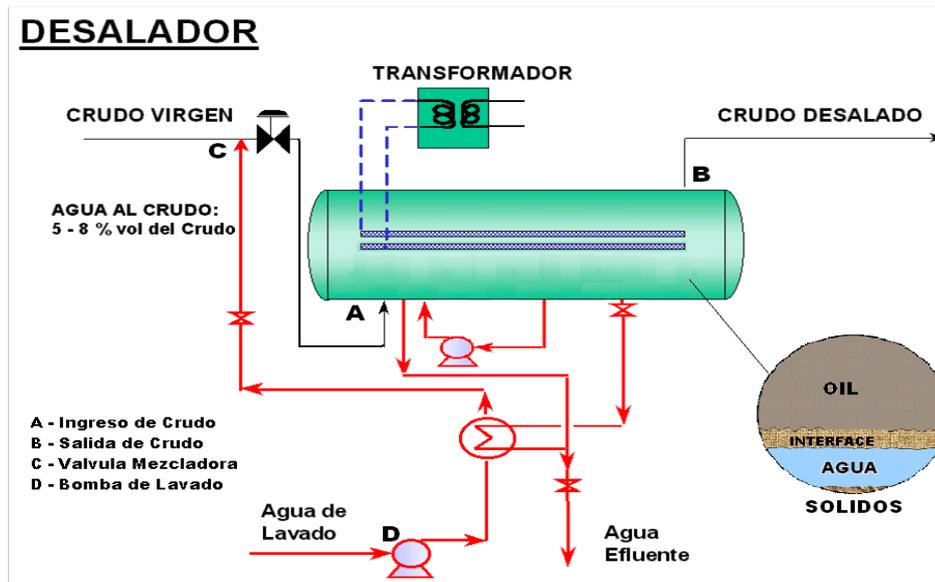
2.4.7 Desalador

La desaladora es un recipiente cuya función principal es separar y eliminar a través de un campo eléctrico, las sales que contiene el crudo de carga, así también es útil para eliminar el agua y sedimento. Es un recipiente cilíndrico, en posición horizontal, al cual ingresa el crudo de carga que ha sido previamente colocado en el tren primario de intercambio de calor, aprovechando las corrientes calientes de la misma torre, hasta una temperatura de 120°C, y una presión de trabajo de 20kg/cm², presión suficiente para mantener los gases en estado líquido.

Antes de que el crudo ingrese a la desaladora se le inyecta agua tratada para ayudar a disolver las sales que contenga. Dentro de la desaladora la emulsión crudo-agua es sometida a un campo eléctrico producido en un juego de parrillas horizontales y el agua salada del crudo y depositada en parte inferior de la desaladora por tener mayor peso específico que el crudo, el agua salada es retirada, enfriada y enviada a la unidad de tratamiento de aguas para luego ser utilizada o enviada fuera de refinería pero en condiciones tales que no afecten al medio ambiente.

El crudo dependiendo de una normal eficiencia de la desaladora debe salir con menos de libras de sal por cada mil barriles, y con 0,1% máximo de agua para enseguida salir a un segundo tren de intercambio de calor donde elevara su temperatura hasta 230°C y posteriormente ingresa al horno o calentador. Al eliminar las sales de crudo de carga estaremos disminuyendo la severidad de la corrosión que destruye los equipos como horno, torres, enfriadores, acumuladores y demás equipos y líneas que actúan en el proceso de refinación.

Gráfico N° 8. Desalador con sus respectivos accesorios.



Fuente: EP PETROECUADOR, Refinería La Libertad

2.4.8 Bombas Centrifugas

La función básica de una bomba es la de transferir líquido de un recipiente a otro. Una bomba realiza este trabajo impartiendo energía al líquido la energía de movimiento se transforma en energía de presión en la bomba. Una bomba centrífuga debe tener siempre alimentada la succión para trabajar eficientemente. Cuando se diseña las bombas, las condiciones en la succión constituyen la base de los cálculos. La presión de succión viene determinada por la presión hidrostática sobre la línea de succión ejercida por el líquido a bombearse. La finalidad de la bomba es el aumentar la presión de un líquido y facilitar su transferencia a otros recipientes (Ver anexo 4).

2.4.9 Válvulas

Generalmente, se usan válvulas de compuerta son excelentes para este servicio o esta tarea, el diseño de su asiento al abrirse, permite que el fluido se mueva a través de la válvula en línea recta con una restricción al flujo y una pérdida de

presión mínima. (Véase anexo 5). Existen diferentes tipos de válvulas que están destinadas a realizar distintas labores entre las cuales existen las siguientes:

Tabla N° 5. Tipos de válvulas en la Refinería La Libertad.

1.	Válvulas de compuerta	14.	Válvula de seguridad
2.	Válvulas de asiento	15.	Válvula de descarga
3.	Válvula de globo	16.	Válvula de alivio
4.	Válvula de ángulo	17.	Válvula balanceada
5.	Válvula de compuerta de vástago ascendente	18.	Válvula macho
6.	Válvula de compuerta de vástago no ascendente	19.	Válvula de bola
7.	Válvula de retención de pistón	20.	Válvula de pie
8.	Válvula de retención de balanceo	21.	Válvula de purga de las calderas
9.	Válvula de retención horizontal de levantamiento	22.	Válvula de diafragma
10.	Válvula de retención vertical de levantamiento	23.	Válvula gauge cock
11.	Válvula de retención	24.	Válvula de control de asiento doble
12.	Válvula de aguja	25.	Válvula de escape atmosférico
13.	Válvula de mariposa	26.	Válvula deslizante

Fuente: EP PETROECUADOR, Refinería La Libertad

Elaborado por: Cesar Balón

Los sistemas de control por medio de instrumentación se usan en la RLL en varias aplicaciones con la readecuación que se migro a esta tecnología el año 2016. Un sistema de control completo para una aplicación específica, se llama a menudo un bucle o un circuito de control, la mayoría de circuitos de control que se encuentran serán analizados a continuación:

2.4.10 Control de Temperatura

El transmisor de temperatura compara la temperatura del fluido del proceso después del intercambiador con el valor deseado en el controlador de temperatura (TRC). El TRC regula la válvula de control de vapor que va al intercambiador de calor para mantener la temperatura deseada en la corriente del proceso. Si se requiere menos calor (temperatura), el controlador disminuirá la presión del aire a la válvula de control, permitiendo que fluya menos vapor al intercambiador, reduciendo de esta forma a la temperatura de salida del hidrocarburo del proceso. Controlar la temperatura en un proceso con un horno es algo similar al anterior, pero en este caso la temperatura de la corriente de proceso se controla con la cantidad de gas y de aceite combustible.

Algunos intercambiadores y los demás equipos de refinación pueden tener el punto de control de temperatura situado en algunos platos o por debajo del plato superior. (Véase anexo 6).

2.4.11 Control de Presión

El control de presión puede tener varias variaciones, en las actividades productivas de la refinería se usa el circuito de control de presión automatizado a través de señales digitales y analógicas a través de un Sistema SCADA. Este permite, la presión a controlarse es transmitida al controlador, si la presión es demasiada alta, se incrementa el aire a la válvula de control (abre con aire) abriendo la válvula. Esta permite que mayor cantidad de gas descargue al sistema de purga o desfogue de gas. Cuando la presión alcanza el punto deseado se reduce el aire a la válvula de control para mantener la presión deseada del proceso. Los sistemas de control de presión pueden estar en recipientes de otro tipo o internamente en las líneas de proceso. El método de control es similar (Véase el anexo 7).

2.4.12 Control de Flujo

Se muestra un circuito típico de control de flujo, el valor real del flujo en la línea es transmitido al controlador. La presión del aire al diagrama de la válvula de control es regulada para dar el caudal deseado. (Véase anexo 8).

2.4.13 Control de Nivel

El operario probablemente encontrará varios tipos de controles de nivel en una refinería, básicamente todos son similares en los equipos de refinamientos del sistema de producción actual en la refinería. El nivel del líquido se transmite al controlador, el cual cambia la presión de aire sobre la válvula de control para mantener el nivel deseado. Si el nivel es demasiado alto el controlador incrementará la presión de aire sobre el diafragma de la válvula de control (abre con aire) causando así la disminución del nivel en el separador. (Véase el anexo 9).

2.4.14 Intercambiadores de calor

El intercambiador de calor es un pequeño equipo diseñado para transferir calor entre dos medio que estén separados por una barrera o que se encuentren en contacto. Son parte esencial de los dispositivos de refrigeración, acondicionamiento de aire, producción de energía y procesamiento químico. Detallamos a continuación los que se utilizan en la refinería La Libertad.

Intercambiadores de calor doble tubo

Este dispositivo es un elemento interno en U que esta insertado en dos tubos de mayor diámetro. El diámetro extremo de las aletas tiene que ser ligeramente menor que el diámetro interno de la carcasa. Las carcasas están soldadas a una placa terminal, donde el terminal flotante de la horquilla está cerrado con una

cubierta empernada y empacada proporcionando un espacio suficiente para la expansión y contracción de los tubos o elementos internos.

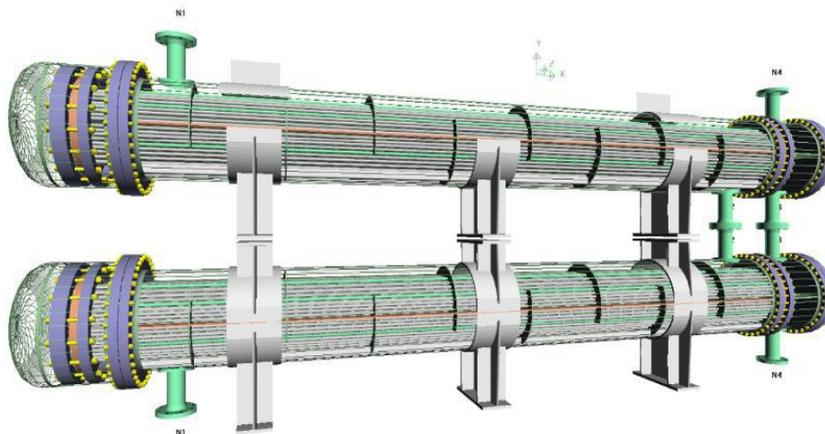
Intercambiadores de tubo y carcasa

El intercambiador de tubo y carcasa consiste en un número de tubos paralelos encerrados en una carcasa cilíndrica. Estos equipos pueden clasificarse basado en la construcción del cabezal de tubos, en todos los casos los tubos están mandrilados o soldados al cabezal para impedir perdidas hacia la carcasa.

Intercambiadores con placa porta tubos (cabezal flotante)

Es el más común en la refinería en cada una de sus plantas, el flujo de la carcasa es de un solo paso, pero la circulación del líquido está controlado por los deflectores, sin estos los tubos se retorcerían y el flujo seria paralelo a los tubos, dando una transferencia de calor pobre.

Imagen N° 5. Esquema de un intercambiador de calor con placa porta tubo.



Fuente: Refinería La Libertad

2.4.15 Calderas

Es un dispositivo utilizado para generar vapor a una presión superior a la atmosférica mediante un proceso de transferencia térmica. Las calderas se componen de un compartimiento donde se consume el combustible y otro donde el agua se convierte en vapor.

En esencia una caldera es un recipiente cerrado, lleno parcialmente de agua a la que se le aplica calor procedente de alguna fuente, tal como un combustible, electricidad, otros. Para hacerle hervir y producir vapores. Como estos vapores están confinados a un espacio cerrado, se incrementará la presión interior y con ello la temperatura de ebullición del agua, pudiendo alcanzar finalmente muy elevados valores de presión y temperatura. Estos vapores se concentran en la parte superior del recipiente inicialmente vacío, conocido como domo de donde se extrae vía conductos para ser utilizados.

Función

Las calderas o generadores de vapor son equipos cuya función es:

- Generar agua caliente para calefacción y uso general.
- Generar vapor para industrias.
- Accionar turbinas de equipos mecánicos.
- Suministrar calor a los procesos industriales.
- Producción de energía eléctrica mediante turbinas de vapor.

La generación de vapor de agua se produce mediante la transferencia de calor del proceso de combustión que ocurre en el interior de la caldera hacia el agua, elevando de esta manera su temperatura, presión y convirtiéndolas en vapor.

Calderas Pirotubulares.

La caldera de vapor pirotubular, concebida especialmente para el aprovechamiento de gases de recuperación presenta las siguientes características. Está formada por un cuerpo cilíndrico de disposición horizontal, incorpora interiormente un paquete multitubular de transmisión de calor y una cámara superior de formación y acumulación de vapor, el hogar y los tubos están completamente rodeados de agua, la llama se forma en el hogar pasando humos por el interior de los pasos siguientes para finalmente ser conducidos hacia la chimenea, una de sus desventajas es que presentan una elevada pérdida de carga en los humos.

En las calderas de vapor pirotubular, se la denomina de esta manera porque los humos pasan por dentro de los tubos, y el agua baña a estos por fuera, es decir los gases muy calientes procedentes de un quemador, se conducen a través de múltiples tubos embebidos en el agua contenida en el cuerpo de la caldera, hasta una chimenea de salida al exterior. Estos tubos se conocen como tubo de fuego. Durante su trayectoria por los tubos, ceden el calor al agua circundante haciendo hervir los vapores resultantes, burbujan en el resto del agua para concentrarse en el domo de donde se extrae para el proceso.

Características

- Sencillez en su construcción.
- Facilidad en su inspección, reparación y limpieza.
- Gran peso.
- La puesta en marcha es lenta.
- Gran peligro en caso de explosión o ruptura.

Imagen N° 6. Calderas Piro tubulares.



Fuente: Refinería La Libertad

Circuitos de alimentación de combustible

El sistema de alimentación de combustible hacia la caldera es vital en el proceso de generación de vapor, las calderas pueden utilizar diferentes tipos de combustibles como los siguientes:

- **Combustibles sólidos:** Madera, carbones, fósiles, antracita, hulla, lignito, turba, residuos orgánicos, carbón vegetal o leña. Su alimentación hacia la caldera puede ser manual o mediante bandas transportadoras.
- **Combustibles líquidos:** Los combustibles líquidos presentan, en general mejores condiciones que los sólidos para entrar en combustión y son sustancias que se las obtienen por destilación, ya sea del petróleo crudo o de la hulla y son los siguientes: nafta, querosén, diésel-oil, fuel-oil, alquitrán de hulla, alquitrán de lignito. Hay que tomar en cuenta que para la utilización de algunos de estos combustibles como por ejemplo el fuel oil (bunker) debe ser previamente precalentado debido a su viscosidad, el calentamiento se lo puede hacer con un sistema de resistencias eléctricas y

posteriormente con un sistema de calentamiento basado en la utilización del vapor de agua que genera la propia caldera.

- **Combustibles gaseosos:** Los combustibles gaseosos son los que mejores condiciones tienen para entrar en combustión. A continuación citaremos algunos tipos de combustibles gaseosos: gas natural, gas de alumbrado, acetileno, gas de agua, gas de aire, gas pobre o mixto, gas de alto horno.

Circuito de alimentación de agua

La alimentación de agua hacia las calderas se las hace de diferentes maneras entre estas están las siguientes:

- Red de abastecimiento (circuitos abiertos).
- Bombas impulsoras.
- Por termosifón (diferencia de densidades del agua caliente y fría).

Hay que considerar que el agua viene con impurezas diluidas como es el caso de sales y minerales que le da la característica de dureza al agua y son perjudiciales ya que estas sales producen denominadas incrustaciones en el interior de la caldera o en las mismas tuberías y las corroen disminuyendo su vida útil.

Debido a esto se debe hacer un tratamiento del agua antes que ingrese a la caldera, cabe destacar que no existe ningún tratamiento simplista ni producto químico apropiado para el tratamiento de todas las clases de aguas. Cada caso se debe considerar individualmente, los tratamientos más conocidos son los siguientes: filtrado, separación de lodos, calentamiento, vaporización o destilación, tratamiento con cal apagada, tratamiento con carbonato sódico, tratamiento con hidróxidos de cálcico, con fosfato trisódico y coagulantes.

2.4.16 Quemadores

Uno de los componentes más importantes de los hornos de fuego directo es el quemador. Los quemadores pueden estar instalados dentro del horno, en los lados, en los extremos, o en el piso. Los quemadores pueden estar dispuestos en los lados extremos a más de un nivel y pueden estar diseñados para operar con casi cualquier clase de combustible.

Los tipos más comunes de combustibles usados en la refinería son aceites o gas combustible, o en casos particulares fuel oil, procedentes de las operaciones de los procesos de refinamiento, los quemadores están diseñados para manejar varios gases residuales e incluso pueden trabajar con residuos de desecho, sin embargo los quemadores para aceite combustible que operan en la Planta Cautivo es Fuel Oil No. 6 para sus tres quemadores.

2.4.16 Aero-enfriadores o Enfriadores

Un alto porcentaje del enfriamiento y condensación en un proceso de refinación se hace por medio de intercambiadores que utilizan tubos con aletas por fuera de las cuales circula aire como medio de refrigeración. Un enfriador es un ventilador con una o más secciones e transferencia de calor montadas horizontalmente en un armazón de soporte, las secciones de transferencia constan de tubos con aletas fijados entre los cabezales, están diseñados de manera que un cabezal es fijo, mientras que el otro puede compensar las expansiones o contracciones térmicas. (Ver anexo 10).

CAPÍTULO III

ANÁLISIS E IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

3.1 Análisis de datos e identificación del problema

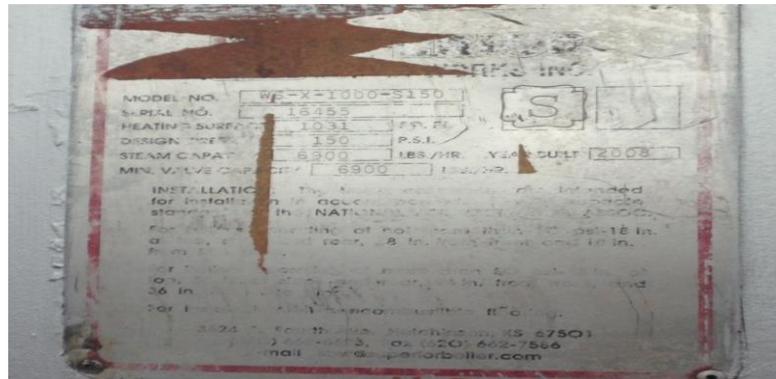
Una vez realizado el análisis de todos los datos obtenidos en la Planta Cautivo de la Refinería La Libertad-Provincia de Santa Elena, se ha podido determinar e identificar en donde radica el problema, y es que las cinco calderas existentes presentan anomalías en su funcionamiento; que son importantes para la ejecución del proceso de producción.

El principal síntoma de las calderas es la disminución de vapor saturado en su operación, por lo que en los transcurso de los años se ha generado pérdidas y una baja producción de los productos y subproductos derivados del petróleo, en la Planta Cautivo se trabaja con las que aún mantiene su funcionamiento en condiciones anormales para evitar paralizaciones imprevistas y estas perjudiquen con el sistema de refinación.

La Caldera # 2 esta inoperativa actualmente, según los datos estadísticos recopilados en la empresa, y que no aporta con ninguna acción de producción de vapor para la Planta Cautivo; las calderas # 1, # 3, # 5 presentan problemas graves en el funcionamiento, de modo que la caldera # 4 es la única que trabaja forzosamente al 100%; se da anotar que las calderas no cumplen con los parámetros de producción establecido por la empresa.

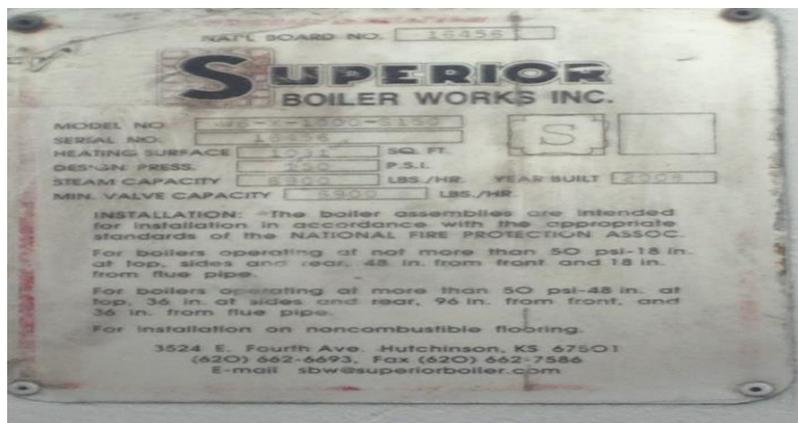
A continuación, se muestra fotografías de las especificaciones de cada una de las calderas:

Imagen N° 7. Especificaciones de la Caldera # 1



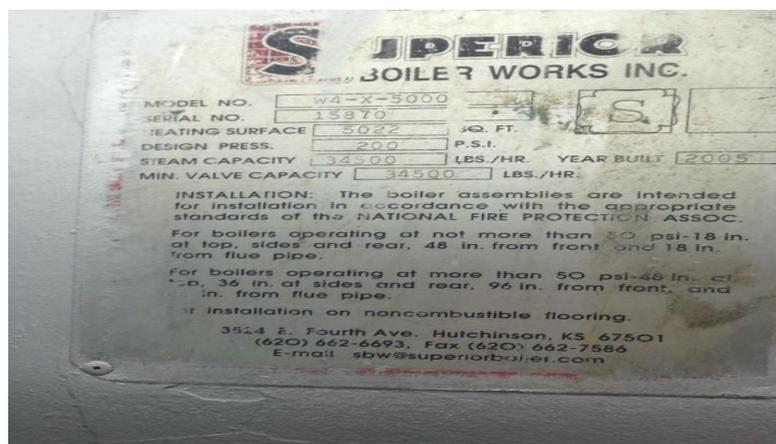
Fuente: EP PETROECUADOR, Refinería La Libertad

Imagen N° 8. Especificaciones de la Caldera # 2



Fuente: EP PETROECUADOR, Refinería La Libertad

Imagen N° 9. Especificaciones de la Caldera # 3 y 4



Fuente: EP PETROECUADOR, Refinería La Libertad

Imagen N° 10. Especificaciones de la Caldera # 5



Fuente: EP PETROECUADOR, Refinería La Libertad

En todo país desarrollado o en vías de desarrollo, la principal fuente de crecimiento económico es el incremento de la productividad, es así que en los países en vías de desarrollo es imperiosa la necesidad de estimular este crecimiento. El presente estudio surge de la necesidad de la empresa de encontrar alternativas y métodos que permitan un mejoramiento continuo de todas las líneas de proceso, en este caso un sistema de calentamiento más eficiente, rápido y flexible, adaptable a las necesidades, del actual sistema de calentamiento para el proceso de refinación de crudo en la Planta Cautivo:

Paralización Temporal de la producción. Cuando se habla de la paralización consiste en las múltiples paradas que ha sufrido las calderas por el mal funcionamiento, por lo tanto la Planta Cautivo no produce las cantidades estimadas de producción diaria.

Imagen N° 11. Paralización del funcionamiento de la Caldera #5



Fuente: EP PETROECUADOR, Refinería La Libertad

Elaborado por: Cesar Balón

Falta de coordinación del personal de mantenimiento. El personal de mantenimiento de la Planta de Cautivo presenta inconvenientes en el arreglo y las reparaciones de las calderas cuando tiene fallas en la generación de vapor, en las paralizaciones el personal tienden a demorarse en los períodos de mantenimiento, por lo que resulta perjuicios para la empresa.

Imagen N° 12. Personal de mantenimiento.



Fuente: EP PETROECUADOR, Refinería La Libertad

Elaborado por: Cesar Balón

Bajas temperaturas en el sistema de calentamiento. Las bajas temperaturas en el sistema de calentamiento, hablamos específicamente que la temperatura óptima con la operación de la caldera no alcanza a que el vapor sea saturado y precalentado a los estándares de producción, suele mayormente presentarse temperaturas de 250 °C, cuando en verdad se necesita 350 °C.

Imagen N° 13. Lecturas de Temperaturas.



Fuente: EP PETROECUADOR, Refinería La Libertad

Elaborado por: Cesar Balón

Baja calidad del vapor producido en las calderas. La baja calidad corresponde al mal funcionamiento que tienen las calderas en la Planta Cautivo, ya que al no alcanzar las presiones y temperaturas deseadas, la generación de vapor es deficiente mostrando características de vapor condensado, este vapor sigue teniendo líquidos encapsulados en su composición.

Imagen N° 14. Baja calidad del vapor producido.

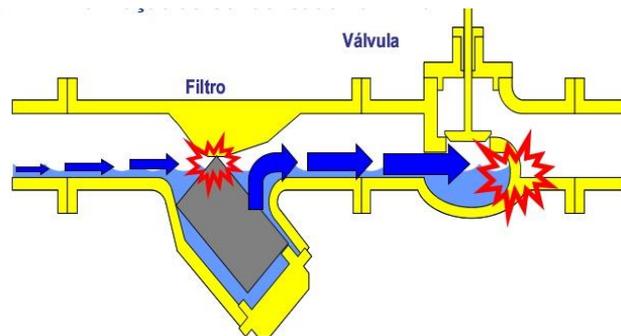


Fuente: EP PETROECUADOR, Refinería La Libertad

Elaborado por: Cesar Balón

Vapor condensado mezclado con el vapor saturado. Es notorio este problema cuando se empieza mandar vapor a las unidades de destilación o a la fraccionadora, por lo que los derivados presentan cantidades mínimas de agua inmersa en su composición, lo que da como resultado un derivado de bajas condiciones de producción.

Imagen N° 15. Vapor condensado mezclado con vapor saturado.



Fuente: EP PETROECUADOR, Refinería La Libertad
Elaborado por: Cesar Balón

Baja producción de vapor saturado. El déficit de vapor es el efecto que ha provocado las frecuentes paralizaciones de las calderas motivo del mal funcionamiento de estos equipos, las capacidades de producción han bajado durante los últimos años en curso hasta en la actualidad, un ejemplo claro de su déficit en los últimos meses se muestra a continuación:

Tabla N° 6. Producción de vapor en los primeros 5 meses del 2017.

PRODUCCIÓN DE VAPOR SATURADO DEL 2017	
MESES	VAPOR (lb/día)
ENERO	67.280
FEBRERO	66.900
MARZO	66.820
ABRIL	67.110
MAYO	66.558

Fuente: EP PETROECUADOR, Refinería La Libertad
Elaborado por: Cesar Balón

Baja producción de los derivados del petróleo debido a que las calderas no generan la cantidad adecuada de vapor saturado ya que están obsoletas y han cumplido su vida útil y esto ocasiona la baja producción, como se puede apreciar en los primeros 5 meses del año 2017, en la siguiente tabla:

Tabla N° 7. Producción de crudo en los primeros 6 meses del 2017.

ENERO		FEBRERO	
Gasolina	1.180	Gasolina	1.250
Diésel #1	1.100	Diésel #1	1.073
Diésel #2	900	Diésel #2	955
Residuos	4.750	Residuos	4.598
Total	7.930	Total	7.876
MARZO		ABRIL	
Gasolina	1.097	Gasolina	1.122
Diésel #1	1.018	Diésel #1	1.079
Diésel #2	951	Diésel #2	946
Residuos	4.856	Residuos	4.687
Total	7.922	Total	7.834
MAYO		JUNIO	
Gasolina	1.165	Gasolina	1.182
Diésel #1	1.086	Diésel #1	1.015
Diésel #2	966	Diésel #2	941
Residuos	4.654	Residuos	4.621
Total	7.871	Total	7.759

Fuente: EP PETROECUADOR, Refinería La Libertad
Elaborado por: Cesar Balón

Mientras que la producción de los derivados del petróleo en el 2011 era la siguiente:

Tabla N° 8. Producción de crudo en los primeros meses del 2011.

ENERO		FEBRERO	
Gasolina	1.887	Gasolina	1.862
Diésel #1	1.726	Diésel #1	1.676
Diésel #2	1.468	Diésel #2	1.412
Residuos	3.905	Residuos	3.915
Total	8.986	Total	8.865

Fuente: EP PETROECUADOR, Refinería La Libertad
Elaborado por: Cesar Balón

Comparando las tablas 7 y 8 nos podemos dar cuenta que hay una caída de producción con respecto al año 2011.

3.2 Diagrama de Ishikawa (Causa y Efecto)

El diagrama de Ishikawa o también llamado diagrama de Causa y Efecto, es una técnica gráfica muy utilizada para identificar fácilmente las relaciones entre un tema o problema y las posibles causas que pueden estar contribuyendo para que dicho problema ocurra.

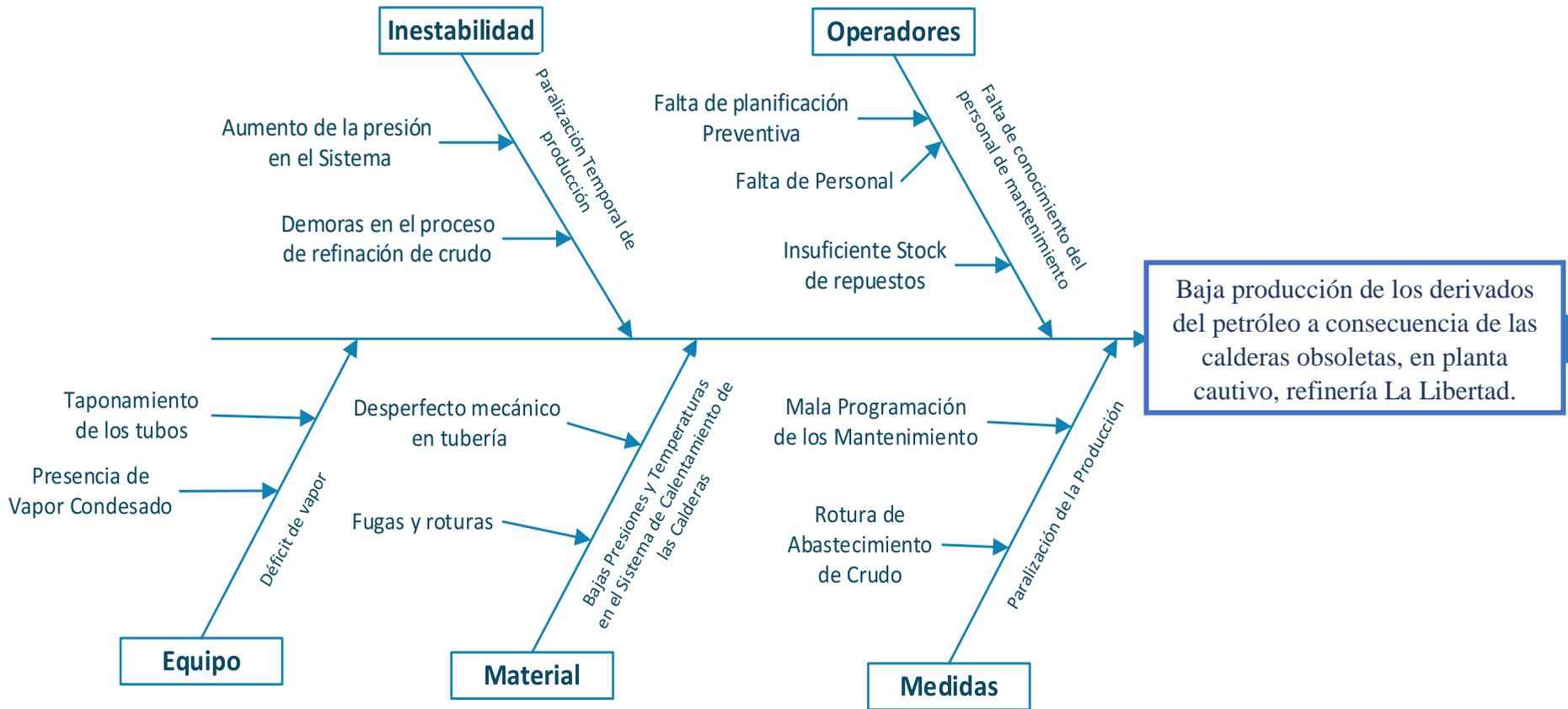
Se conoce también como “espina de pescado” por su apariencia, su utilización data de los años 1953 en Japón por su creador El profesor Kaoru Ishikawa, a quien debe su nombre, con el fin de sintetizar opiniones de los técnicos, operarios, ingenieros, entre otros trabajadores, se discuten los problemas de calidad acerca de la producción de vapor saturado.

La utilización del diagrama Ishikawa es para:

- Visualizar, en equipo, las causas principales y secundarias de un problema.
- Ampliar la visión de las posibles causas del problema, enriqueciendo su análisis y la identificación de soluciones.
- Analizar procesos en búsqueda de mejoras.
- Conduce a modificar procedimientos, métodos, costumbres, actitudes o hábitos, con soluciones, muchas veces sencillas y baratas.
- Educar sobre la comprensión de su problema.
- Sirve de guía objetiva para la discusión.
- Muestra el nivel de conocimientos técnicos que existe en la empresa sobre un determinado problema.
- Prevé los problemas y ayuda a controlarlos, no solo al final, sino durante cada etapa.

La finalidad del diagrama de Ishikawa es describir cada uno de las causas del problema que están afectando en el proceso de refinación de la Planta Cautivo, por ello se aplicó esta técnica como herramienta gráfica para mostrar cada uno de sus causas y efectos que ha generado en la actualidad por la problemática de las calderas obsoletas que funcionan hasta la fecha:

Gráfico N° 9. Diagrama de Ishikawa.



Fuente: EP PETROECUADOR, Refinería La Libertad

Elaborado por: César Balón

3.3 Diagrama de Pareto

Es una herramienta que se utiliza para priorizar los problemas o las causas que los generan. El nombre de Pareto fue dado por el Dr. Juran en honor del economista italiano Vilfredo Pareto (1848 – 1923) quien realizó un estudio sobre la distribución de la riqueza, en el cual descubrió que la minoría de la población poseía la mayor parte de la riqueza y la mayoría de la población poseía la menor parte de la riqueza. El Dr. Juran aplicó este concepto a la calidad, obteniéndose lo que hoy se conoce como la regla 80/20.

Según este concepto, si se tiene un problema con muchas causas, podemos decir que el 20% de las causas resuelven el 80% del problema y el 80% de las causas solo resuelven el 20% del problema.

Se recomienda el uso de diagrama de Pareto:

- Para identificar oportunidades para mejorar
- Para identificar un producto o servicio para el análisis de mejora de la calidad.
- Cuando existe la necesidad de llamar la atención a los problemas o causas de una forma sistemática.
- Para analizar las diferentes agrupaciones de datos.
- Al buscar las causas principales de los problemas y establecer la prioridad de las soluciones.
- Para evaluar los resultados de los cambios efectuados a un proceso comparando sucesivos diagramas obtenidos en momentos diferentes (antes y después).
- Cuando los datos pueden clasificarse en categorías
- Cuando el rango de cada categoría es importante
- Para comunicar fácilmente a otros miembros de la organización las conclusiones sobre causas, efectos y costes.

Los propósitos generales del Diagrama de Pareto:

- Analizar las causas
- Estudiar los resultados
- Planear una mejora continua.

La Gráfica de Pareto es una herramienta sencilla pero fundamental al permitir visualmente en una sola revisión las minorías de características vitales a las que es importante prestar atención y de esta manera utilizar todos los recursos para llevar a cabo una acción de mejora sin malgastar esfuerzos ya que con el análisis descartamos las mayorías triviales.

En este caso, para poder realizar el diagrama de Pareto, se ha tomado en cuenta varias variables importantes consideradas en el diagrama de Ishikawa, estas variables están categorizadas según la seriedad de las mismas.

El diagrama de Pareto está constituido de las variables o de las causas de la problemática en general sobre la baja producción de vapor saturado generado por las calderas industriales que actualmente están operando en la Planta Cautivo, dentro de las causas se ha elaborado una tabla donde se expone la frecuencia que presenta en el momento del procesamiento o refinación del crudo:

Tabla N° 9. Frecuencias de las Causas.

PROBLEMA	TIPO DE PROBLEMA	FRECUENCIA
1	PARALIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN	4
2	PARALIZACIÓN TEMPORAL DE LA PRODUCCIÓN	9
3	FALTA DE CONOCIMIENTO DEL PERSONAL DE MANTENIMIENTO	8
4	DÉFICIT DE VAPOR	12
5	BAJAS PRESIONES Y TEMPERATURAS EN EL SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE LAS CALDERAS	5

Elaborado por: César Balón

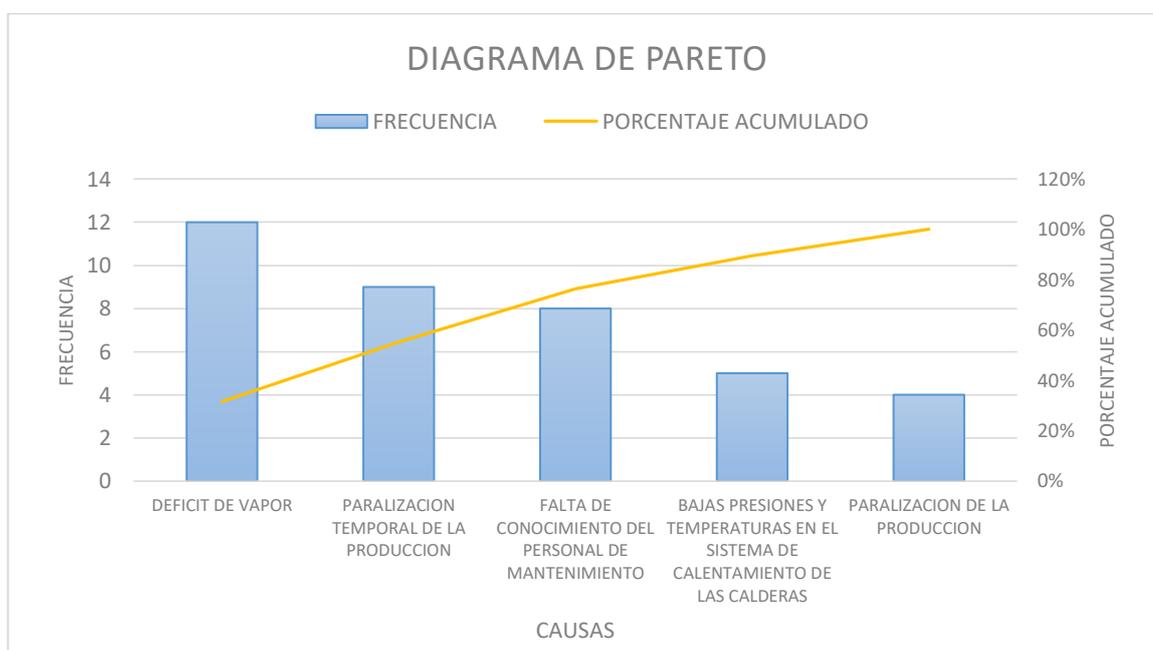
Una vez realizado la recopilación de las frecuencias de cada una de las causas se procede aplicar el método de Pareto y su diagrama, para ello se elaboró otra tabla que indica el orden de las causas por mayor a menor el grado de frecuencia, y así de esta manera representaremos el Diagrama de Pareto:

Tabla N° 10. Levantamiento de datos para la elaboración del diagrama de Pareto.

PROBLEMA	TIPO DE PROBLEMA	FRECUENCIA	FRECUENCIA ACUMULADA	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
1	DÉFICIT DE VAPOR	12	12	32%	32%
2	PARALIZACIÓN TEMPORAL DE LA PRODUCCIÓN	9	21	24%	55%
3	FALTA DE CONOCIMIENTO DEL PERSONAL DE MANTENIMIENTO	8	29	21%	76%
4	BAJAS PRESIONES Y TEMPERATURAS EN EL SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE LAS CALDERAS	5	34	13%	89%
5	PARALIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN	4	38	11%	100%
	TOTAL	38	134	100%	

Elaborado por: César Balón

Gráfico N° 10. Diagrama de Pareto.



Elaborado por: César Balón

Resumen

En función de las causas del problema y la dirección que lleve la gráfica de Pareto se concluye, que esto ha provocado la disminución de la generación de vapor saturado para los procesos de refinación de la Planta Cautivo, por lo que los equipos de trabajos deben realizar operaciones emergentes como paralizaciones de producción para cumplir con los mantenimientos, arreglos e imprevistos que suelen pasar comúnmente en la actualidad, de esta manera se demuestra las condiciones de trabajo que se mantiene en la empresa.

3.4 Análisis FODA

El FODA es una herramienta que sirve para analizar la situación competitiva de una organización, e incluso de una nación. Su principal función es detectar las relaciones entre las variables más importantes para así diseñar estrategias adecuadas, sobre la base del análisis del ambiente interno y externo que es inherente a cada organización.

Dentro de cada una de los ambientes (externo e interno) se analizan las principales variables que la afectan; en el ambiente externo encontramos las amenazas que son todas las variables negativas que afectan directa o indirectamente a la organización y además las oportunidades que nos señalan las variables externas positivas a nuestra organización. Dentro del ambiente interno encontramos las fortalezas que benefician a la organización y las debilidades, aquellos factores menoscaban las potencialidades de la empresa.

La identificación de las fortalezas, amenazas, debilidades y oportunidades en una actividad común de las empresas, lo que suele ignorarse es que la combinación de estos factores puede recaer en el diseño de distintas estrategias o decisiones estratégicas. Es útil considerar que el punto de partida de este modelo son las

amenazas ya que en muchos casos las compañías proceden a la planeación estratégica como resultado de la percepción de crisis, problemas o amenazas.

Las Tablas que se realizaran la identificación y la evaluación FODA, se utilizaran la siguiente valoración ubicándolos en categorías:

Tabla 11. Resumen FODA.

Escala	Categoría
1 – 2	Baja
3 – 4	Media
5	Alta

Elaborado por: Cesar Balón

3.4.1 Fortalezas

- Optimizar el sistema de calentamiento de los procesos de refinación de crudo.
- Todas las mejoras tendríamos temperaturas más altas en comparación con las actuales.
- Con las calderas mantendremos las cargas operativas de la Planta Cautivo.
- Se evitara las paralizaciones por mantenimiento de las calderas actuales.
- Se evitara pérdidas por calentamiento de los subproductos de refinamiento de la Planta Cautivo.
- Evitaríamos corrosión de las estructuras internas de los equipos por utilización de agua salada.
- Con la renovación de las calderas evitaremos fugas y desperfectos en el procesamiento del vapor saturado.
- Evitaremos mantenimiento por roturas de tubos por alta presión en las calderas.

Tabla N° 12. Fortalezas.

Fortalezas	A	M	B
1. Optimizar el sistema de calentamiento de los procesos de refinación de crudo.	5		
2. Todas las mejoras tendríamos temperaturas más altas en comparación con las actuales.	5		
3. Se evitaren las paralizaciones por mantenimiento de las calderas actuales.	5		
4. Se evitaren perdidas por calentamiento de los subproductos de refinamiento de la Planta Cautivo.		4	
5. Evitaríamos corrosión de las estructuras internas de los equipos por utilización de agua salda.	5		
6. Con la renovación de las calderas evitaremos fugas y desperfectos en el procesamiento del vapor saturado.	5		
7. Evitaremos mantenimiento por roturas de tubos por alta presión en las calderas.		4	

Fuente: EP PETROECUADOR, Refinería La Libertad

Elaborado por: Cesar Balón

3.4.2 Debilidades

- Corrosión de los equipos por utilización de agua salada.
- Equipo de calentamiento no abastece a la necesidad de producción.
- Paralización temporal de la producción.
- Rotura de tubos por altas presiones en el sistema de calentamiento.
- Calderas industriales que han cumplido su vida útil.
- No se puede incrementar la carga operativa de la Planta Cautivo.

Tabla N° 13. Debilidades

Debilidades	A	M	B
1. Corrosión de los equipos por utilización de agua salada.			1
2. Equipo de calentamiento no abastece a la producción actual.		3	
3. Paralización temporal de la producción			2
4. Rotura de tubos por altas presiones en el sistema de calentamiento.			2
5. Calderas industriales que han cumplido su vida útil.			2
6. No se puede incrementar la carga operativa de la Planta Cautivo.			1

Fuente: EP PETROECUADOR, Refinería La Libertad

Elaborado por: Cesar Balón

3.4.3 Oportunidades

- Mayor interés del Estado Ecuatoriano para optimizar los niveles de producción y todo lo que ello implica, en la Refinería de Libertad.
- La producción se mantendrá constante.
- Efectividad en la producción.
- Tener una empresa con tecnología moderna.
- Poder incrementar la carga operacional.
- Evitaremos escases de combustibles a nivel local, regional y nacional.
- Mayor capacitación del personal de la Planta Cautivo.

Tabla N° 14. Oportunidades.

Oportunidades	A	M	B
1. Mayor interés del Estado Ecuatoriano para optimizar los niveles de producción y todo lo que ello implica, en la Refinería de Libertad.	5		
2. La producción se mantendrá constante.	5		
3. Efectividad en la producción.	5		
4. Tener una empresa con tecnología moderna.		4	
5. Poder incrementar la carga operacional.		4	
6. Evitaremos escases de combustibles a nivel local, regional y nacional.	5		
7. Mayor capacitación del personal de la Planta Cautivo.		3	

Fuente: EP PETROECUADOR, Refinería La Libertad

Elaborado por: Cesar Balón

3.4.4 Amenazas

- No se generaran fuentes de trabajo eventual.
- Presupuesto reducido para adquisición de nuevos equipos.
- Paralización temporal de la planta Cautivo por reparación, instalación, y puesta en marcha.

- Desconocimiento del personal para operación del nuevo sistema de calentamiento.
- Disminución de la contaminación del medio ambiente.
- Estará el nuevo sistema calentamiento en capacidad de soportar la totalidad de producción de la Planta Cautivo.

Tabla N° 15. Amenazas.

Amenazas	A	M	B
1. No se generaran fuentes de trabajo eventual.		3	
2. Presupuesto reducido para adquisición de nuevos equipos.		3	
3. Paralización temporal de la Planta Cautivo por reparación, instalación, y puesta en marcha.			2
4. Desconocimiento del personal para operación del nuevo sistema de calentamiento.		3	
5. Disminución de la contaminación del medio ambiente.		3	
6. Estará el nuevo sistema calentamiento en capacidad de soportar la totalidad de producción de Planta Cautivo.		4	

Fuente: EP PETROECUADOR, Refinería La Libertad

Elaborado por: Cesar Balón

3.5 Matriz FODA

Tabla N° 16. Matriz FODA.

<p style="text-align: center;">FACTORES INTERNOS</p> <p style="text-align: center;">FACTORES EXTERNOS</p>	<p style="text-align: center;">Lista de Fortalezas</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Se evitara para por mantenimientos de calderas. 2. Con la renovación de las calderas evitaremos contaminación del medio ambiente. 3. Con las nuevas calderas mantendremos las cargas operativas de la Planta Cautivo. 4. Evitaremos mantenimientos por roturas de tubos por alta presión en sistemas de calentamiento. 5. Optimizar el sistema de calentamiento de los procesos de refinación de crudo. 	<p style="text-align: center;">Lista de Debilidades</p> <ol style="list-style-type: none"> 6. Rotura de tubería por altas presiones en sistema de calentamiento. 7. Equipo de calentamiento no abastece a la producción actual. 8. Corrosión de los equipos por utilización de agua salada. 9. No se puede incrementar la carga operativa de la Planta Cautivo. 10. Equipo de calentamiento no abastece a la producción actual.
<p style="text-align: center;">Lista de Oportunidades</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mayor interés del Estado Ecuatoriano para optimizar los niveles de producción y todo lo que ello implica, en la Refinería de Libertad. 2. Efectividad en la producción. 3. Se evitara escases de combustibles a las termoeléctricas. 4. Tener una empresa con tecnología moderna. 	<p style="text-align: center;">FO</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Capacitación a los técnicos y operarios del equipo. 2. Actualización constante del software de control. 3. Control del equipo de calentamiento. 4. Inspección de la temperatura del producto. 5. Monitoreo de gases a eliminarse a la atmosfera. 	<p style="text-align: center;">DO</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Obtención de presupuestos para implementación de tecnología de última generación. 2. No sobrepasar el límite permitido de carga de la planta. 3. Cambio del sistema de enfriamiento. 4. Mantener flujos constantes. 5. Procesamiento adecuado del vapor de agua.
<p style="text-align: center;">Lista de Amenazas</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Paralización temporal de la Planta Cautivo por reparación, instalación, y puesta en marcha. 2. Disminución de la contaminación del medio ambiente. 3. Desconocimiento del personal para operación del nuevo sistema de calentamiento. 4. Presupuesto reducido para adquisición de nuevos equipos. 	<p style="text-align: center;">FA</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Entrenamiento eficaz del personal operativo. 2. Designación de operarios fijos. 3. Rediseños de protección los factores ambientales de los nuevos equipos. 4. Reemplazo de los demás equipos de calentamiento (bombas, tubería y válvulas). 5. Tecnificación de los procesos. 	<p style="text-align: center;">DA</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tecnificar en su totalidad los equipos de calentamiento. 2. Capacitación a operarios para garantizar el proceso. 3. Control de buen funcionamiento del equipo para disminuir averías. 4. Manejo adecuado de calderas. 5. Control de manejo con personal capacitado.

Fuente: EP PETROECUADOR, Refinería La Libertad

Elaborado por: Cesar Balón

3.6 Análisis de Producción

El análisis de la producción se encarga de realizar un estudio donde, a través de herramientas y técnicas, se analizan las características productivas de la empresa, así como el personal que trabaja, la maquinaria y materias primas que utiliza y los métodos de trabajo, entre otros factores, pudieran estar afectando la productividad de la entidad y por tanto que la misma obtenga menos beneficios. El objetivo principal de este análisis es la detección de aquellos factores que frenan el desarrollo de la empresa y de los que favorecen la productividad de la misma; así como la calidad de sus productos, contribuyendo de este modo al aumento de sus beneficios.

Para el análisis de la producción actual de la Planta Cautivo con respecto con la operación de las calderas que están funcionando actualmente, utilizaremos las siguientes herramientas:

- Diagrama de Procesos
- Diagrama de Operaciones
- Diagrama de Recorrido

3.6.1 Diagrama de Procesos

El diagrama de procesos tiene la finalidad de describir todas las operaciones que se cumplen en la Planta Cautivo, pero se hace referencia el proceso que está en el problema de la baja generación de vapor, que se encuentra ubicado en el tren de calentamiento de crudo. En este diagrama se detalla el proceso desde que el producto ingresa a la planta hasta que se envía a almacenaje, el diagrama de procesos para el refinamiento de crudo se muestra a continuación:

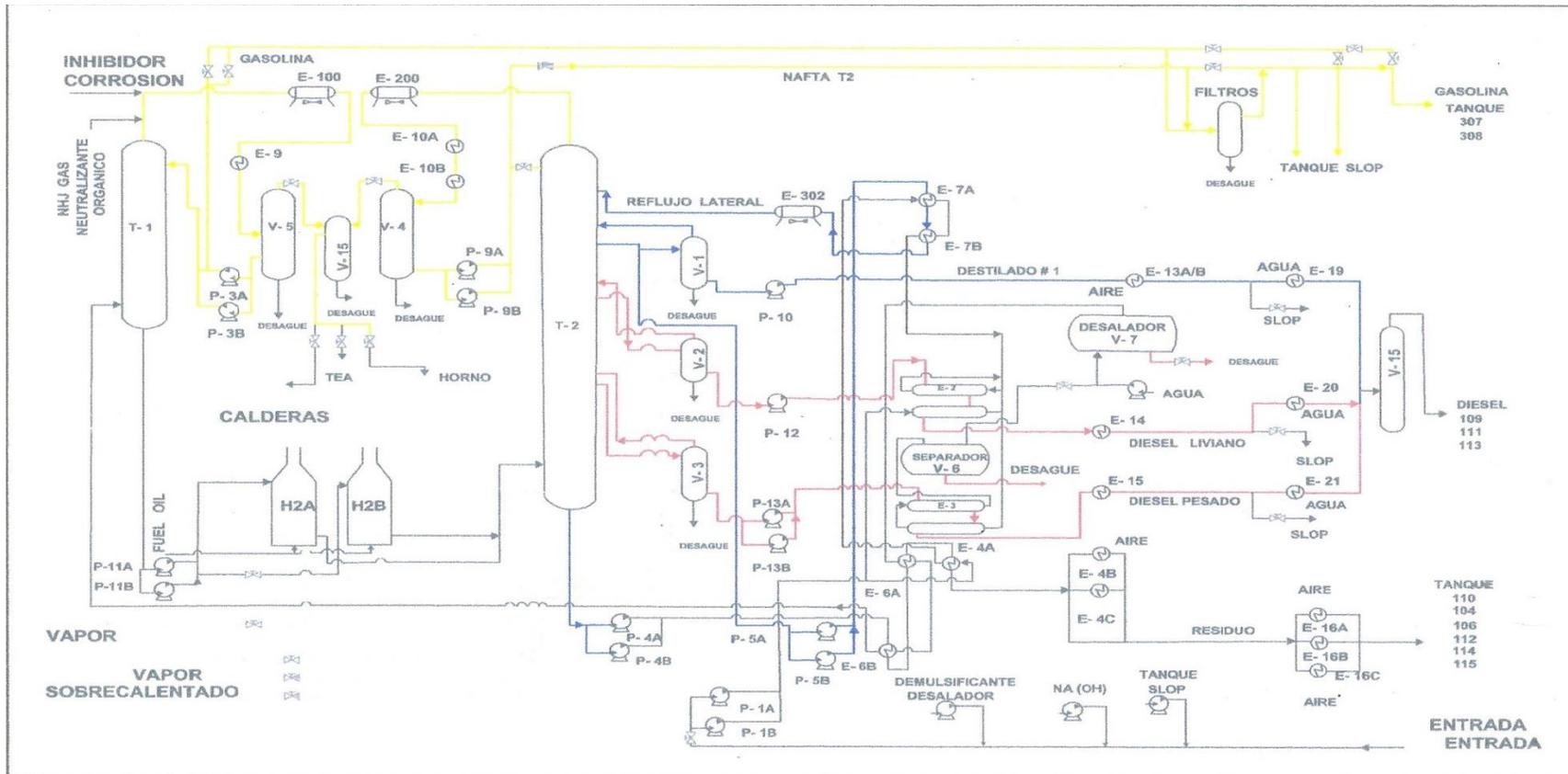
Gráfico N° 11. Diagrama de Procesos.



Fuente: EP PETROECUADOR, Refinería La Libertad

Elaborado por: Cesar Balón

Gráfico N° 12. Diagrama de Flujo de Procesos de la Planta Cautivo.



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Contenido: Diagrama de flujo - Planta destiladora cautivo.

Fuente: EP PETROECUADOR, REFINERIA LA LIBERTAD.

Elaborado por: CESAR ERNESTO BALÓN YAGUAL.

Fecha: Agosto 2017

Referencia: ACAD 2015

Gráfico N°: 12

Página: 66

3.6.2 Diagrama de Operaciones

El objetivo del diagrama de operaciones es conocer de forma clara todo la secuencia de las actividades cumplidas o se presentan en la puesta en marcha de la Planta Cautivo. En este diagrama se identificará las siguientes variables:

- Operaciones
- Inspección
- Transporte
- Almacenamiento
- Demora

Este proceso se realiza con la finalidad del análisis del tiempo requerido en cada proceso, para entendimiento sobre el funcionamiento de las calderas de gases de combustión que están operando, se efectuó un diagrama de operaciones donde se muestra el tiempo empleado y la distancia recorrida en cada una de las actividades que compone desde el inicio de la puesta en marcha de los equipos, hasta el cierre de las actividades normales de la planta Cautivo.

La finalidad de este diagrama es conocer cuáles son las actividades que presentan demoras en la puesta en marcha de las calderas, y estas afectan en la generación de vapor saturado para el sistema de refinación, entonces este proceso se realiza con el objetivo del análisis de tiempo requerido en cada operación planteada. (Véase el Diagrama de operaciones).

Tabla N° 17. Diagrama de Operaciones de la Caldera.

DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO ACTUAL DE LA PLANTA CAUTIVO														
OPERACIÓN: PUESTA EN MARCHA						RESUMEN DEL MÉTODO ACTUAL								
PRODUCTO: CALDERAS						ACTIVIDADES	NUMERO	TIEMPO						
DIAGRAMA #: 1						OPERACIÓN	12	34,3						
DEPARTAMENTO: OPERACIONES PTA. CAUTIVO						TRANSPORTE	0	0						
ELABORADO POR: CESAR BALÓN						INSPECCIÓN	8	14,8						
APROBADO POR:						DEMORA	6	15,5						
FECHA DE INICIO: 22-05-2017			HORA: 07h00			ALMACENAJE	0	0						
FECHA DE TERMINACIÓN: 22-05-2017			HORA: 17h00			TOTAL	26	64,6						
OBSERVACIONES: PARA ESTA OPERACIÓN SE TRABAJA CON 2 OPERADORES PARA ENCENDER LAS CALDERAS						DISTANCIA TOTAL (MTS): 172 metros								
ACTIVIDADES		OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	DEMORA	ALMACENAJE	DISTANCIA (m)	ACTIVIDADES EN MINUTO						
								○	➔	□	D	▽		
1	COMUNICAR AL JEFE INMEDIATO SOBRE LA PUESTA EN MARCHA DEL EQUIPO	○					10	3						
2	INSPECCIONAR LA LIMPIEZA DEL ÁREA			□			12			2				
3	VERIFICACIÓN DE CONEXIÓN DE EQUIPO (PARTE INFERIOR)			□			5			2				
4	INSPECCIONAR CONEXIONES DE EQUIPOS (PARTE INFERIOR)			□			3			2				
5	COORDINAR CON EL ELÉCTRICO DE GUARDIA				D		12				6			
6	COMUNICAR A PLANTA ELÉCTRICA SOBRE EL ARRANQUE DEL EQUIPO				D		20				2			
7	BUSCAR LLAVE DE DEDO PARA ABRIR Y CERRAR VÁLVULA				D		4				2			
8	ABRIR VÁLVULA DE ENTRADA	○					4	2						
9	PURGA DE CALDERAS	○					1	1,3						
10	ELECTRICISTA ENERGIZA LAS CALDERAS	○					15	1						
11	SE ACCIONA BOTONERAS DE LA CALDERA #1	○					5	1						

12	ACCIONAR BOTONERA DE LA CALDERA #3	○				5	1					
13	ACCIONAR BOTONERAS DE LA CALDERA #4	○				5	1					
14	ACCIONAR BOTONERAS DE LA CALDERA #5	○				5	1					
15	INSPECCIÓN DE FUNCIONAMIENTO NORMAL DE CALDERA (PRESIÓN Y TEMPERATURA)				□	5				2		
16	INSPECCIÓN DE AMPERAJE DEL MOTOR DE ALIMENTACIÓN DE AGUA TRATADA A LAS CALDERAS				□	4				1		
17	SE PROCEDE A LLENAR LAS CALDERAS CON GASES DE COMBUSTIÓN	○				3	5					
18	SE PURGA LOS REMANENTES DE GASES DE COMBUSTIÓN DE LAS CALDERAS	○				1	2					
19	SE ABRE VÁLVULAS DE SALIDA DE LAS CALDERAS	○				2	1					
20	PRODUCCIÓN DE VAPOR SATURADO	○				3	15					
21	INSPECCIÓN DE EQUIPO (MANÓMETROS Y TERMÓMETROS)				□	5				1,3		
22	INSPECCIÓN DE EQUIPO (BRIDAS Y VÁLVULAS)				□	5				2		
23	AJUSTE DE BRIDA DE ENTRADA DE CALDERAS POR FUGA				D	3					0,5	
24	VERIFICACIÓN DE TEMPERATURA Y PRESIONES DE CAMPO COMPARADO CON CASETA DE CONTROL				□	15				2,5		
25	SE COMUNICA L ELECTRICISTA QUE LA CALDERA #2 ESTA APAGADA				D	5					2	
26	ELECTRICISTA REvisa BRAKE DE ENERGÍA DE LA CALDERA #2				D	15					3	
	TOTALES					172	34,3	0	14,8	15,5	0	

Fuente: EP PETROECUADOR, Refinería La Libertad

Elaborado por: Cesar Balón

Resumen del Diagrama de Operaciones:

El diagrama presentado muestra el análisis de puesta en marcha de las calderas, en un día habitual de operaciones de la Planta Cautivo de la Refinería La Libertad, en la siguiente tabla se presenta el resumen contemplándose un total de 26 actividades, empleándose en tiempo total de 64.6 minutos.

Registro del Problema

El registro del problema fue realizado en base al desarrollo de las operaciones que se cumplen en el funcionamiento de las calderas, ya que al presentar imprevistos son considerados problemas para la Planta Cautivo, por lo que se ha elaborado algunas tablas donde indica cada uno de estos problemas, el origen, sus causas y los efectos que provoca:

Tabla N° 18. Registro del Problema N° 1

Problema N° 1		
Sistema calentamiento ineficiente de las calderas		
Origen	Causa	Efecto
Producción	<ul style="list-style-type: none">Sistema obsoletoDisminución de presión y temperatura en el sistema.	Paralización de la producción

Fuente: EP PETROECUADOR, Refinería La Libertad

Elaborado por: Cesar Balón

Tabla N° 19. Registro del Problema N° 2

Problema N° 2		
Falta de conocimiento del personal de mantenimiento		
Origen	Causa	Efecto
Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none">Falta de conocimiento del personalInsuficiente stock de repuestos.Falta de planificación de los mantenimientos preventivos y correctivos.	Reducción de carga de vapor saturado en el procesamiento de crudo en la Planta.

Fuente: EP PETROECUADOR, Refinería La Libertad

Elaborado por: Cesar Balón

Tabla N° 20. Registro del Problema N° 3

Problema N° 3		
Déficit de vapor		
Origen	Causa	Efecto
Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Taponamiento de tubos. • Presencia de vapor condensado. • Desgaste de la potencia y energía suministrada. 	Reducción de carga de vapor saturado en el procesamiento de crudo en la Planta.

Fuente: EP PETROECUADOR, Refinería La Libertad

Elaborado por: Cesar Balón

Tabla N° 21. Registro del Problema N° 4

Problema N° 4		
Paralización temporal de la producción		
Origen	Causa	Efecto
Producción	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de presión en el sistema. • Demoras en el sistema de producción. 	Desabastecimiento en el mercado y pérdidas económicas.

Fuente: EP PETROECUADOR, Refinería La Libertad

Elaborado por: Cesar Balón

Tabla N° 22. Registro del Problema N° 5

Problema N° 5		
Bajas presiones y temperaturas en el Sistema de calentamiento de las calderas		
Origen	Causa	Efecto
Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Desperfecto mecánico de las tuberías. • Fugas y roturas de las tuberías. 	Desabastecimiento en el mercado y pérdidas económicas.

Fuente: EP PETROECUADOR, Refinería La Libertad

Elaborado por: Cesar Balón

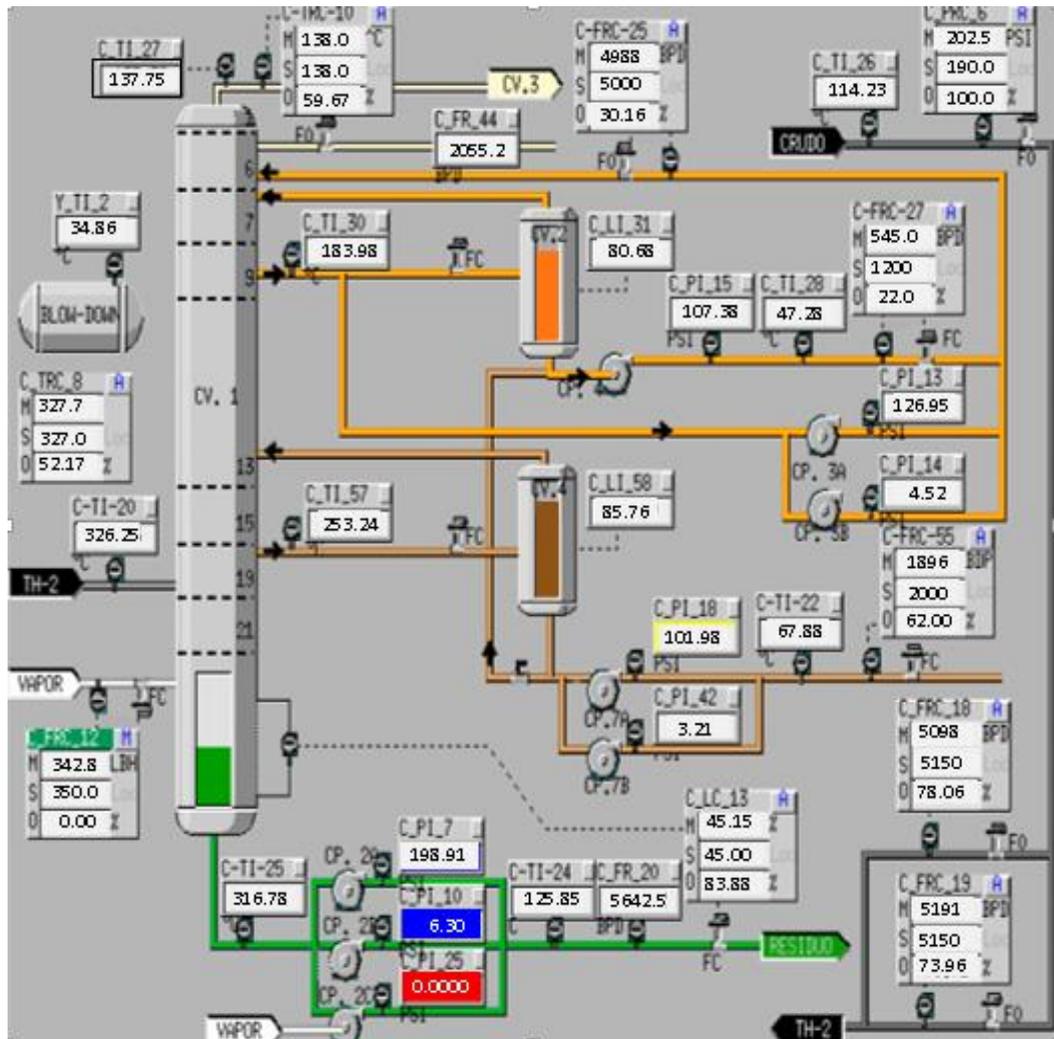
3.6.3 Diagrama de Recorrido

Diagrama de recorrido de actividades complementa el diagrama de flujo de proceso pues permite visualizar los transportes de las instalaciones de manera de poder eliminarlos o reducirlos en cantidad y distancia.

El diagrama de recorrido comprenderá de fondo desde el fraccionador sale el residuo a 314°C entra en una bomba CP2 A/B pasa a un intercambiador de calor, luego pasa a un enfriador con agua salada, entra a un Autoenfriador pasando por un regulador de flujo donde se observará la extracción de residuo que se direccionará a almacenaje. (Véase la siguiente Figura 12).

En la figura No. 12, se observa el recorrido del crudo que fluye por gravedad desde los tanques de almacenamiento NO. 88, 103, 188 y M-18 de crudo liviano hasta las bombas de carga P-1A y P-2B, a una distancia de 900 metros. De allí pasa a intercambiar calor con intercambiador de diésel liviano en E-4 y E-2 a una distancia de 15 metros. Luego sigue intercambiando calor con los vapores de cima en E-7 A/B a una distancia de 20 metros, continua intercambiando calor en E-5 a una distancia de 10 metros y con diésel pesado que es más caliente, de allí va al separador V-6, a una distancia de 10 metros donde se drena el agua y lodo que trae el crudo, luego pasa al desalador V-7, a una distancia de 5 metros, donde es lavado el crudo para eliminar las sales y minerales para luego enviar al proceso en T-1, a una distancia de 15 metros y de allí al Fraccionador T2. A una distancia de 25 metros.

Grafico N° 13. Diagrama de Recorrido.



Fuente: EP PETROECUADOR, Refinería La Libertad

3.7 Metodología de Investigación aplicada a la problemática

La metodología de investigación es una disciplina de conocimiento encargada de elaborar, definir y sistematizar el conjunto de métodos y procedimientos que se deben seguir para el desarrollo de información necesaria. En este sentido, la elección de la metodología que se aplicará en el análisis e identificación del problema es cuantitativa; es decir, que se utilizará método cuantificable a los cuales se accede mediante observación y medición, en este caso las encuestas.

Aplicación de Encuestas

Las encuestas es un método de investigación destinado a la recopilación de datos e información relevantes acerca la problemática de las calderas actuales en la Planta Cautivo, ya que con el muestreo que se realizó a los empleados del complejo industrial tanto los operadores, mecánicos, eléctricos y supervisores son las personas que intervienen en el funcionamiento de los equipos en mención. La población laboral que se trabajará para la aplicación de las encuestas es de 30 trabajadores. Para ello se realizó un cuestionario de preguntas en base a nuestra problemática de las calderas industriales actuales, en el Anexo N° 10 se encuentra el formulario de encuestas.

Análisis e interpretación de las encuestas realizadas a los trabajadores de la Planta Cautivo de la Refinería - La Libertad en el área mantenimiento.

1. ¿El Sistema de calentamiento realizado por las calderas industriales actuales es satisfactorio para la planta Cautivo?

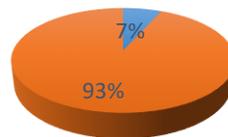
Tabla N° 23. Resultados de la Pregunta No. 1

Pregunta	Respuestas	Resultados	Porcentajes
1	Si	2	6.67%
	No	28	93.33%
	Total	30	100%

Fuente: Refinería La Libertad, Planta Cautivo

Elaborado por: Cesar Balón

Pregunta No. 1



■ Si ■ No

Gráfico N° 14. Porcentaje de respuesta de la Pregunta No. 1

Fuente: Refinería La Libertad, planta Cautivo

Elaborado por: Cesar Balón

Análisis

En base a la primera pregunta, la mayoría de los trabajadores creen que el sistema de calentamiento y de producción de vapor saturado no es el satisfactorio por los problemas presentados en cada una de las 5 calderas, se obtiene un 93.33% de los encuestados reafirma que las calderas ya son obsoletas y cumplieron su ciclo, mientras que el 6% piensan que el sistema de calentamiento puede mejorar con el tiempo.

2. ¿Las calderas actuales permitirán en años posteriores realizar más mantenimientos preventivos u correctivos?

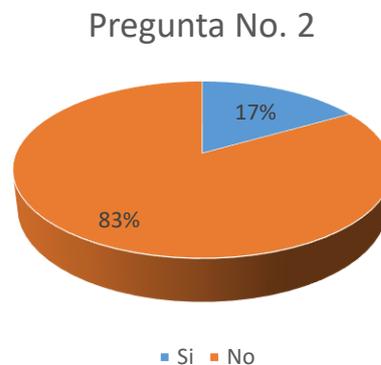
Tabla N° 24. Resultados de la Pregunta No. 2

Pregunta	Respuestas	Resultados	Porcentajes
2	Si	5	16.67%
	No	25	83.33%
	Total	30	100%

Fuente: Refinería La Libertad, Planta Cautivo

Elaborado por: Cesar Balón

Gráfico N° 15. Porcentaje de respuesta de la Pregunta No. 2



Fuente: Refinería La Libertad, planta Cautivo

Elaborado por: Cesar Balón

Análisis

Los resultados que se obtuvieron en la segunda pregunta, con el 16.67% creen que las calderas aun permiten en los años próximos que pueden realizarse mantenimientos, es decir que para ellos aun sirven y funcionan, mientras que la mayoría de los encuestados con el 83.33% piensan que las calderas han pasado su vida útil, por lo tanto su renovación es algo indispensable.

3. ¿La planta cautivo dispone actualmente de los recursos económicos necesarios para la solución de la problemática del funcionamiento de las calderas?

Tabla N° 25. Resultados de la Pregunta No. 3

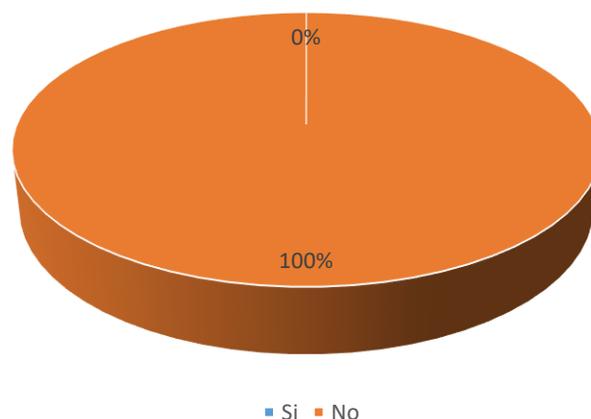
Pregunta	Respuestas	Resultados	Porcentajes
3	Si	0	0%
	No	30	100%
	Total	30	100%

Fuente: Refinería La Libertad, Planta Cautivo

Elaborado por: Cesar Balón

Gráfico N° 16. Porcentaje de respuesta de la Pregunta No. 3

Pregunta No. 3



Fuente: Refinería La Libertad, planta Cautivo

Elaborado por: Cesar Balón

Análisis

Se observa que todos los trabajadores encuestados es decir el 100% afirma que la Planta Cautivo no cuenta con los fondos económicos necesarios para el financiamiento de la propuesta, es decir para el cambio de nuevas calderas.

4. ¿Existen métodos alternativos para la producción de vapor saturado en la Planta cautivo?

Tabla N° 26. Resultados de la Pregunta No. 4

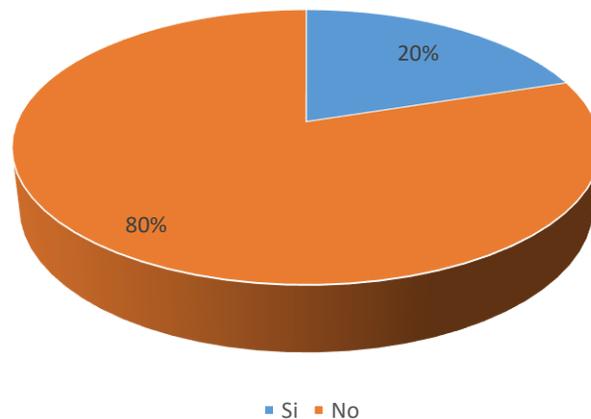
Pregunta	Respuestas	Resultados	Porcentajes
4	Si	6	20%
	No	24	80%
	Total	30	100%

Fuente: Refinería La Libertad, Planta Cautivo

Elaborado por: Cesar Balón

Gráfico N° 17. Porcentaje de respuesta de la Pregunta No. 4

Pregunta No. 4



Fuente: Refinería La Libertad, planta Cautivo

Elaborado por: Cesar Balón

Análisis

En base al cuestionario de encuestas referente a la pregunta #4 los encuestados respondieron que el 20% respondieron de forma afirmativa que existen medios o métodos alternativos para la producción de vapor saturado, mientras que el 80% debido a su experiencia y conocimiento contestaron que no existen tales métodos en la planta cautivo para dicha producción.

5. ¿Existe actualmente un stock de repuestos para los futuros mantenimientos para las calderas industriales?

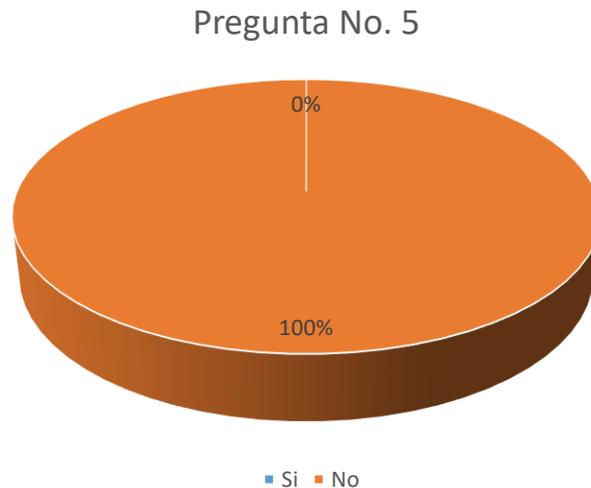
Tabla N° 27. Resultados de la Pregunta No. 5

Pregunta	Respuestas	Resultados	Porcentajes
5	Si	0	0%
	No	30	100%
	Total	30	100%

Fuente: Refinería La Libertad, Planta Cautivo

Elaborado por: Cesar Balón

Gráfico N° 18. Porcentaje de respuesta de la Pregunta No. 5



Fuente: Refinería La Libertad, planta Cautivo

Elaborado por: Cesar Balón

Análisis

En esta pregunta la totalidad de los trabajadores encuestados el 100%, respondieron que no existe un stock necesario por falta de recursos económicos, para futuros mantenimientos programados, tipo arreglos y reparaciones de las calderas y otros equipos, esto lo ven como un problema esencial para en el momento que se efectúen dichos mantenimientos en la planta Cautivo.

6. ¿Cree usted que es necesario una renovación de las unidades de calderas para la producción de vapor saturado?

Tabla N° 28. Resultados de la Pregunta No. 6

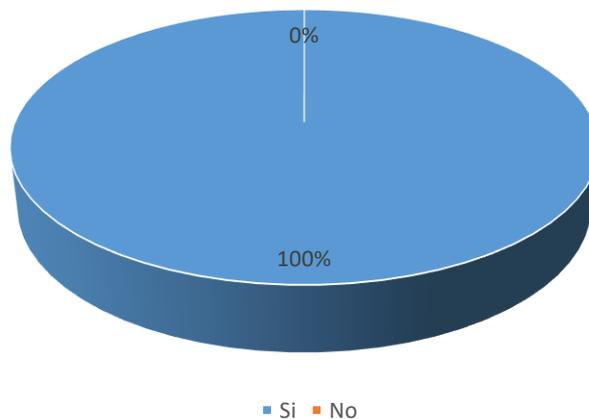
Pregunta	Respuestas	Resultados	Porcentajes
6	Si	30	100%
	No	0	0%
	Total	30	100%

Fuente: Refinería La Libertad, Planta Cautivo

Elaborado por: Cesar Balón

Gráfico N° 19. Porcentaje de respuesta de la Pregunta No. 6

Pregunta No. 6



Fuente: Refinería La Libertad, planta Cautivo

Elaborado por: Cesar Balón

Análisis

El 100% de los trabajadores de la Planta Cautivo afirmaron que es necesario y fundamental la renovación de las unidades de calderas para la producción de vapor saturado, porque el funcionamiento de las calderas ha causado paralizaciones en la producción de vapor en dichos equipos.

7. ¿El personal está capacitado actualmente para la operación y el mantenimiento de las nuevas unidades de calderas?

Tabla N° 29. Resultados de la Pregunta No. 7

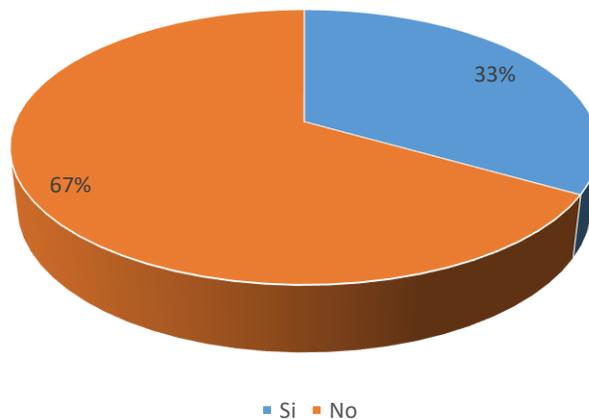
Pregunta	Respuestas	Resultados	Porcentajes
7	Si	10	33.33%
	No	20	66.67%
	Total	30	100%

Fuente: Refinería La Libertad, Planta Cautivo

Elaborado por: Cesar Balón

Gráfico N° 20. Porcentaje de respuesta de la Pregunta No. 7

Pregunta No. 7



Fuente: Refinería La Libertad, planta Cautivo

Elaborado por: Cesar Balón

Análisis

En la pregunta No. 7, se consiguió que el 33.33% de los trabajadores respondieron positivamente que el personal está capacitado de acuerdo a todo lo necesario que converge en temas de operación y mantenimiento de las calderas, mientras que el 66.67% de los encuestados contestaron que no está el personal técnicamente preparado para eventos emergentes en situaciones de mantenimiento correctivo y preventivo para tales equipos.

8. ¿Cree usted que al implementar la propuesta se mejorará la calidad y la cantidad de producción de los subproductos de crudo en la planta Cautivo?

Tabla N° 30. Resultados de la Pregunta No. 8

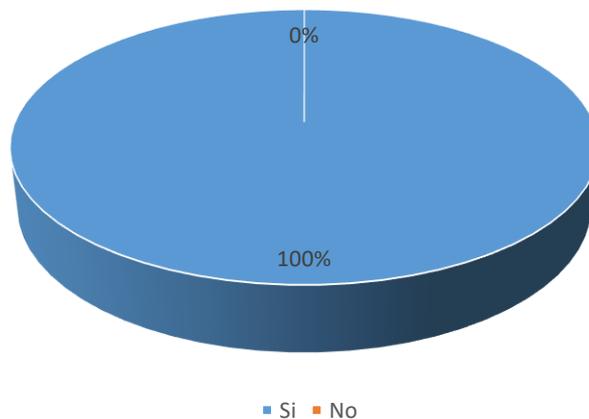
Pregunta	Respuestas	Resultados	Porcentajes
8	Si	30	100%
	No	0	0%
	Total	30	100%

Fuente: Refinería La Libertad, Planta Cautivo

Elaborado por: Cesar Balón

Gráfico N° 21. Porcentaje de respuesta de la Pregunta No. 8

Pregunta No. 8



Fuente: Refinería La Libertad, planta Cautivo

Elaborado por: Cesar Balón

Análisis

Dentro de la pregunta No.8 los 30 trabajadores respondieron que sí; es decir, el 100% del personal encuestado, están de acuerdo que con la implementación de la propuesta se mejorará la calidad y habrá un incremento en la producción de los subproductos de crudo en la Refinería La Libertad.

9. ¿Cree usted que la capacitación es un papel importante para que los trabajadores realicen las tareas sin la posibilidad que se presenten problemas en la generación de vapor?

Tabla N° 31. Resultados de la Pregunta No. 9

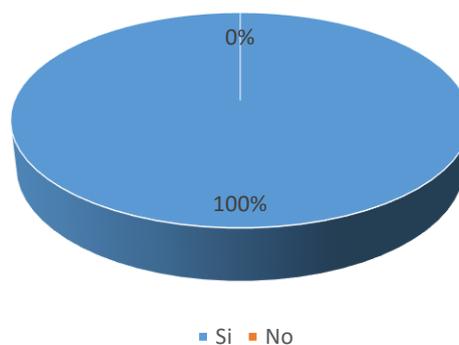
Pregunta	Respuestas	Resultados	Porcentajes
9	Si	30	100%
	No	0	0%
	Total	30	100%

Fuente: Refinería La Libertad, Planta Cautivo

Elaborado por: Cesar Balón

Gráfico N° 22. Porcentaje de respuesta de la Pregunta No. 9

Pregunta No. 9



Fuente: Refinería La Libertad, planta Cautivo

Elaborado por: Cesar Balón

Análisis

Todos los encuestados contestaron positivamente con el 100%, a la pregunta No. 9 que indica que la capacitación es un papel importante para el desempeño laboral y productivo del personal, para la realización de las actividades que comprende tanto la operación, control y supervisión del sistema de refinamiento de crudo y así como también el correcto funcionamiento de las nuevas calderas industriales a instalar.

10. ¿Cree usted que la implementación de las nuevas calderas conlleva un mejoramiento de la producción, además que permitirá el incremento de ingresos económicos a la Refinería La Libertad?

Tabla N° 32. Resultados de la Pregunta No. 10

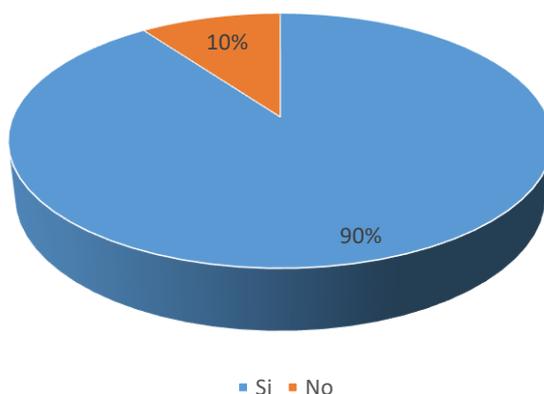
Pregunta	Respuestas	Resultados	Porcentajes
10	Si	27	90%
	No	3	10%
	Total	30	100%

Fuente: Refinería La Libertad, Planta Cautivo

Elaborado por: Cesar Balón

Gráfico N° 23. Porcentaje de respuesta de la Pregunta No. 10

Pregunta No. 10



Fuente: Refinería La Libertad, planta Cautivo

Elaborado por: Cesar Balón

Análisis

En base al muestreo realizado a la pregunta No.10 se concluyó que el 90% de los encuestados afirmaron que la renovación de las calderas industriales conlleva el mejoramiento en la producción de forma general para la Refinería La Libertad, mientras que el 10% de los trabajadores creen que es innecesario y que sería un gasto en vano la adquisición de las nuevas calderas.

Análisis General de las Encuestas

Una vez realizado y cumplido el muestreo de las encuestas, es necesario mostrar mediante una tabla las respuestas obtenidas, sobre la temática de las calderas, obteniendo un promedio de 110 afirmaciones y 160 negaciones, lo que nos lleva a la conclusión que la mayoría de los trabajadores están a favor de la propuesta.

Tabla N° 33. Valores obtenidos de la Encuesta.

Pregunta	Respuesta		Total
	Si	No	
P1	2	28	30
P2	5	25	30
P3	0	30	30
P4	6	24	30
P5	0	30	30
P6	30	0	30
P7	10	20	30
P8	30	0	30
P9	30	0	30
P10	27	3	30
Total	140	160	300
	46.67%	53.33%	100%

Fuente: Refinería La Libertad, planta Cautivo

Elaborado por: Cesar Balón

Gráfico N° 24. Resultados generales de la encuesta.



Fuente: Refinería La Libertad, planta Cautivo

Elaborado por: Cesar Balón

3.8 Diagnóstico

El diagnóstico sobre la problemática del funcionamiento de las calderas es negativo, porque se disminuye la producción, sea por mantenimientos muy seguidos o por del efecto mecánico en las calderas o bombas centrifugas y de succión, por lo que es importante la sustitución del equipo en general.

Además no dispone de stock de repuestos para la realización de los mantenimientos que se cumplen, de acuerdo a las paralizaciones temporales que se presentan mediante el problema de las calderas por lo que la Refinería pide producción de vapor saturado a los intercambiadores de calor a las dos plantas anexas que son Parsons y Universal para solventar el déficit de vapor para las operaciones de refinamiento. A pesar de las anomalías.

Existen cinco problemáticas en torno a la baja producción y calidad del vapor saturado producido por los intercambiadores de calor, por ende presenta inconvenientes en la producción de productos de crudo, de igual manera acarrea disminución de ingresos económicos para la planta, lo que se debería llevar a cabo es la renovación de las unidades de calderas, y la realización de un programa de mantenimiento para el sistema de calentamiento de toda la planta, así mantenerla equilibrada y suministrada del vapor, en los procesos posteriores de destilación atmosférica como también en los procesos de tratamiento de desalinización del agua de mar.

CAPÍTULO IV

PROPUESTA DE RENOVACIÓN DE CALDERAS

4.1 Criterio técnico para la Renovación.

De acuerdo al análisis e identificación de las diferentes causas que originan la problemática del funcionamiento de las 5 calderas de la Planta Cautivo, se toma en consideración que dicha planta, deberá obligatoriamente renovar sus unidades de producción de vapor saturado para mantener los márgenes de producción esperado, ya que en la actualidad no produce lo suficiente en cada uno de los subproductos de crudo para el mercado local y regional.

4.2 Normativas y estándares aplicados en las calderas.

Código ASME, Sección VIII división 1. En este código se establecen los requerimientos mínimos para el diseño, fabricación, inspección y aplicación para obtener la certificación autorizada ASME para los recipientes a presión.

Alcances de las Secciones I y VIII del Código ASME.

Alcance de la Sección I:

- Calderas de potencia, vapor de agua u otro vapor excediendo 15 psi.
- Calderas eléctricas, de potencia o calefactores calentadas mediante electricidad.
- Calderas de agua caliente mayores de 160 psi y/o 250°F.
- Calderas de agua sin fuego, calderas recuperadoras de calor.
- Tanques de expansión.

Alcance de la Sección VIII División I:

- Recipientes que tengan una presión de operación interna o externa mayor de 15 psi.
- Recipientes que tengan una presión de diseño que no exceda de 3.000 psi.
- Recipientes que tengan un diámetro interior de 6 pulgadas.
- Tanques de almacenamiento de agua caliente calentados por medios indirectos y que excedan:
 - Temperatura de 210°F.
 - Capacidad de almacenamiento de 120 galones.
 - Suministro de calor de 200.000 BTU/hr.

4.3 Planteamientos de alternativas de solución a problemas de producción de vapor en la Planta Cautivo

La Empresa EP Petroecuador Refinería La Libertad, ha presentado en la última década una serie de problemas en el sistema de calentamiento o la generación de vapor saturado, para la producción de los derivados del petróleo, lo cual ha incurrido en gastos no presupuestados y mermado la producción final de la Planta Cautivo, lo que conlleva al aumento de cargas operativas en las demás Plantas (Parsons, Universal) para cumplir con el objetivo de producción de toda la Refinería.

Para minimizar el impacto que genera esta problemática se ha planteado la implementación de tecnología de punta para que se encargue del calentamiento rápido y óptimo de los derivados finales que genera la Planta y así de esta forma reducir al mínimo las consecuencias de estos problemas.

La propuesta va a generar un aumento considerable en el presupuesto general de la Empresa, así como paralización por un tiempo definido de la Planta, además del

implemento de equipos que se acoplen al nuevo Sistema de producción de vapor de agua para las funciones de calentamiento de la torre de destilación y a desalinización del agua.

A continuación, se detallara las propuestas de solución al problema:

Tabla N° 34. Planteamiento de las Alternativas de Solución.

PROBLEMA	CAUSA	SOLUCIÓN	TÉCNICA
BAJA PRODUCCIÓN DE VAPOR SATURADO EN LAS CALDERAS	Intercambiadores de calor en mal estado. Aumento de la carga operativa. Problemas en válvulas y bombas. Taponamiento y mal estado de tuberías por corrosión de la salinidad.	1. Cambio e instalación de equipos por calderas. 2. Plan de capacitación al personal para el manejo de calderas y creación de procedimientos. 3. Plan de mantenimiento a los equipos nuevos.	Renovación de las calderas industriales. Reemplazo de calderas en las líneas de producción de derivados de petróleo en la Planta Cautivo.

Elaborado por: Cesar Balón

Objetivos

Objetivo General

Mejorar el sistema de calentamiento de los derivados de petróleo de la Planta Cautivo de la EP Petroecuador, con la renovación de equipos de producción de vapor saturado para optimizar la Producción actual.

Objetivos Específicos

- Adquisición de nuevos sistemas de calentamiento en base a vapor saturado y sobrecalentado.
- Reducir costos de mantenimiento y compra de repuestos.
- Aumentar la producción de la Planta.
- Disminuir la carga operativa de la planta.

Justificativos

Establecerse como una Refinería con estándares internacionales de producción y cubrir con la demanda al mercado actual de las centrales termoelectricas cercanas a la Refinería La Libertad.

Anualmente se generan costos de mantenimiento y compra e instalación de repuestos en la Planta Cautivo de la EP Petroecuador por más de \$ 100.000 dólares lo cual es un gasto considerable ya que además si tomamos en cuenta las pérdidas generales por la paralización de la Planta los gastos serian superiores a los \$ 300.000 dólares.

Razón por la cual, se ha planificado el cambio total de las calderas por equipos nuevos, y así de esta manera reducirá significativamente los gastos antes planteados.

Metodología

Las averías y paradas motivadas por ellas son en parte, difíciles de evitar en las industrias con un mantenimiento preventivo-predictivo eficaces. Para una mejor acción se necesitan un buen equipo de fiabilización y mejora de máquinas e instalaciones productivas.

Los mantenimientos pueden tener diferentes niveles de intervención y puede ser centralizado o descentralizado según el tipo de dimensión de la industria y su actividad. Podemos considerar dos tipos de mantenimiento correctivo:

- De sustitución de elementos o conjuntos
- De reparación propiamente dicha.

4.4 Desarrollo de la Propuesta

La solución para la problemática, se refiere a la compra y reemplazo total de los equipos obsoletos, con un nuevo sistema de abastecimiento de vapor saturado, estas calderas tienen el objetivo de no solo optimizar la producción sino que además dará mayor calidad a los subproductos derivados del petróleo, ya que estará complementado con tecnología de última generación en la producción de vapor de agua.

Las calderas de vapor de agua consiste en producir un flujo de vapor de calidad mediante las condiciones de operación de la Planta de Cautivo, que circulan mediante tuberías a velocidades relativamente baja, para los procesos de la destilación del crudo. La configuración de los equipos es básica por lo que tendrá un banco de tubos cubiertos de una capa térmica sobre una estructura de acero inoxidable con válvulas de control y de purga, anillo Venturi, motores de alimentación y otros accesorios como interruptores o dispositivos de medición de temperaturas, presión y flujo másico. Estos equipos se utilizan con frecuencia en combinación con intercambiadores de calor de agua cuando se requieren vapor saturado y sobrecalentando, la mayor parte producen vapor de agua y como remanente se consigue vapor condensado con signos de gotas de agua con efectos dañino al sistema de tuberías del equipo. En este caso cuando se presenten vapor condensado se debe remover primero la mayor parte del acumulado de agua que está en el fondo de la caldera. Estas unidades contienen válvulas de salidas para remover primero el aire contenida en su interior y presurizarla para condicionar el

vapor antes de su generación, esta caldera es capaz de producir entre 25 y 40% de vapor en un rango de tiempo de 30 minutos, dependiendo de la cantidad de crudo que se desee procesar, se considera los rangos de temperatura, presión y caudal del agua de alimentación.

Cuando se considere la instalación de las calderas de vapor, se debería tomar en cuenta el efecto que pueden tener para los procesos de refinación de los equipos circundantes de la Planta Cautivo, se considerará las especificaciones del agua tratada y suministrada, esta agua es salada previamente salinizada.

Características

- Sencillez en su construcción.
- Facilidad en su inspección, reparación y limpieza.
- Gran peso.
- La puesta en marcha es lenta.
- Pero tiene gran peligro de explosión o ruptura.

Objetivos de la Propuesta

La propuesta tiene como objetivo:

- Reducir a cero las paradas de la Planta Cautivo por motivos de mantenimiento.
- Generar vapor para la producción de derivados de petróleo que se procesan en la Planta.
- Disminuir los costos por mantenimiento.
- Alcanzar un desempeño al 100% de la planta durante 10 años lo que se refiere a enfriamiento de derivados.
- Aumentar la producción de la planta.

Análisis de Producción

Una vez que se concluya el montaje de cada una de las calderas en los puestos de trabajo comprendidos en la Planta Cautivo es necesario observar si los períodos de tiempo de las actividades que se cumplían tardan la misma cantidad de tiempo utilizado, pero en este caso se elaboró un diagrama de flujo de operaciones para mayor entendimiento y demostrar así un cambio importante en la operación de las nuevas unidades de calderas a continuación el detalle:

Tabla N° 35. Diagrama de Flujo de la Puesta en Marcha de las Calderas.

DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO PROPUESTO DE LA PLANTA CAUTIVO														
OPERACIÓN: PUESTA EN MARCHA						RESUMEN DEL MÉTODO ACTUAL								
PRODUCTO: CALDERAS						ACTIVIDADES	NUMERO	TIEMPO						
DIAGRAMA #: 2						OPERACIÓN	10	31						
DEPARTAMENTO: OPERACIONES PTA. CAUTIVO						TRANSPORTE	0	0						
ELABORADO POR: CESAR BALÓN						INSPECCIÓN	6	11,8						
APROBADO POR:						DEMORA	0	0						
FECHA DE INICIO: 22-05-2017			HORA: 07h00			ALMACENAJE	0	0						
FECHA DE TERMINACIÓN: 22-05-2017			HORA: 17h00			TOTAL	17	42,8						
OBSERVACIONES: PARA ESTA OPERACIÓN SE TRABAJA CON 2 OPERADORES PARA ENCENDER LAS CALDERAS						DISTANCIA TOTAL (MTS):								
ACTIVIDADES		OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	DEMORA	ALMACENAJE	DISTANCIA (m)	ACTIVIDADES EN MINUTO						
								○	➔	□	D	△		
1	COMUNICAR AL JEFE INMEDIATO SOBRE LA PUESTA EN MARCHA DEL EQUIPO	○					10	3						
2	INSPECCIONAR LA LIMPIEZA DEL ÁREA			□			12			2				
3	VERIFICACIÓN DE CONEXIÓN DE EQUIPO			□			5			2				
5	COORDINAR CON EL ELÉCTRICO DE GUARDIA	○					12							
6	COMUNICAR A PLANTA ELÉCTRICA SOBRE EL ARRANQUE DEL EQUIPO	○					20							
8	ABRIR VÁLVULA DE ENTRADA	○					4	2						
10	ELECTRICISTA ENERGIZA LAS CALDERAS	○					15	1						
11	SE ACCIONA BOTONERAS DE LA CALDERA #1	○					5	1						
12	ACCIONAR BOTONERA DE LA CALDERA #3	○					5	1						
13	ACCIONAR BOTONERAS DE LA CALDERA #4	○					5	1						
14	ACCIONAR BOTONERAS DE LA CALDERA #5	○					5	1						
15	INSPECCIÓN DE FUNCIONAMIENTO NORMAL DE CALDERA (PRESIÓN Y TEMPERATURA)			□			5			2				

17	SE PROCEDE A LLENAR LAS CALDERAS CON GASES DE COMBUSTIÓN	○				3	5				
19	SE ABRE VÁLVULAS DE SALIDA DE LAS CALDERAS	○				2	1				
20	PRODUCCIÓN DE VAPOR SATURADO	○				3	15				
21	INSPECCIÓN DE EQUIPO (MANÓMETROS Y TERMÓMETROS)			□		5			1,3		
22	INSPECCIÓN DE EQUIPO (BRIDAS Y VÁLVULAS)			□		5			2		
24	VERIFICACIÓN DE TEMPERATURA Y PRESIONES DE CAMPO COMPARADO CON CASETA DE CONTROL			□		15			2,5		
	TOTALES					136	31	0	11,8	0	0

Fuente: EP, Petroecuador, Refinería La Libertad

Elaborado por: Cesar Balón

Resumen del Diagrama de Operaciones Propuesto:

De acuerdo al diagrama de flujo de la puesta en marcha las calderas en la Planta Cautivo notamos una gran diferencia, con el tiempo empleado que se utiliza en el funcionamiento de estos equipos, esto se debe primordialmente que por ser calderas nuevas operan rápidamente en su encendido por lo que no se tiene tiempo de espera u demora, obtuvimos un promedio de 42,8 minutos que tarda en funcionar las nuevas unidades de calderas, ya que anteriormente había un período 64,6 minutos de tiempo estimado con el operatividad de los equipos, se observa una reducción de actividades no tan importantes por lo que se omitió aquellas acciones para mejorar la producción tanto entre el operador como las máquinas.

4.5 Equipos y Materiales

Dentro de los equipos y materiales complementarios tenemos que son necesarios, muy aparte del agua y el combustible que se utilizan en las calderas y quemadores respectivamente.

4.5.1 Calderas

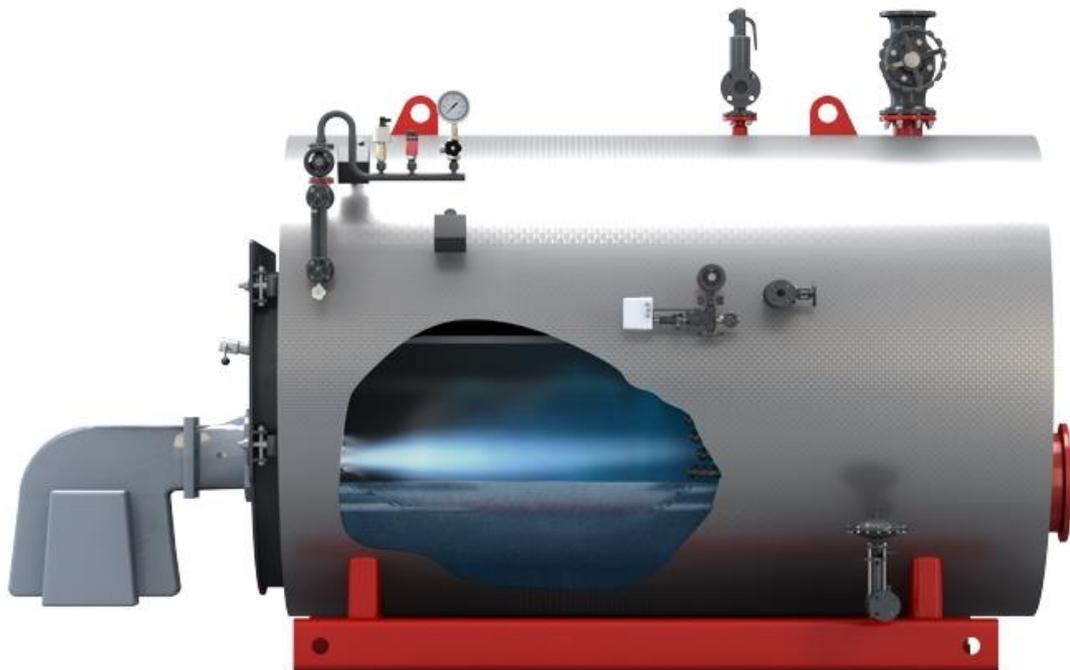
Las calderas que se utilizaran para la solución de la problemática son las calderas industriales marca BOSH por su experiencia en procesos de refinación y la calidad de sus equipos optamos por esta clase de calderas, dentro de esta gama de productos se implementará las calderas de agua vapor saturado y sobrecalentado, las características generales son las siguientes:

Tabla N° 36. Características de las Calderas.

CARACTERÍSTICAS	
Equipo	Caldera de Vapor
Marca	Bosch
Modelo	TT/SLI-MKT
Potencia	33'475.000 BTU/h
Max. Capacidad Generación de Vapor	34.500 lb/h
Capacidad	1.000 B.H.P
Presión de diseño (MAWP)	200 PSI
Presión de Trabajo	150 PSI
Combustible	280 gl/h Bunker o Gasolina

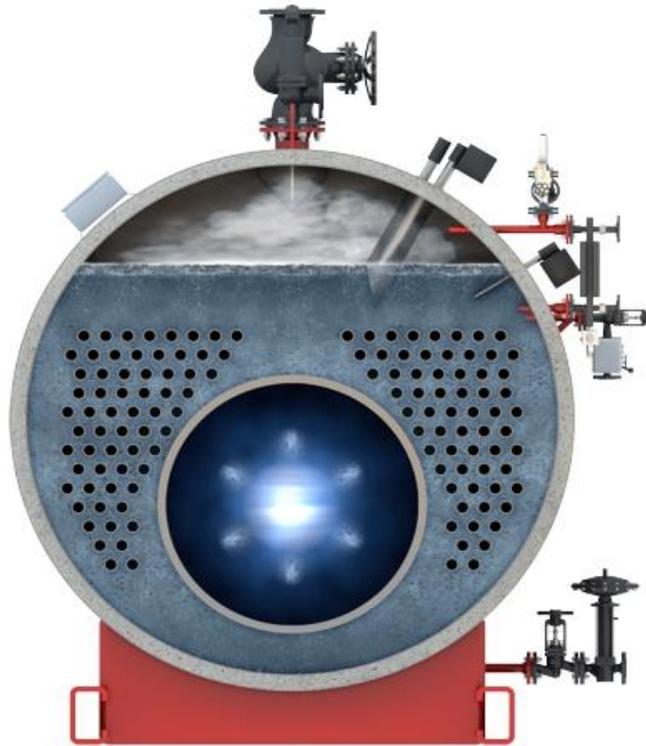
Fuente: <https://www.bosch-industrial.com/es/pagina-de-producto/caldera-de-vapor/>

Imagen N° 16. Calderas de Vapor BOSCH U-HD.



Fuente: <https://www.bosch-industrial.com/es/pagina-de-producto/caldera-de-vapor/und-uhd.html>

Imagen N° 17. Calderas de Vapor BOSCH U-HD.



Fuente: <https://www.bosch-industrial.com/es/pagina-de-producto/caldera-de-vapor/und-uhd.html>

Descripción

El tipo de caldera U-HD combina las ventajas de la técnica de caldera pirotubular con la efectividad del sistema de producción con respecto a la combustión establecida, realizada internamente en los tubos de humos de gases de combustión, se trata de una caldera que funciona según el principio de calentamiento por llamas de retorno.

Ventajas

- Regulación intuitiva de caldera mediante PLC y máxima transparencia de datos de servicio.
- Materiales efectivos de aislamiento térmico, alto grado de rendimiento.
- Dispositivo automático de arranque, disponibilidad y parada SUC.

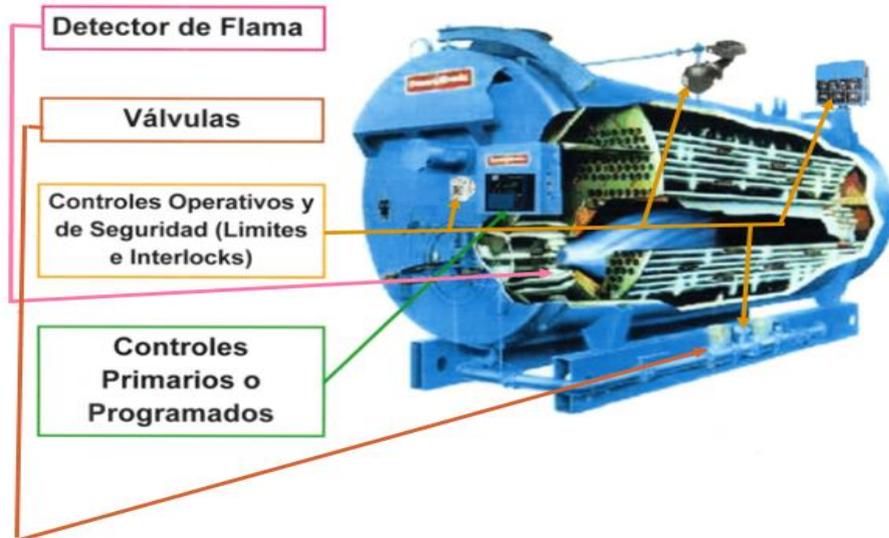
- Apto para una gran variedad de sistemas de quemadores.
- Combustión con baja emisión de sustancias contaminantes gracias a sistemas de combustión altamente eficientes y precisa adaptación de la mejor combinación caldera/quemador.
- Facilidad de mantenimiento tanto en el lado de los gases de combustión como en el de los gases de escape y de agua, facilidad de inspección.
- Robusta, fiable y duradera.
- Todas las instalaciones de calderas de alta presión están certificadas según directrices y normas europeas sobre equipos a presión, prácticamente utilizable en todo el mundo.
- Posibilidades de ampliación sencillas gracias a técnica modular integradora.
- Puesta en marcha sencilla gracias a control de caldera programado previamente.
- Cableado sencillo en las instalaciones del cliente gracias a uniones listas para conexión.

Sistema de control de calderas

El control de una caldera que incluye procedimiento de arranque y parada como los enclavamientos de seguridad y la operación en continuo de la caldera. Tradicionalmente al desarrollar el control de una caldera, las acciones de modulación de la misma se desarrollaban con equipos analógicos (continuo). Las secuencias de arranque y parada, así como los enclavamientos, son acciones que implicaban equipos digitales. Actualmente, debido a los avances en los sistemas basados en microprocesador es posible integrar estos dos sistemas en uno solo aunque se sigue manteniendo algunas condicionantes en lo que se refiere a los equipos dedicados a la seguridad de la caldera.

Las calderas nuevas constaran de un sistema de control cuyas partes se detalla a continuación:

Imagen N° 18. Sistema de control.



Fuente: Empresa Honeywell

A continuación, los detectores de flama automatizados que hay en el mercado industrial.

Imagen N° 19. Detectores de flama.



Fuente: empresa Honeywell

Tren de válvula de seguridad integrada en la caldera con válvulas de modulación como se muestra en la imagen #19.

Imagen N° 20. Tren de válvulas.



Fuente: Empresa Honeywell

La función y secuencia del control primario o programado en la entrada y salida como se aprecia en la siguiente imagen.

Imagen N° 21. PLC's.



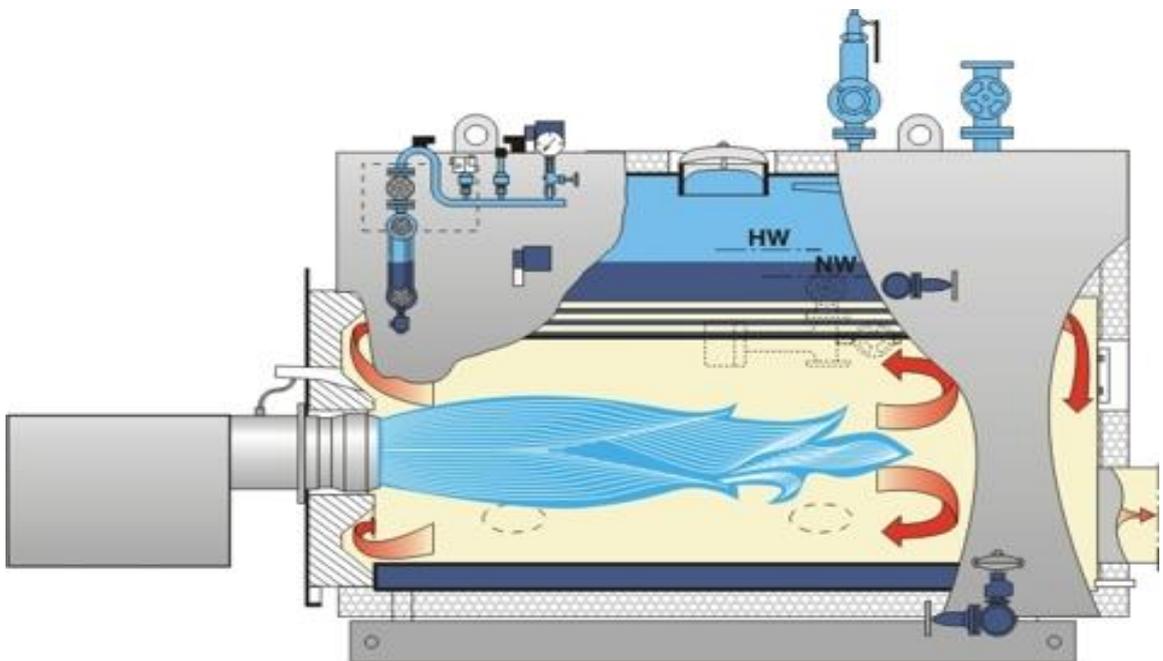
Fuente: empresa Honeywell

Construcción

La económica caldera de vapor piro-tubular convence por su construcción compacta y su funcionalidad técnica-eficiente. El hogar de combustión de grandes dimensiones dispuesto centralmente garantiza una combustión extraordinaria de los combustibles. Los tubos de humos posicionados centralmente en torno al hogar de combustión permiten una transferencia óptima de calor.

Los gases de humo se reconducen hacia delante en el hogar de combustión, según el principio de inversión de llama y se distribuyen a continuación en la junta atornillada de la cámara de inversión delantera en los campos de tubos de humos. La puerta frontal oscilante de la caldera (derecha/izquierda) permite un cómodo acceso para la inspección de la caldera y del quemador. Un aislamiento con esteras de lana mineral de alta calidad en todo el cuerpo de la caldera y materiales aislantes especiales en la puerta frontal permiten bajos niveles de escape de radiación.

Imagen N° 22. Funcionamiento interno de las calderas.



Fuente: <https://www.bosch-industrial.com/es/pagina-de-producto/caldera-de-vapor/und-uhd.html>

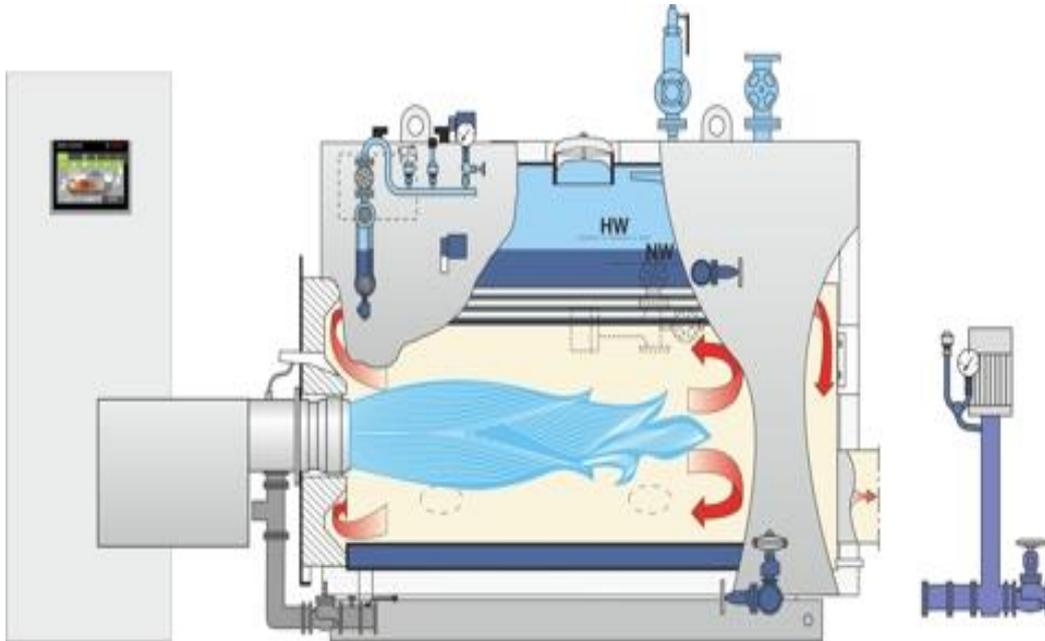
Equipamiento

Las Calderas pirotubulares se ofrecen con medios de servicio incluidos, por lo que conforman una unidad completamente operativa. El equipamiento básico de alta calidad incluye el cuerpo de presión de la caldera, la técnica de regulación y seguridad, la unidad de quemador, un módulo de bomba de alimentación, una caja de bornes y el armario de mando junto con el comfortable sistema de control de caldera BCO.

Componentes de las calderas

- Módulo de tratamiento de agua WTM.
- Módulo de descalcificación de agua WSM.
- Módulo de servicio de condensado CSM.
- Módulo de purga de lodos, alivio y refrigeración BEM.
- Módulo de alivio y recuperación de calor y purga de lodos EHB.
- Módulo de bomba de alimentación PM.
- Intercambiador de calor de gases de escape ECO 3 para instalación individual.
- Enfriador de vapor VC.
- Módulo de regulación del gas GRM.
- Módulo de circulación de gasóleo OCM.
- Módulo de suministro de gasóleo OSM.
- Sistema de gestión de instalaciones SCO.

Imagen N° 23. Equipamiento de las calderas.



Fuente: <https://www.bosch-industrial.com/es/pagina-de-producto/caldera-de-vapor/und-uhd.html>

4.5.2 Repuestos

La marca de los repuestos de los equipos es BOSH y SUPER BOILER, los modelos varían según el tipo de derivado que se requiere calentar, en la Planta Cautivo de la empresa se necesitaran 5 calderas, uno para cada línea (gasolina, diésel 1, diésel 2, nafta, residuos), en reemplazo de los antiguos modelos; además el costo que generará el cambio de las tuberías, válvulas, grúas, el personal de mantenimiento, técnicos, capacitación del personal y asesoría técnica lo cual lo detallaremos a continuación:

Tabla N° 37. Cotización de las Calderas.

EQUIPO	PRECIO Subtotal
Caldera Pirotubular para gasolina	248.384,02
Caldera Pirotubular para gasolina	196.467,08
Caldera Pirotubular Fuel Oíl – Bunker	286.056,02
Caldera Pirotubular Fuel Oíl – Bunker	286.056,02
Caldera Pirotubular Fuel Oíl – Bunker	325.353,69
Construcción de soportería y montaje de las calderas en sus estructuras	50.314,21
Documentación técnica: Manual de Operaciones, Mantenimiento de planos, información técnica sobre todos los equipos, instrumentos.	1.600,00
Curso de Capacitación, Personal de Operaciones, Personal de mantenimiento	2.200,00
SUBTOTAL	1'110.322,69
12% IVA	133.239,92
TOTAL PRESUPUESTADO	1'243.572,62

Fuente: Investigación Directa

Elaborado por: Cesar Balón

El ahorro de las pérdidas que se generaban por los distintos problemas que venía arrastrando la planta, está determinado por la comparación de la producción de los años anteriores ya que en dichos años aun no era tan notorio las constantes paras de emergencia de la planta Cautivo y la disminución de la Producción no afectaba en general de la Empresa.

Tabla N° 38. Pérdidas generadas en la Planta Cautivo.

PARÁMETRO	2012	2013	2014	2015	2016	TOTAL
Costo de Mantenimiento	60.673,46	63.287,68	70.844,47	71.278,68	88.076,67	344.198,93
Costo de Repuestos	68.876,67	67.467,68	83.635,68	80.468,07	102.408	410.631
Disminución de la Producción 1.000 B/D 365.000 B/AÑO	349.800	345.100	350.300	340.390	349.900	1'735.490

Fuente: EP, Petroecuador, Refinería La Libertad

Elaborado por: Cesar Balón

En los últimos años el costo total por mantenimiento de la Planta Cautivo, donde se incluye el salario a personal de mantenimiento, salario a personal técnico y operarios (esmeriladores, soldadores, eléctricos, entre otros), salario de personal contratado para labores de instalación de repuestos y labores varias, es de \$ 344.198,93 dólares; el costo total que se necesitó para la adquisición de repuestos varios que se implementó en las diferentes líneas de producción de las calderas es de \$ 410.631, dando un total de inversión de \$ 754.831 dólares americanos, además que la producción a pesar de no ser tan notoria la baja, es una constante que se mantendrá hasta que no se haga una reparación total de los equipos o el cambio con los nuevos equipos como se está proponiendo.

Tabla N° 39. Proyección.

Proyección	5 años anteriores	2017	5 años posteriores	Total
Equipo antiguo	754.831	90.524,13	834.831,01	1'680.186,15
Equipo nuevo				1'243.572,62
Diferencia				436.613,53

Fuente: EP, Petroecuador, Refinería La Libertad

Elaborado por: Cesar Balón

El ahorro que generará la planta Cautivo de la EP Petroecuador Refinería La Libertad, instalando los nuevos equipos de calderas va a ser de 436.613,53 dólares. Para la instalación de los nuevos equipos se deben tener en cuenta diversos parámetros para que los aparatos no sufran desperfecto alguno antes de su uso o después de la puesta en marcha.

4.6 Condiciones de Operación.

Las calderas tendrán un distribuidor de agua óptimo, el cual es el encargado de almacenar el agua presurizada que sale de la bomba de alimentación de agua y la distribuye uniformemente para el número de tubos del intercambiador de calor. La presión de operación del intercambiador de calor y del caldero debe ser de 200 PSI a 230 PSI.

Parámetros Operacionales

- Verificar el nivel del agua.
- Exceso de oxígeno en los gases de combustión (oxígeno de 1 a 25).
- Presión de vapor del cabezal principal 150 PSI.
- Temperatura de vapor de 350°F.
- Presión del cabezal de agua de alimentación (200 PSI).

Restricciones y Riesgos

- Por alto nivel en la caldera hay arrastre de líquidos y por bajo nivel se puede presentar rupturas de tubos.
- En la recuperación de condensados se puede presentar contaminación con hidrocarburos por ruptura de tubos en calentadores e intercambiadores de calor. Cuando estos hidrocarburos son pesados y llegan hasta las calderas se presenta ensuciamiento de los tubos, taponamiento de la toma de los instrumentos, pérdida de eficiencia en la caldera y posible ruptura de

tubos. En estos casos se hace necesario botar el condensado a los canales de desagüe.

- Cambios bruscos del poder calorífico del gas.
- Explosiones (combustiones).
- Puntos calientes.
- Incendios.

Precauciones

- Nunca arrancar la caldera sin antes purgar completamente.
- No arrancar bruscamente, seguir curva de arranque correspondiente.
- Antes de entrar en línea, efectuar pruebas de cortes: nivel, aire y gas.
- No se deben puentear los cortes para mantener la operación.
- Efectuar pruebas de capacidad para medir el rango de confiabilidad.
- Chequeo continuo de ruidos y vibraciones.
- Control y seguimiento (análisis químico) a calidad del agua.
- Revisar el quemador constantemente en cada uno de los turnos.
- Chequeo continuo de ruidos y vibraciones.

4.6 Condiciones para su Instalación

Las condiciones de instalación que se tendrá en cuenta para su montaje en la Planta Cautivo, responderá las necesidades de la Refinería y de los métodos de trabajo que se vayan aplicar por la Contratista que gane el concurso para la ejecución del proyecto. El contratista desarrollará las actividades de ingeniería de detalle que a continuación se detalla por campo de acción.

Procesos

- Informe de verificación de Consistencia de la Ingeniería Básica.

- Diagramas de Cañerías e Instrumentos (P&ID).
- Manual de Operaciones
- La especialidad de procesos deberá, asimismo, prestar apoyo al resto de las especialidades y tener participación en las siguientes actividades:
 - Listado de puntos de conexión.
 - Listado de instrumentos.
 - Hoja de datos de equipos, analizadores, válvulas de control, bloqueo y seguridad.
 - Estudio de los escenarios de venteo de Planta cautivo.
 - Lay-Outs (esquema de distribución, lógico y ordenado de un sistema y es usado como herramienta para optimizar procesos o sistemas).
 - Verificación de diámetros de las líneas principales con su correspondiente tendido para que se cumplan con la caída de presión máxima especificada a la succión y a la descarga de las bombas de succión.
 - Verificación de diámetros de las líneas de servicio.
 - Diagrama de causa-efecto
 - Filosofía de control y operación.

Cañerías

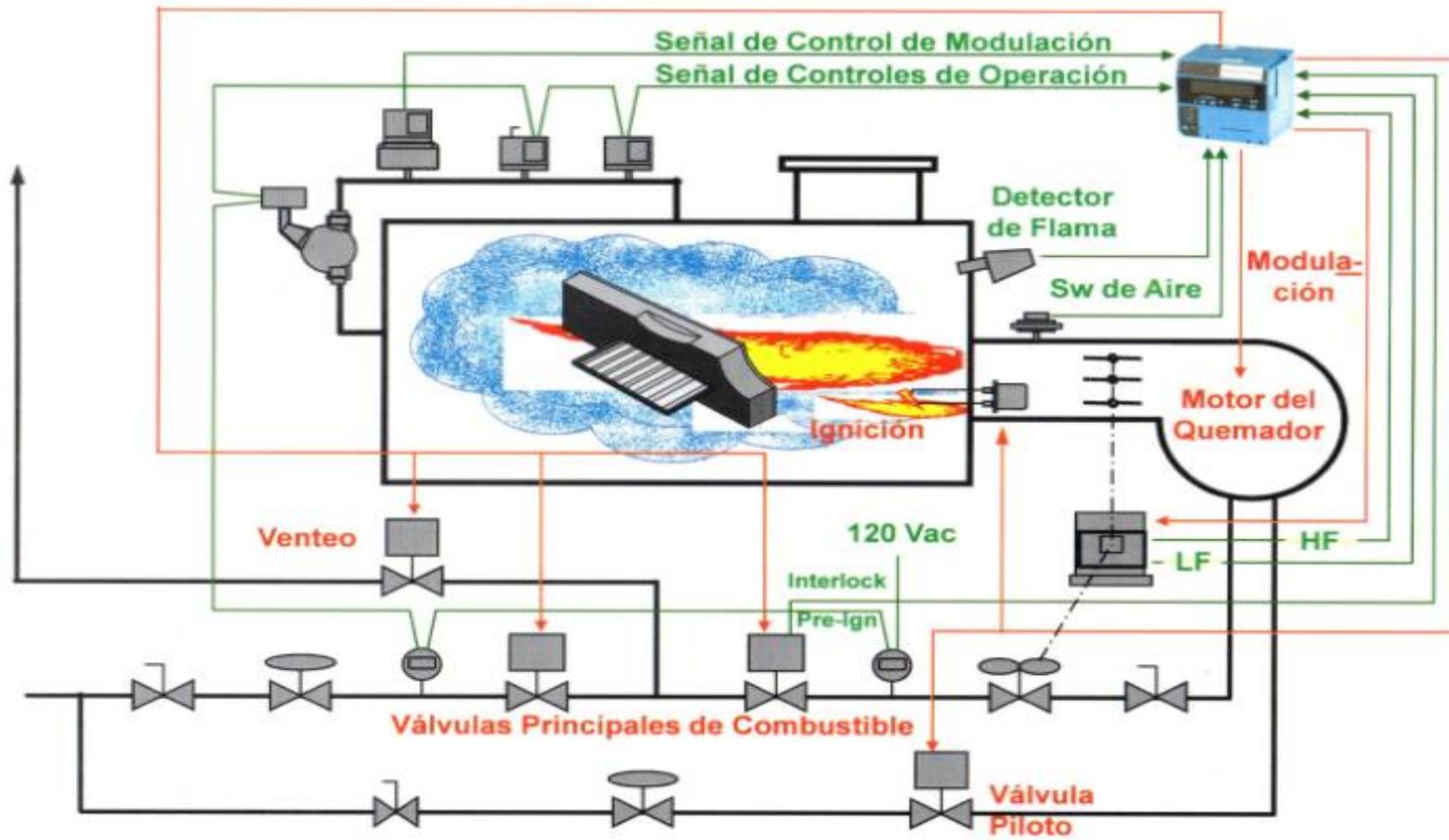
Los objetivos a cumplirse en la instalación de las nuevas unidades de calderas en la Planta Cautivo de acuerdo a las cañerías:

- Elaboración de toda la documentación técnica necesaria formada por planos y documentos que será la parte de Ingeniería de Detalle para la construcción de la Obra.
- Elaboración de todas las especificaciones técnicas necesarias para la compra de cañerías, accesorios, válvulas, juntas, otros.

Lay – Outs de secuencia de operación

A partir de los Lay-Outs de secuencia de operación de un control programado entregados por el proveedor para la oferta, el Contratista procederá a verificar, adaptar y adecuar la distribución de los equipos para su emisión para construcción. En esta etapa se verificarán las distancias de seguridad establecidas según las Normas Nacionales e Internacionales, en caso de discrepancias entre distintas normas, se contemplará lo indicado por lo más exigente. Se incorporarán a los planos Lay Outs, las dimensiones definitivas de los equipos, según los planos de los proveedores de los mismos.

Gráfico N° 25. Lay Out de Secuencia de Operación



Fuente: Empresa Homeywell

Elaborado por: Cesar Balón

Clases de cañería

Las clases de cañería entregadas con la Ingeniería Básica, serán revisadas por el área de Compras, Construcción y Montaje, durante la ejecución de la Ingeniería de Detalle, aplicando los códigos B31.3, NAG 100 u otro, según corresponda. Las tareas a desarrollar en etapa son:

- Cálculo y verificación de espesores de cañerías y accesorios de cañerías.
- Verificación de componentes.

Análisis de Tensiones

Se hará análisis de tensiones en las líneas indicadas por la empresa que realizará el montaje y la puesta en marcha, en aquellas condiciones que sea necesario según el criterio del Contratista, como mínimo, esta verificación debe realizarse en:

- Cañerías conectadas a bocas de diámetro nominal 4" y mayores de equipos rotativos y no rotativos. Se verificarán condiciones especiales de Temperatura y Presión en conexiones menores de acuerdo al Contratista.
- Cañerías troncales aéreas de diámetro nominal de 4" y 2".
- En cañerías cuya traza, que a criterio de la Contratista, pueda generar tensiones y/o esfuerzos inadmisibles tanto en cañerías como en equipos y/o soportes de cañerías.

Soportes

Se elaborará un documento de soportes donde estarán identificados todos los soportes a utilizarse en la obra, tanto los estándares como los especiales. Cada soporte tendrá como referencia el o los planos de cañerías donde estarán instalados y además los materiales necesarios para su construcción. La ubicación de los soportes se hará en los planos de cañerías, indicándonos con la simbología correspondiente y denominación respectiva y con cotas referidas a elementos

tangibles (columnas, edificios, ejes de cimientos), para su fácil instalación de obra.

Los soportes son necesarios para el apoyo de las tuberías que se vayan a colocar en la implementación de la propuesta, puesto que los anteriores soportes algunos deben ser readecuados o de algún modo retirarlos por otros.

4.7 Plan de Capacitación al personal para el manejo de las calderas.

La capacitación es un proceso educacional de carácter estratégico aplicado de forma organizada y sistemática, mediante el cual el personal adquiere o desarrolla conocimientos y habilidades específicas relativas al trabajo y modifica sus actitudes frente aspectos de la organización, el puesto o el ambiente laboral. Como componente del proceso de desarrollo de los Recursos Humanos, la capacitación implica por un lado, una sucesión definida de condiciones y etapas orientadas a lograr la integración del colaborador a su puesto y a la organización, el incremento y mantenimiento de su eficiencia, así como su progreso personal y laboral en la empresa.

El Plan de Capacitación incluye a los colaboradores del área de Operaciones y Mantenimiento que integran la empresa, agrupados de acuerdo a las áreas de actividad y tareas puntuales, algunos de ellos recogidos de la sugerencia de los propios colaboradores, identificados en las Fichas de Desempeño Laboral, así mismo está enmarcado dentro de los procedimientos para capacitación, con un presupuesto asignado. El personal antes indicado de la EP Petroecuador, Refinería La Libertad, específicamente de la Planta de Cautivo, será capacitado dos meses antes de la instalación y puesta en marcha de las nuevas calderas. La capacitación constará de tres diferentes cursos donde se informará al personal de los diferentes contratiempos que pueden generar las nuevas calderas.

Tabla N° 40. Plan de Capacitación al Personal para el Manejo de las Calderas.

Capacitación	Dirigido a	Objetivo	Duración (horas)	# Partici.	Precio por persona
Inducción al nuevo sistema de producción de vapor	Operadores y Supervisores de Planta	Integrar al personal al nuevo sistema.	8	30	\$ 60,00 USD
Operación de la Caldera	Operarios y Supervisores de Planta	Manejar el nuevo sistema de acuerdo a los estándares.	8	30	\$ 60,00 USD
Limpieza del área de trabajo	Operarios y Supervisores de Planta.	Higienizar adecuadamente el área de trabajo.	8	30	\$ 60,00 USD
Control estadístico de Proceso	Supervisores de Planta	Formación de una visión integral y sistemática sobre diseño y estructura organizacional	8	4	\$ 500,00 USD
Seguridad	Operarios y Supervisores de Planta	Prevenir accidentabilidades	8	30	\$ 60,00 USD
TOTAL			40	-	\$ 740,00

Fuente: Intendencia de Operaciones No Catalíticas

Elaborado por: Cesar Balón

Tabla N° 41. Gastos Varios.

GASTOS VARIOS POR CAPACITACIÓN					
Alimentación	Expositor, Operadores y Supervisores de Planta	Almuerzo con refrigerio	8	31	\$ 600,00 USD
Material Didáctico	Operarios y Supervisores de Planta	Libreta, carpeta con material de apoyo para aprendizaje	8	30	\$ 150,00 USD
Viáticos	Expositor	Hospedaje, alimentación	168	1	\$ 175,00 USD
TOTAL					\$ 925,00 USD

Fuente: Intendencia de Operaciones No Catalíticas

Elaborado por: Cesar Balón

Total de Presupuesto para Capacitación

\$ 740,00 USD (Tabla # 22)

\$ 925,00 USD (Tabla # 23)

\$ 1.665,00 SUMA TOTAL

Procedimientos de Operaciones del Uso de las Calderas para Operadores

- 1) Revisar el área donde se encuentran ubicados las calderas, retiramos todo objeto ajeno al trabajo de operaciones, esto incluye limpieza.
- 2) Revisar equipos de calderas, que las válvulas de entrada y salida que no tengan bridas ciegas o discos duros y que estén bien ajustados todos los pernos del equipo.
- 3) Solicitar a mantenimiento eléctrico energizar las calderas para la puesta en marcha del equipo.
- 4) Solicitar personal de apoyo como, mantenimiento, seguridad industrial, electricistas, incluyendo el personal de operaciones.
- 5) Comunicar a planta eléctrica sobre el suministro de energía eléctrica para el arranque de las calderas.
- 6) Abrir válvulas de salida del hidrocarburo de las calderas.
- 7) Abrir válvulas de entrada a las calderas.
- 8) Energizamos calderas.
- 9) Presurizamos las calderas.
- 10) Pedimos al personal de mantenimiento eléctrico visualizar para el condicionamiento de las bombas de succión del agua tratada.
- 11) Lentamente abrir válvulas de control, aumentando el flujo de los gases de combustión.
- 12) En todo momento inspeccionamos temperaturas, presiones y flujos de entrada de gases en el equipo en sí y a la salida de las calderas.

4.8 Plan de Mantenimiento de las Calderas.

Si bien el objetivo de mantenimiento es lograr, con el mínimo coste, el mayor tiempo en servicio de las instalaciones y maquinarias productivas, con el fin de conseguir la máxima disponibilidad, aportando la mayor productividad y calidad del producto y la máxima seguridad de funcionamiento; sin embargo, el objetivo así definido no queda medido ni expresado en cifras.

Conocer cuáles son sus componentes o factores:

- Coste,
- Tiempo de servicio (disponibilidad-fiabilidad).
- Seguridad de funcionamiento (mantenibilidad-calidad y prontitud de servicio).

4.8.1 Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo comprende todas las acciones sobre revisiones, modificaciones y mejoras dirigidas a evitar averías y las consecuencias de estas en la producción. El mantenimiento preventivo o condicional es una metodología que tiene como objetivo final asegurar el correcto funcionamiento de los equipos que se encuentren en estado crítico a través de previa inspección, del estado del equipo por vigilancia continua de los niveles o umbrales correspondientes a los parámetros indicadores de su condición o estado de servicio, y que se realiza sin necesidad de recurrir a desmontajes y revisiones periódicas.

Esta metodología permite seguir con notable precisión el estado de la maquinaria, así como la evolución de los síntomas de fallo, cuando se culmine el año laboral de la planta, con la finalidad de brindar los siguientes aspectos:

- Conocer con gran precisión el momento en que se va a producir la avería o fallo, a fin de poder evitar a través de una intervención programada.
- Alargar el máximo posible la vida útil de las piezas y conjuntos, a fin de abaratar el coste de Mantenimiento.

La importancia de la disciplina del análisis que el Mantenimiento predictivo utiliza como herramienta, así como los avances de la tecnología de medición y los análisis dinámicos de señales, está permitiéndonos hoy en día detectar, con gran precisión, desde desgastes de las tuberías como su capa térmica para prevenir las pérdidas de calor.

El Mantenimiento Predictivo presupone la monitorización de la instalación-máquina o equipo controlado, es decir, la instalación de sensores para la captación de una señal premonitoria (vibración, ruido, temperatura, presión y el análisis de partículas en lubricantes, entre otros.). La señal captada debe ser posteriormente analizada e interpretada para poder tomar decisiones si procede, comparándola con las señales correspondientes a situaciones previamente conocidas de la marcha ideal de la instalación o máquina controlada. Esto puede traer consigo que el personal de los servicios de mantenimiento, especializado y dedicado enteramente a las intervenciones tradicionales, toma una tarea complementaria: la medida de temperatura que en numerosos casos pueden verse en percances dependiendo el grado de alimentación de los gases de combustión.

4.8.2 Factores del mantenimiento correctivo por averías

Los factores más importantes a considerar son los siguientes:

- Organización técnico-administrativa.
- Suministro de repuestos a través del almacén de recambios y el taller auxiliar.
- Herramientas y útiles para efectuar los trabajos.

- Formación y calidad del personal profesional para la detección de averías.

Organización técnico-administrativa. Para llevar a cabo por averías y relacionarle con la fabricación, así como para informar de los trabajos efectuados y calcular un coste de operación y de repercusión en la parada de los sistemas de producción, formando todo ello un banco de datos e históricos de las máquinas, es necesario ayudarnos de una serie de documentos que vamos a documentar.

Parte de averías. Este documento será emitido por el operador de la producción de la planta, con la finalidad de describir los datos correspondientes:

- Máquina y línea o taller de reparación o mantenimiento.
- Tipo de avería o diagnóstico.
- Fecha y hora de emisión.
- Datos de la intervención (mano de obra-recambios-costes).

4.8.3 Ficha de historial de averías

En esta ficha se mostrarán los datos técnicos y económicos de las diferentes intervenciones realizadas para reparar averías de cada máquina o equipo, así como los recambios que se han ido utilizando en todas las intervenciones. En el departamento de mantenimiento se abrirá un fichero conteniendo una ficha por máquina (en este caso las calderas).

- Fecha y número del parte de averías
- Órgano donde estuvo localizada la avería.
- Detalle de los trabajos realizados
- Horas de parada de máquina e instalación.
- Horas de intervención,
- Importe de la mano de obra empleada,
- Importe de los materiales y recambios empleados,

- Importe total de cada reparación.

4.8.4 Contexto del Plan de Mantenimiento Preventivo

La gestión del Mantenimiento Preventivo desarrollado a través del Auto mantenimiento y el Mantenimiento programado se componen mediante un Plan de Mantenimiento Preventivo para el equipo a utilizarse en este caso es la utilización de las calderas, este plan se compone así de una lista de procedimientos o acciones necesarias que debe cumplir una máquina o instalación en términos de:

- Limpieza,
- Control,
- Visita de Inspección,
- Revisión de válvulas,
- Intervenciones de profesionales de Mantenimiento,
- Otros.

El Plan de Mantenimiento Preventivo permite tener una visión global y concreta de todas las acciones previstas para una instalación determinada. En este contexto, hemos de decir que este plan es una herramienta de mejora para futuros nuevos equipos similares, pues permite constituir una base de datos al mencionado plan de mantenimiento que ya funciona sobre las calderas, por lo que puede servir una referencia a la Ingeniería de Planta y a los Constructores, permitiendo iniciar el bucle del progreso continuo, capitalizando experiencias y evitando reinventar un Mantenimiento cada vez óptimo.

Este Plan de Mantenimiento preventivo exige una programación estricta, en la que no debe quedar ningún imprevisto por el cual haya de actuarse de una forma improvisada. De acuerdo a lo que hemos comentado en este apartado, los conceptos básicos como punto de partida para la construcción de un plan de mantenimiento preventivo se deber seguir los siguientes lineamientos:

- Disponer de los datos necesarios.
- Establecer cómo y cuándo deben hacerse las inspecciones e intervenciones.
- Medir la eficacia del servicio de Mantenimiento a través de indicadores.
- Conocer el Costo de mantenimiento y su repercusión en el presupuesto de la empresa, así como su evolución:

A continuación se muestra una tabla para el control de mantenimiento y limpieza que se debe cumplir con las nuevas unidades de calderas, por lo que también se podrá utilizar esta tabla con otras máquinas o equipos como bombas, motores y válvulas:

Tabla N° 42. Auto-mantenimiento.

AUTO-MANTENIMIENTO														
MÁQUINA: _____										FECHA: _____				
TURNO: _____										OPERADOR: _____				
GAMAS	LUN ES		MART ES		MIÉRCO LES		JUEV ES		VIERN ES		SÁBA DO		DOMIN GO	
	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N
LIMPIEZA														
ENGRASE														
ELÉCTRICO														
HIDRÁULICO														
EQUIPO DE CONTROL														
<div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;"> _____ F) OPERADOR </div> <div style="text-align: center;"> _____ F) SUPERVISOR </div> </div>														

Fuente: Intendencia de Operaciones No Catalíticas

Elaborado por: Cesar Balón

La tabla No. 43 describe la corrección de anomalías que se detalla cuando se realice el mantenimiento preventivo de las máquinas, por lo cual el ejecutante describirá la fecha, hora y el tiempo estimado que se tardó para su culminación:

Tabla N° 43. Corrección de Anomalías.

CORRECCIÓN DE ANOMALÍAS			
FECHA:			
TURNO:			
HORA	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE DE LA EJECUCIÓN	TIEMPO ESTIMADO

Fuente: Intendencia de Operaciones No Catalíticas

Elaborado por: Cesar Balón

La vida útil sin mantenimiento de los equipos nuevos es de 10 años, la Planta Cautivo operara sin paralización por daño o mantenimiento de estos nuevos equipos por el lapso de una década, después de este tiempo se hará la programación en los dos siguientes años cada 4 meses que debe incluir:

- Cambio de partes.
- Reparación de daños.
- Cambio de aditivos.

Luego de este tiempo, las paralizaciones por mantenimiento serán una vez al año para evaluar la funcionalidad de los equipos. Este Plan de Mantenimiento conlleva a realizar y cumplir cada una de las actividades para que el funcionamiento de las calderas opere a las producciones establecidas de la planta, y mantenga su rendimiento por el período de tiempo establecido anteriormente.

4.9 Resultados Obtenidos

Los resultados obtenidos con la propuesta, esta principalmente radicado con las mejoras en la generación de vapor de agua, el aumento o la estabilización de la producción instalada de los derivados de crudo de la Planta Cautivo, de este modo los subproductos tendrán una calidad aceptable para el mercado actual, así como también un incremento significativo de los derivados, como se describe en la tabla a continuación:

Tabla N° 44. Aumento de Producción de derivados de crudo.

Producto	Producción Actual (barriles/día)	Producción Mejorada (barriles/día)
Gasolina	1.200	2.500
Diésel #1 y #2	2.000	3.400
Residuos	4.800	3.600
Total	8.000	9.500

Fuente: EP, Petroecuador, Refinería La Libertad

Elaborado por: Cesar Balón

Análisis: El aumento de producción es significativo para la Planta Cautivo, porque hasta en la actualidad se ha mantenido un rendimiento de 8.000 barriles diarios de crudo en todos los subproductos, mientras aplicando las nuevas unidades de calderas y utilizando las mejoras complementarias respectivas, se obtendrá un aumento de 9.500 barriles/diarios, nos lleva a la conclusión que ese incremento está dado por la siguiente operación:

$$\begin{aligned} & 9.500,00 \text{ barriles/diarios} \\ & \underline{8.000,00 \text{ barriles/diarios}} \\ & = 1.500,00 \text{ barriles/diarios (Incremento)} \end{aligned}$$

El incremento que se obtendrá con la aplicación de la propuesta es de 1.500 barriles/diarios, de esta manera se calculará el incremento porcentual en base al incremento calculado:

$$\textit{Incremento Porcentual} = \frac{\textit{Incremento}}{\textit{Producción Actual}} * 100\%$$

$$\textit{Incremento Porcentual} = \frac{1.500}{8.000} * 100\%$$

$$\textit{Incremento Porcentual} = 18,75\% \approx 19\%$$

CAPÍTULO V

ANÁLISIS ECONÓMICO CON RELACIÓN COSTO-BENEFICIO DEL PROYECTO

5.1 Plan de Inversión y Financiamiento

Se renovará las 5 unidades de calderas con las características mencionadas anteriormente, para la implementación respectiva, de acuerdo al plan de inversión para poder llevar a cabo la propuesta, constara de los costos para la puesta en marcha de las unidades de calderas, y el nuevo sistema de calentamiento o producción de vapor saturado para el procesamiento de los derivados de petróleo en la Planta Cautivo de la EP Petroecuador, de la Refinería La Libertad. Se realizó una tabla de todo lo necesario para el plan de inversión como se muestra a continuación:

Tabla N° 45. Plan de Inversión y Financiamiento.

EQUIPO	PRECIO Subtotal
Caldera Pirotubular para gasolina	248.384,02
Caldera Pirotubular para gasolina	196.467,08
Caldera Pirotubular Fuel Oíl – Bunker	286.056,02
Caldera Pirotubular Fuel Oíl – Bunker	286.056,02
Caldera Pirotubular Fuel Oíl – Bunker	325.353,69
Construcción de soportería y montaje de las calderas en sus estructuras	50.314,21
Documentación técnica: Manual de Operaciones, Mantenimiento de planos, información técnica sobre todos los equipos, instrumentos.	1.600,00
Curso de Capacitación, Personal de Operaciones, Personal de mantenimiento	2.200,00
SUBTOTAL	1'110.322,69
12% IVA	133.239,92
TOTAL PRESUPUESTADO	1'243.572,62

Fuente: Investigación Directa

Elaborado por: Cesar Balón

El monto total de la inversión para la realización del proyecto tendrá un valor de **1'243.572,62 USD.**

5.1.1 Costo de la Operación

En el costo de la operación que se detalla en la tabla a continuación, se describe los materiales con respecto a los recursos humanos.

Tabla N° 46. Costos de operaciones.

Costo de Operaciones de la Propuesta	
Total Presupuesto para Capacitación	
Manejo de Calderas	740,00
Gastos Varios por Capacitación	925,00
Total	\$ 1.665,00

Fuente: Investigación Directa

Elaborado por: Cesar Balón

Los costos de operación en materia de capacitación a los operadores de la Planta Cautivo, asciende a un valor de \$ 1.665,00, cabe recalcar que se contempla ese rubro en un número de 40 horas de capacitación para el correcto manejo de los equipos.

5.1.2 Inversión Total

La inversión total es igual a la sumatoria de la inversión fija más los valores de costos de operación, para mayor entendimiento se detalla en la siguiente tabla a continuación:

Tabla N° 47. Inversión Total.

Inversión Total		
Detalle	Costos	Porcentajes
Inversión Fija	\$ 1'243.572,62	99,7%
Costos de operaciones	\$ 1.665,00	0,03%
Total	1'245.237,62	100%

Fuente: Investigación Directa

Elaborado por: Cesar Balón

Por lo tanto, luego del análisis de las tablas #34 y #35, se detalla cada uno de los valores que compone la inversión total, para la puesta en marcha de las calderas en la Planta Cautivo de la Refinería La Libertad, asciende a un valor aproximado de \$ 1'245.237,62 USD.

5.2 Financiamiento

De acuerdo a este valor la propuesta de Tesis se contemplara para el financiamiento en el 70% de entidades de crédito bancario gubernamental, como es la C.F.N (Corporación Financiera Nacional), la tasa de interés del préstamo es del 12% se cancelará en un plazo de tres años con montos deducibles y que sean al alcance del departamento de producción, puesto que por las asignaciones en la Unidad de Producción es imposible realizar este proyecto sin financiamiento propio. La inversión para la propuesta planteada se empleará con un préstamo del 70% solicitado en una institución bancaria, la cual tiene una tasa de interés del 3% del interés trimestral, es decir que anualmente se cancelará el 12% de interés lo cual se pagará en su totalidad por un período de 3 años.

Tabla N° 48. Financiamiento.

DETALLE	COSTO
Inversión Inicial	1'245.237,62
Crédito Financiado (C): 70%	871.666,33
Capital propio 30%	373.571,28
Interés anual	12%
Interés trimestral	3%
Numero de pagos	12

Fuente: Investigación Directa

Elaborado por: Cesar Balón

Amortización de la inversión del crédito financiado.

Para que el crédito financiado requerido sea amortizado, se operará de la siguiente manera:

$$Pago = \frac{C * Tasa}{1 - (1 + Tasa)^{-n}}$$

$$Pago = \frac{871.666,33 * 3\%}{1 - (1 + 3\%)^{-12}}$$

$$Pago = 87.569,41 USD$$

Los pagos a realizarse trimestralmente del crédito realizado para el financiamiento ascienden a \$ 87.569,41 USD de acuerdo a la ecuación de interés compuesto que se ha empleado.

Tabla N° 49. Amortización.

Trimestre	n	Crédito	Interés (I)	Pago	Deuda
Dic-2017	0	871.666,33	3%		C+i-Pago
Mar-2018	1	871.666,33	26.149,98	87.569,41	810.246,90
Jun-2018	2	810.246,90	24.307,40	87.569,41	746.984,89
Sep-2018	3	746.984,89	22.409,54	87.569,41	681.825,02
Dic-2018	4	681.825,02	20.454,75	87.569,41	614.710,36
Mar-2019	5	614.710,36	18.441,31	87.569,41	545.582,26
Jun-2019	6	545.582,26	16.367,46	87.569,41	474.380,31
Sep-2019	7	474.380,31	14.231,40	87.569,41	401.042,30
Dic-2019	8	401.042,30	12.031,69	87.569,41	325.504,56
Mar-2020	9	325.504,56	9.765,13	87.569,41	247.700,28
Jun-2020	10	247.700,28	7.431,00	87.569,41	167.561,87
Sep-2020	11	167.561,87	5.026,85	87.569,41	85.091,31
Dic-2020	12	85.091,31	2.550,79	87.569,41	0,00
Total			179.167,70	963.258,59	

Fuente: Investigación Directa

Elaborado por: Cesar Balón

De este modo se calculó el monto de Interés que se cancelará en los siguientes 12 trimestres sobre el crédito otorgado por la institución financiera:

Tabla N° 50. Intereses Anuales del Crédito.

Intereses Anuales del Crédito Financiado	
Periodo	Costos Financieros
2018	93.321,67
2019	61.071,86
2020	24.773,77
Total	\$ 179.167,70

Fuente: Investigación Directa

Elaborado por: Cesar Balón

Luego de ser otorgado el crédito financiado, este genera un interés de \$ 179.167,70 USD, que deberá ser cancelado hasta el tercer año del inicio de la ejecución de la propuesta.

5.3 Evaluación financiera (Coeficiente costo/beneficio, TIR, VAN, Período de Recuperación del Capital)

Los índices financieros que sustentaran la inversión de la propuesta de tesis son los siguientes:

- Tasa interna de retorno (TIR).
- Valor Actual Neto (VAN).
- Período de recuperación de la Propuesta.

5.3.1 Tasa Interna de Retorno (TIR).

Para la realización del TIR, se aplicó el programa de Microsoft Excel donde se utilizó las funciones, comandos y herramientas financieras, donde automáticamente resuelve la tasa de interés de retorno, la cual es igual a 20% para la comprobación se usó la siguiente fórmula:

$$P = \frac{F}{(1 + i)^n}$$

Dónde:

P = Inversión inicial = \$ 1'245.237,62

F = Flujo de caja

n = Número de años

i = Tasa de interés 12% (TIR calculada mediante Excel)

Tabla N° 51. Flujo de Efectivos.

FLUJO DE EFECTIVOS	
AÑO	VALOR
2018	\$339.656,14
2019	\$391.367,15
2020	\$445.979,54
2021	\$491.443,53
2022	\$516.036,32

Fuente: Investigación Directa

Elaborado por: Cesar Balón

TIR = 20%

5.3.2 Valor Actual Neto

El valor actual neto (VAN) se obtiene, mediante la ecuación financiera que se utilizó para la comprobación de la TIR. Se utilizó los flujos de efectivos que tiene la Refinería La Libertad, esto resultó de la diferencia de los ingresos menos los egresos (véase la tabla #51), a partir de este monto los últimos 5 años se pudo obtener el VAN para nuestro proyecto.

Dónde:

P = Inversión inicial = \$ 1'245.237,62

F = Flujo de caja

n = Número de años

I = Tasa de interés 12% (TIR calculada mediante Excel)

$$P = \frac{F}{(1 + i)^n}$$

VAN = \$ 1'537.800,60 DÓLARES

5.3.3 Período de Recuperación de la Inversión

Para determinar el tiempo de recuperación de la inversión, se utiliza la ecuación financiera con la cual se comprobó los criterios económicos de la TIR y VAN, considerando como valor de i , a la tasa de interés del 12%.

Tabla N° 52. Recuperación de Inversión.

Año	n	Inv. Inicial	F	i	P	P
2017	0	1245237,6				Acumulado
2018	1		\$339.656,14	12%	\$303.264,41	\$303.264,41
2019	2		\$391.367,15	12%	\$311.955,50	\$615.219,91
2020	3		\$445.979,54	12%	\$317.436,58	\$932.656,49
2021	4		\$491.443,53	12%	\$312.331,25	\$1.244.987,74
2022	5		\$516.036,32	12%	\$292.812,87	\$1.537.800,61
			Total		\$1.537.800,61	

Fuente: Investigación Directa

Elaborado por: Cesar Balón

Tabla N° 53. Tiempo Aproximado para la recuperación de inversión.

Períodos de recuperación del capital aproxi		4	Años
Período de recuperación del capital exacto		3.61	Años
Período de Recuperación del Capital Exacto		43.32	Meses
Período de Recuperación del Capital Exacto	3	8	Año/meses
Coeficiente Costo/Beneficio		1,39	Año

Fuente: Investigación Directa

Elaborado por: Cesar Balón

La recuperación de la inversión se produce en el quinto año del período anual, en el cual el valor de P acumulado es de \$1'537.800,61 es superior al valor de la inversión inicial de \$ 1'245.357,60 USD.

5.4 Coeficiente Costo / Beneficio

Para determinar el coeficiente de costo/beneficio se debe realizar la siguiente ecuación:

$$\text{Coeficiente Beneficio/costo} = \frac{\text{beneficio}}{\text{costo}}$$

El beneficio de la propuesta se refiere al valor actual neto (VAN), que es igual a \$ 1'537.800,60, por lo que el costo de la propuesta es de \$ 1'245.237,60, esto es la inversión necesaria para la implementación de las calderas. Entonces se procede al cálculo del coeficiente de Beneficio/Costo:

$$\text{Coeficiente Beneficio/costo} = \frac{1'537.800,60}{1'245.237,60}$$
$$\text{Coeficiente Beneficio/costo} = \$1.39$$

De acuerdo a los cálculos realizados se indica que por cada dólar que se va invertir, se recibirá \$1.39, es decir \$ 0,39 de beneficio adicional, lo que indica la conveniencia y lo importante de la inversión.

CONCLUSIONES

- La planta Cautivo ha mostrado problemas en la producción de vapor saturado, por lo que ha perjudicado el procesamiento de los derivados del petróleo y esta baja ha ocasionado la disminución de los ingresos para la Refinería La Libertad.
- Se pudo constatar que en la Planta Cautivo la causa de la problemática son las cinco calderas de vapor saturado que no operan de acuerdo a las condiciones de operación de la Refinería La Libertad.
- La alternativa de solución sobre el estudio técnico para mejorar la situación actual, consiste en la renovación de las calderas industriales de vapor saturado para de esta manera evitar las paralizaciones continuas, productos con bajas temperaturas, rotura de tuberías.
- La propuesta requiere una inversión total \$ 1'245.237,62 que será recuperada en período de 4 años, generando una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 25.43% que supera la tasa descuento con la cual se compara la inversión de 12% y un Valor Actual Neto (VAN).

RECOMENDACIONES

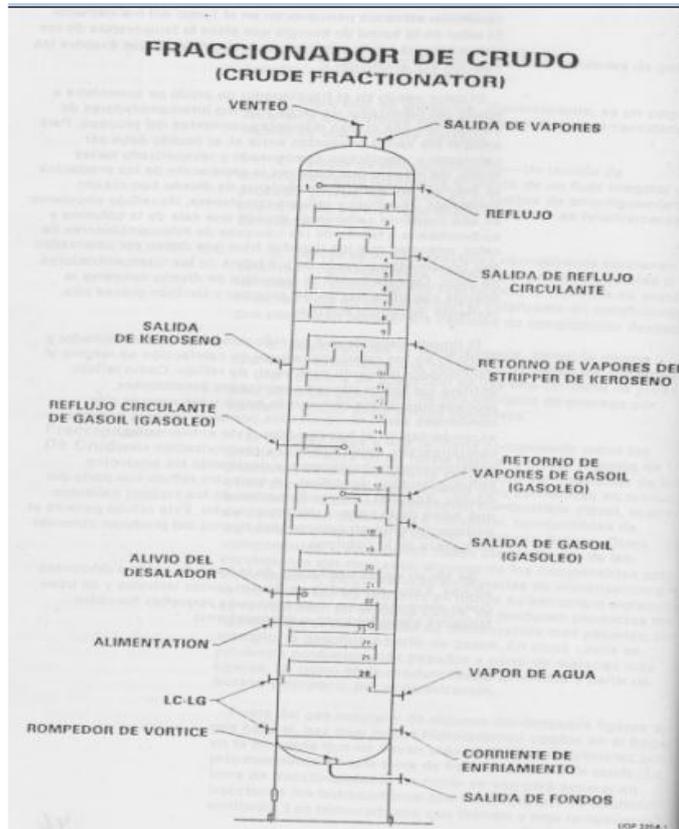
Se recomienda a la empresa EP PETROECUADOR y a la Planta Cautivo lo siguiente:

- Considerar la propuesta de tesis como un proyecto prioritario y que se implemente de manera urgente para dar solución a los problemas presentados en la Planta Cautivo.
- Programar la adquisición de tecnología de punta que le permita tener una mejor eficiencia en los sistemas de enfriamiento.
- Renovar las calderas y capacitar al personal para su correcto funcionamiento y alargar su vida útil, con las nuevas calderas el gran beneficiado será la empresa por que aumentará la producción de los derivados del petróleo y con ello acarreará más ingresos económicos.
- Lograr los resultados óptimos y beneficios en base a la inversión que se ha propuesto y con la aplicación del TIR (Tasa Interna de Retorno) y VAN (Valor Actual Neto) y recuperar el capital en el plazo establecido.

BIBLIOGRAFÍA

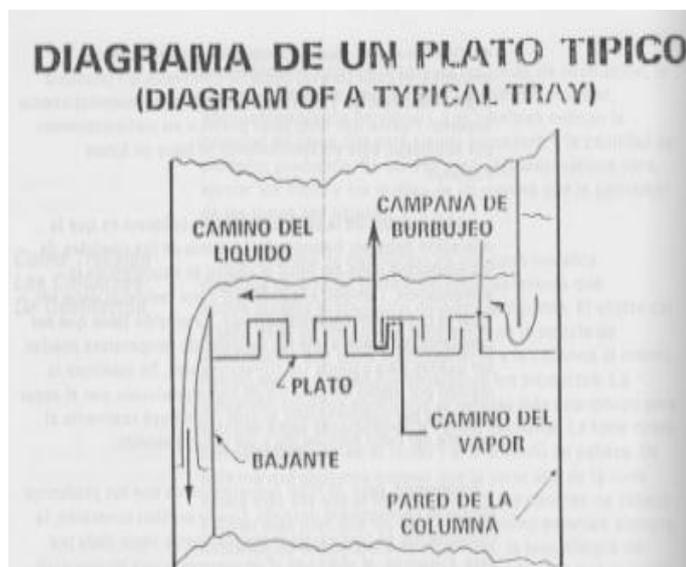
- HARRINGTON, H. (1993). Mejoramiento de los procesos de la Empresa Editorial McGraw-Hill. Edición Interamericana S.A. Bogotá – Colombia.
- ISHIKAWA KAORU. (1992)¿Qué es el control de calidad? Editorial Norma. Editado por Urgot-Edition.
- KAPLN, ROBERT, NORTON DAVID. (1997). Cuadro de Mando Integral. Barcelona – España.
- Ley Orgánica de Contratación Pública, Registro Oficial del 4 de Agosto del 2008.
- MERCADO, Salvador. (2003). Compras, Principios y Aplicaciones de Tecnología. México – México DF.
- Manual de Organización y Funciones de Petroindustrial.
- Manual de Operaciones de la Refinería La Libertad.
- Manual de Propiedad, Planta y Equipos.
- RICO RUBEN ROBERTO. (2001). Calidad Estratégica Total. Ediciones Macchi, Buenos Aires – Argentina.
- ROURI, J. (2002). Gestión de Procesos. Biblioteca IESE, de la Gestión de Empresas. Universidad de Navarra.
- TRISCHLER, WILLIAM E. (2000). Mejora del Valor Añadido en los Procesos, Editorial Gestión.
- TYRO, TRAIN YOUR REFINERY OPERATORS. (2008). Curso Práctico para Operaciones de Refinerías, Manual de Entrenamiento.

Anexo N° 1. TORRE DE FRACCIONAMIENTO.



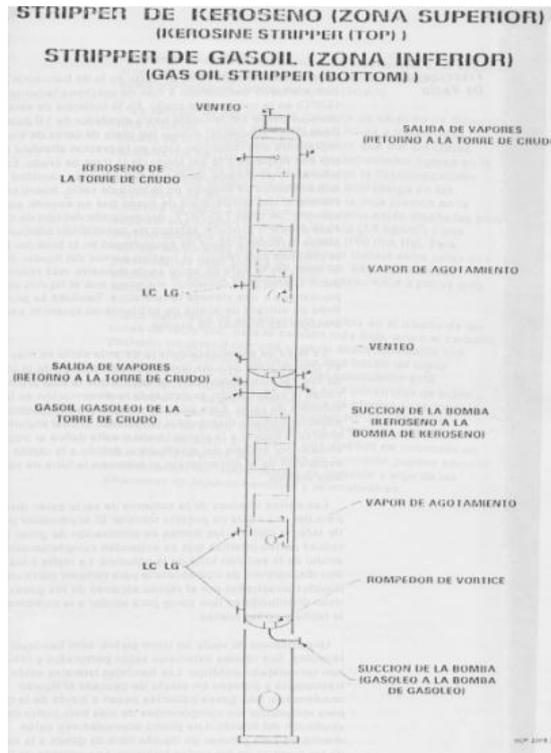
Fuente: Texto Curso TYRO

Anexo N° 2. PLATOS DE BURBUJEO.



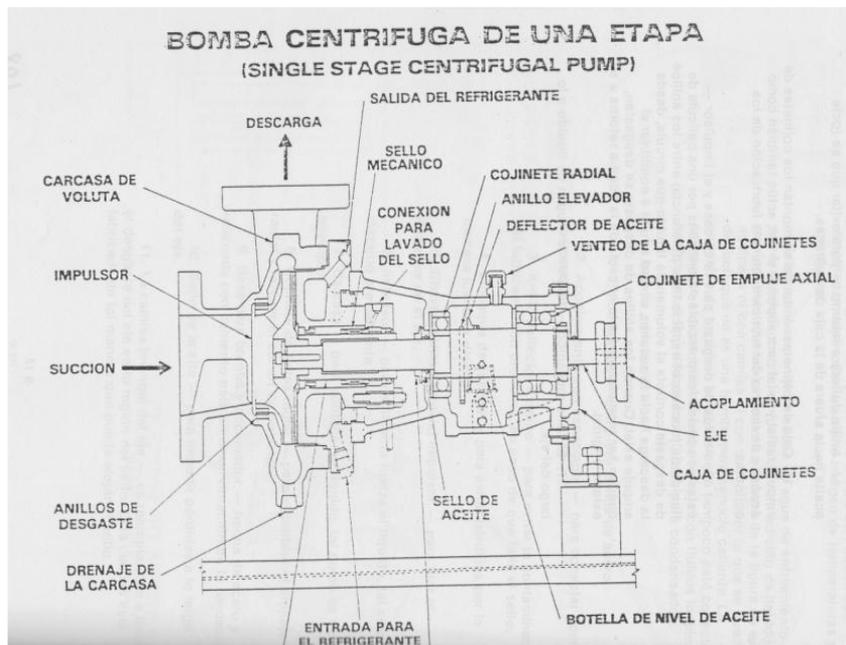
Fuente: Texto Curso TYRO

Anexo N° 3. STRIPPER O DESPOJADOR.



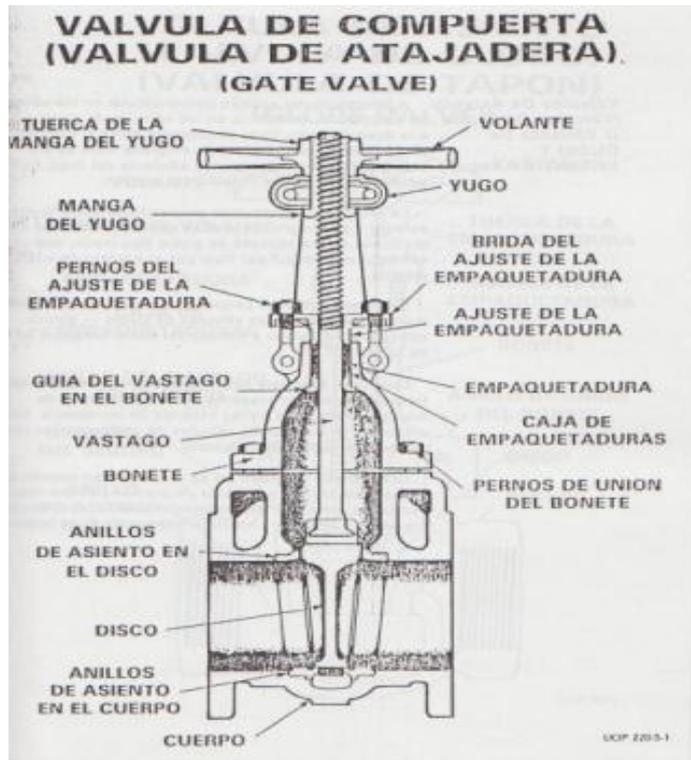
Fuente: Texto Curso TYRO

Anexo N° 4. BOMBA CENTRIFUGA



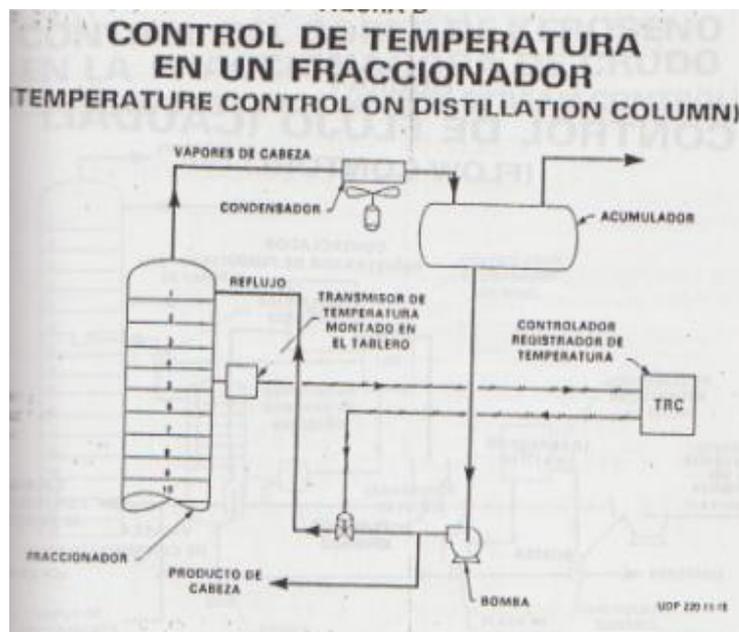
Fuente: Texto Curso TYRO

Anexo N° 5. VÁLVULAS.



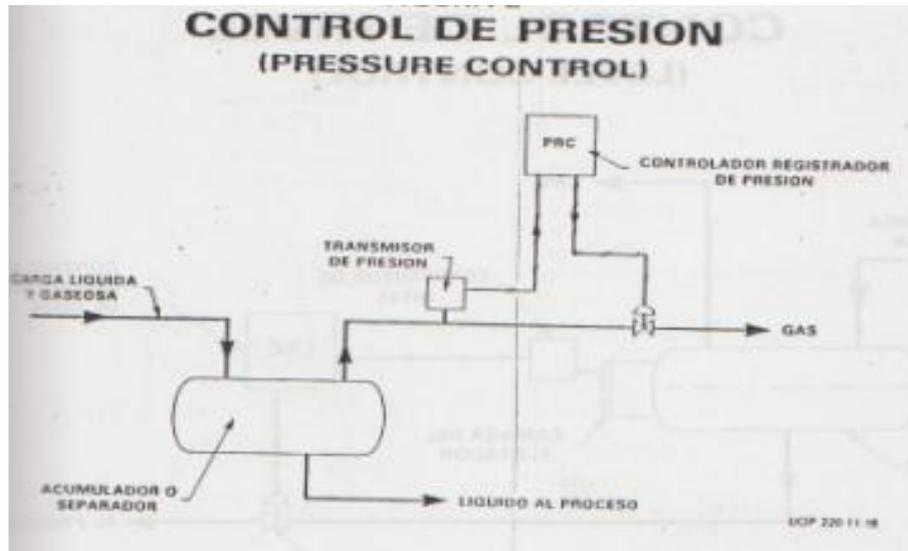
Fuente: Texto Curso TYRO

Anexo N° 6. CONTROL DE TEMPERATURA.



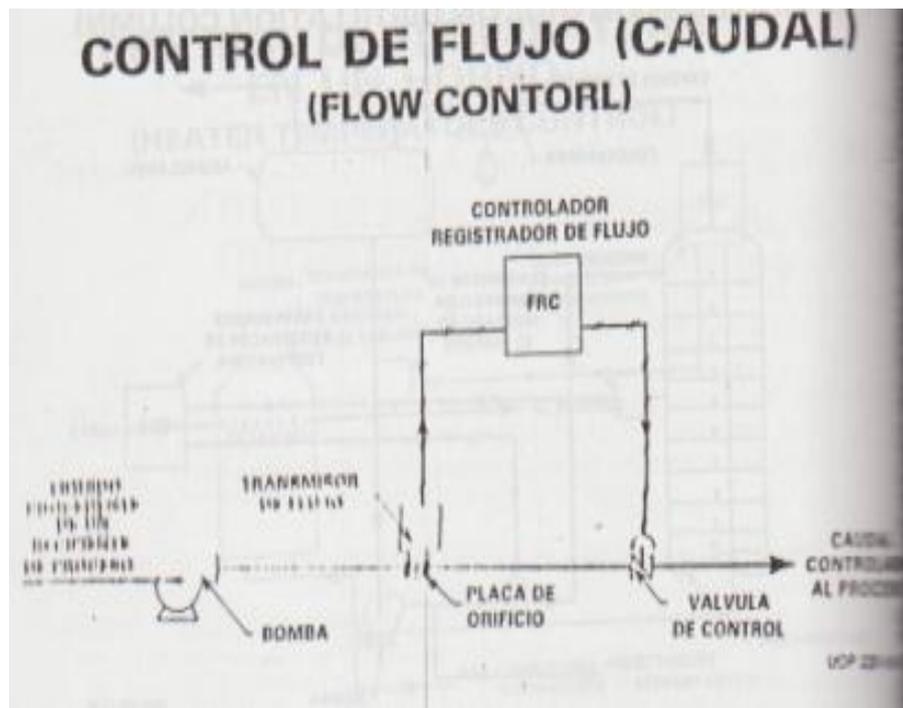
Fuente: Texto Curso TYRO

Anexo N° 7. CONTROL DE PRESIÓN.



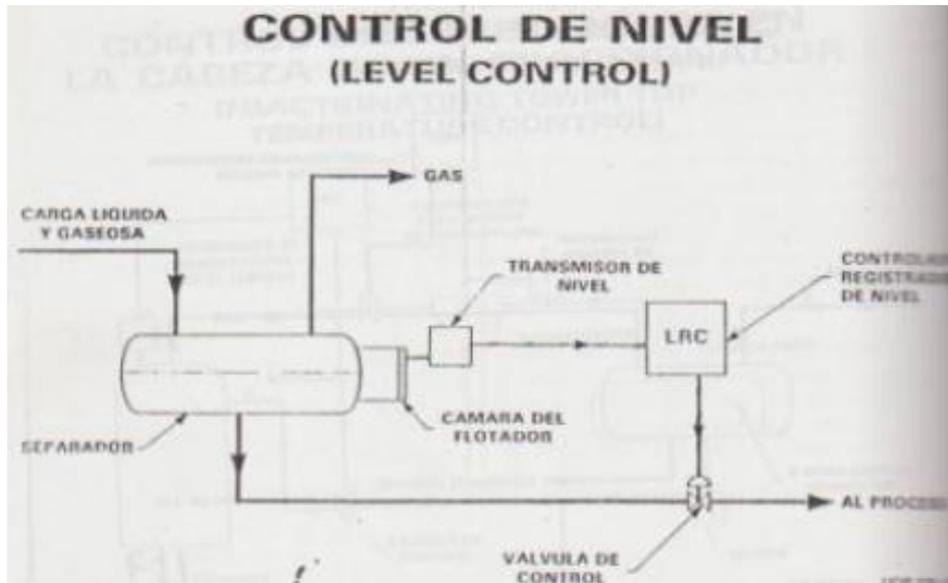
Fuente: Texto Curso TYRO

Anexo N° 8. CONTROL DE FLUJO.



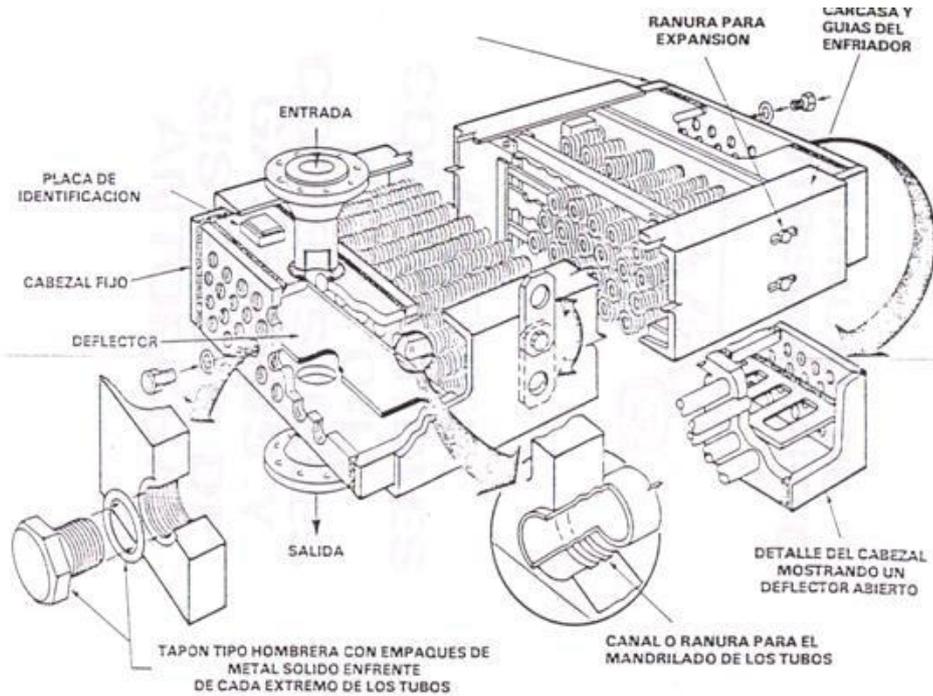
Fuente: Texto Curso TYRO

Anexo N° 9. CONTROL DE NIVEL.



Fuente: Texto Curso TYRO

Anexo N° 10. AERO-ENFRIADORES O ENFRIADORES.



Fuente: Texto Curso TYRO

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Anexo N° 11. **ENCUESTA REALIZADA A LOS TRABAJADORES DE LA PLANTA CAUTIVO.**

Indicación: A continuación. Usted encontrará 10 preguntas, seleccione la alternativa que Usted considere y se ajusta más a su percepción, escoja solo una alternativa, por favor, GRACIAS.

1. ¿EL SISTEMA DE CALENTAMIENTO REALIZADO POR LAS CALDERAS INDUSTRIALES ACTUALES ES SATISFACTORIO PARA LA PLANTA CAUTIVO?

SI NO

2. ¿LAS CALDERAS ACTUALES PERMITIRÁN EN AÑOS POSTERIORES REALIZAR MÁS MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS O CORRECTIVOS?

SI NO

3. ¿LA PLANTA CAUTIVO DISPONE ACTUALMENTE DE LOS RECURSOS NECESARIOS PARA LA SOLUCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS CALDERAS?

SI NO

4. ¿EXISTEN MÉTODOS ALTERNATIVOS PARA LA PRODUCCIÓN DE VAPOR SATURADO EN LA PLANTA CAUTIVO?

SI NO

5. ¿EXISTEN ACTUALMENTE UN STOCK DE REPUESTOS PARA LOS FUTUROS MANTENIMIENTOS DE LAS CALDERAS INDUSTRIALES?

SI NO

6. ¿CREE USTED QUE ES NECESARIO UNA RENOVACIÓN DE LAS UNIDADES DE CALDERAS PARA LA PRODUCCIÓN DE VAPOR SATURADO?

SI NO

7. ¿EL PERSONAL ESTA CAPACITADO ACTUALMENTE PARA LA OPERACIÓN Y EL MANTENIMIENTO DE LAS NUEVAS UNIDADES DE CALDERAS?

SI NO

8. ¿CREE USTED AL IMPLEMENTAR LA PROPUESTA SE MEJORARÁ LA CALIDAD Y LA CANTIDAD DE PRODUCCIÓN DE LOS SUBPRODUCTOS DE CRUDO EN LA PLANTA CAUTIVO?

SI NO

9. ¿CREE USTED QUE LA CAPACITACIÓN ES UN PAPEL IMPORTANTE PARA QUE LOS TRABAJADORES REALICEN LAS TAREAS SIN LA POSIBILIDAD DE QUE SE PRESENTEN PROBLEMAS EN LA GENERACIÓN DE VAPOR?

SI NO

10. ¿CREE USTED QUE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS CALDERAS CONLLEVA UN MEJORAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN, ADEMÁS COMO EL AUMENTO DE INGRESOS ECONÓMICOS A LA REFINERÍA LA LIBERTAD?

SI NO