



**UNIVERSIDAD ESTATAL**

**PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**“ELABORACIÓN DE UN ESTUDIO TÉCNICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA DE ÓSMOSIS INVERSA QUE TRANSFORMARÁ EL AGUA SALADA EN DESALINIZADA PARA OPTIMIZAR EL VOLUMEN DE AGUA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA REFINERÍA LA LIBERTAD 2016.”**

## **TRABAJO DE TITULACIÓN**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

AUTOR

VELEZ RIZO LUIS ALBERTO

TUTOR DE TESIS

ING. IND. VÍCTOR MATÍAS PILLASAGUA MSc.

2016

LA LIBERTAD – ECUADOR

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco inmensamente a Dios y a mi amada esposa Ing. Densy Moreira Solano, por haberme apoyado incondicionalmente, brindándome su tiempo, paciencia y sacrificio, y a su vez proyectándome su optimismo y sus consejos para continuar y no desfallecer en la culminación de mi meta.

A la Universidad por darme la oportunidad de formarme profesional y humanamente.

A mis docentes por compartir sus conocimientos y experiencias.

Al Ing. Julio Perero Rodríguez por brindarme la ayuda incondicional para el desarrollo de mi proyecto de investigación.

A mis compañeros de trabajo y a mis jefes por el apoyo constante, para no desmallar en mí meta de alcanzar y terminar mis estudios.

**Luis Vélez Rizo**

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a Dios todo poderoso; por haberme dado las fuerzas necesarias para continuar con mis estudios, dándome siempre el valor, la fe y la paciencia necesaria para seguir en la ardua tarea de culminar mi meta propuesta.

Con todo mi amor y cariño a mi esposa, por su ayuda y comprensión en todo momento; quien me ha enseñado a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento, y por estar a mi lado en todo momento.

A mis hijos Connie, Mateo y Valentina, quienes constituyen el motor principal de mi superación, y a todos quienes de una u otra manera han contribuido en mi formación como profesional.

**Luis Vélez Rizo**

## **TRIBUNAL DE GRADO**

---

**Ing. Ind. Marco Bermeo García MSc.  
DECANO (E) DE LA FACULTAD  
INGENIERIA INDUSTRIAL**

---

**Ing. Ind. Marlon Naranjo Iainez MSc.  
DIRECTOR (E) DE LA ESCUELA  
INGENIERIA INDUSTRIAL**

---

**Ing. Ind. Víctor Matías Pillasagua MSc.  
TUTOR DE TESIS DE GRADO**

---

**Ing. Ind. Franklin Reyes Soriano MSc.  
PROFESOR DEL ÁREA**

---

**Ab. Brenda Reyes Tómalá MSc.  
Secretaria General**

## **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Y PATRIMONIO INTELECTUAL.**

El contenido del presente trabajo de graduación “ELABORACIÓN DE UN ESTUDIO TÉCNICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA DE ÓSMOSIS INVERSA QUE TRANSFORMARÁ EL AGUA SALADA EN DESALINIZADA PARA OPTIMIZAR EL VOLUMEN DE AGUA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA REFINERÍA LA LIBERTAD 2016.” Es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Sr. Luis Vélez Rizo.

# UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**Autor:** Luis Vélez Rizo.

**Tutor:** Ing. Ind. Víctor Matías Pillasagua MSc.

“ELABORACIÓN DE UN ESTUDIO TÉCNICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA DE ÓSMOSIS INVERSA QUE TRANSFORMARÁ EL AGUA SALADA EN DESALINIZADA PARA OPTIMIZAR EL VOLÚMEN DE AGUA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA REFINERÍA LA LIBERTAD 2016.”

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como finalidad dar a conocer la situación actual de la Planta Desalinizadora de Refinería La Libertad, incluyendo un estudio técnico para la implementación de una planta de ósmosis inversa que transformará el agua salada en desalinizada para optimizar el volumen de agua en el proceso productivo de la Refinería La Libertad.

Para cumplir con lo antes expuesto se realizó un análisis comparativo del proceso que actualmente se usa en la Refinería La Libertad para la desalinización de agua salada destilación multi efecto, con dos plantas más que son la planta desalinizadora de compresión mecánica de vapor y la de osmosis inversa.

La Planta que actualmente se encuentra operando en la RLL es bajo la técnica de destilación multi efecto, pero la misma ha superado su vida útil ampliamente

y varios equipos se encuentran en condiciones obsoletas, motivo por el cual se han presentado grandes inconvenientes en su operación, como la baja producción, el costo elevado de los mantenimientos y escasos repuestos. Hay que considerar que la calidad del agua desalinizada cumple con los requerimientos de las calderas, pero su producción no abastece a la demanda de agua desalinizada de la refinería y los costos de producción son cada vez más altos. Por esta razón se considera necesario adquirir una nueva planta de desalinización.

Al final de este trabajo de titulación se presenta una propuesta para la implementación de una nueva planta desalinizadora que usa última tecnología en el proceso de desalinización que es la Osmosis Inversa, la planta tendrá una capacidad nominal de 1500m<sup>3</sup>/día y una capacidad de operación con caudal de 1.200 m<sup>3</sup>/día, salinidad menor de 5 ppm y funcionamiento continuo las 24 horas del día con un costo de \$1,78 m<sup>3</sup>.

## ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
CARATULA.....	I
AGRADECIMIENTO.....	II
DEDICATORIA.....	III
TRIBUNAL DE GRADO.....	IV
DECLARACIÓN.....	V
RESUMEN EJECUTIVO.....	VI
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XIII
ABREVIATURAS.....	XIV
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVIII
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>GENERALIDADES.....</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL TEMA.....	2
1.3 OBJETIVOS.....	4
1.3.1 Objetivo general.....	4
1.3.2 Objetivos específicos.....	4
1.4 Descripción Del Problema.....	5
1.5 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA PLANTA.....	12
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>13</b>
<b>LA EMPRESA Y LA DEMANDA DE AGUA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA REFINERÍA DE LA LIBERTAD.....</b>	<b>13</b>
2.1 El Proceso Productivo.....	17
2.1.1 Alimentación Del Agua Salada Desde El Muelle Hasta La Planta Desalinizadora.-.....	21
2.1.2 Arranque De La Planta Desalinizadora. -.....	23

2.1.3 Funcionamiento.- .....	25
2.2 Demanda de Agua en Refinería La Libertad.....	27
2.2.1 Demanda de agua en el Sistema de Caldera.....	27
2.2.2 Demanda de Agua en el Sistema de Enfriamiento.....	37
2.2.3 Demanda de Agua en el Sistema de Intercambiadores de Calor.....	45
2.2.4 Demanda de Agua en el Sistema de Generación Eléctrica. ....	50
2.2.5 Demanda de Agua en el Sistema de Desalinización del Crudo. ....	53
2.2.6 Demanda de Agua en el Sistema de Lavado y Calibración de Tanques. ....	55
2.2.7 Demanda de Agua en el Sistema Contra Incendios. ....	56
2.2.8 Demanda de Agua en el Sistema de Reforestación y para Uso del Personal. ...	64
2.2.9 Demanda de Agua en la Preparación de Químicos. ....	66
2.3 Demanda de agua en el proceso productivo de la Refinería La Libertad. ....	68
2.4 Diagnóstico del problema de la demanda de agua desalinizada. ....	70
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>72</b>
<b>ESTUDIO TÉCNICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA DE</b>	
<b>ÓSMOSIS INVERSA. ....</b>	<b>72</b>
3.1 Estudio Preliminar de la Ósmosis Inversa. ....	72
3.2 Análisis del Estudio Comparativo de las Plantas Desalinizadoras. ....	75
3.3 Planos de la Instalación de Planta de Ósmosis.....	78
3.4 Proceso Industrial de Ósmosis Inversa. ....	80
3.5 Proceso de Desalinización del Agua.....	80
3.6 Mecanismo de Funcionamiento R.O.....	81
3.7 Diagrama De Flujo Del Nuevo Sistema De Desalinización Propuesto. ....	<b>¡Error!</b>
<b>Marcador no definido.</b>	
3.8 Diagrama de Operaciones de la Planta Propuesta. ...	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
3.9 Maquinarias Y Equipos De La R.O. ....	87
3.9.1 Tanque De Almacenamiento De Agua De Mar (TK-1).....	87
3.9.2 Bombas De Alimentación Agua Bruta.- .....	87
3.9.3 Contenedor 20ft Filtración. ....	87
3.9.4 Contenedor 40ft Primera Etapa De Osmosis Inversa. ....	88
3.9.5 Depósito De Almacenamiento De Agua Desalinizada (Tk-2).....	90
3.9.6 Bomba De Alimentación a Segundo Paso De Ósmosis.-.....	90

3.9.7 Contenedor 20ft Segunda Etapa De Ósmosis. ....	90
3.9.7.1 Módulo de Ósmosis Inversa Segunda Etapa. ....	91
3.9.7.2 Sistema De Medición De Calidad De Agua. ....	91
3.9.7.3 Panel De Control. ....	92
3.9.8 Depósito De Almacenamiento De Agua Producida (TK-3).....	92
3.10 Capacidad de Producción de la Nueva Planta. ....	92
3.11 Eficiencia y Seguridad de la planta. ....	93
3.12 Balance de la Planta Anterior en Relación a la Nueva Planta.....	94
3.13 Optimización del sistema de producción con la utilización de la nueva planta de agua. ....	95
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	<b>97</b>
<b>ESTUDIO ECONÓMICO Y FINANCIERO DE LA PROPUESTA</b> .....	<b>97</b>
4.1 Inversión Total. ....	97
4.2 Inversión Fija y Capital de Trabajo.....	98
4.3 Financiamiento.....	99
4.4 Análisis Costo – Beneficio.....	104
4.5 Tiempo de la Implementación.....	105
<b>CAPÍTULO V</b> .....	<b>109</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>109</b>
5.1 Conclusiones. ....	109
5.2 Recomendaciones. ....	111
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>112</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura # 1 Planta Desalinizadora .....	5
Figura # 2 Turbina a Vapor (Bomba de Recirculación).....	6
Figura # 3 Condensadores.....	7
Figura # 4 Fallas En Trampas de Vapor .....	8
Figura # 5 Bomba De Destilado.....	9
Figura # 6 Diagrama Causa – Efecto (Diagrama de Ishikawa).....	10
Figura # 7 Ubicación Geográfica De La Planta .....	12
Figura # 8 Planta AITON BERBY .....	17
Figura # 9 Filtros.....	19
Figura # 10 Filtro Arkal .....	21
Figura # 11 Ingreso De agua Salada .....	22
Figura # 12 Tablero De Control.....	23
Figura # 13 Planta En Funcionamiento.....	25
Figura # 14 Calderas Superior Boiler (manifor de distribución) .....	28
Figura # 15 Reservorio De agua Desalinizada.....	29
Figura # 16 Calderas Pirotubulares.....	32
Figura # 17 Tubos Con Corrosión.....	36
Figura # 18 Torres De Enfriamiento Marca SINAX.....	37
Figura # 19 Agua De Enfriamiento (tanque 164).....	40
Figura # 20 Piscina De Alimentación A Torres De enfriamiento .....	41
Figura # 21 Bombas de Recirculación .....	42
Figura # 22 Preparación Del Químico GENGARD GN7110. ....	43
Figura # 23 Preparación Del Químico FLOGARD MS6222.....	44
Figura # 24 Preparación Del Químico SPECTRUS NX1106. ....	45
Figura # 25 Intercambiadores De Calor .....	46
Figura # 26 Intercambiadores De Calor Tubulares.....	47
Figura # 27 Panel De Control de Los Intercambiadores.....	48
Figura # 28 Características Nuevos Intercambiadores.....	48
Figura # 29 Intercambiadores Carcasa-Tubo .....	49
Figura # 30 Panel De Control De Intercambiadores.....	50
Figura # 31 Equipo De Generación Eléctrica (Radiador).....	51
Figura # 32 Grupo De Generación Eléctrica.....	51
Figura # 33 Grupo De Generación Eléctrica #6.....	52
Figura # 34 Desalador.....	53
Figura # 35 Drenaje Desalador.....	54
Figura # 36 Calibración de Tanques.....	55
Figura # 37 Lavado De Tanques.....	56
Figura # 38 Reservorio Del Sistema Contra incendios.....	57
Figura # 39 Bomba Contra incendios B-Roja.....	58

Figura # 40 Bomba De Alimentación Del Sistema Contraincendios.....	59
Figura # 41 Línea Contraincendios.....	59
Figura # 42 Detectores De Humo (Bunker).....	60
Figura # 43 Sistema De Control y Botoneras.....	60
Figura # 44 Hidrante.....	61
Figura # 45 Manifor de Alimentación.....	62
Figura # 46 Sistema De Enfriamiento (Rociadores).....	63
Figura # 47 Sistema De Espuma.....	64
Figura # 48 Sistema De Goteo Continuo.....	65
Figura # 49 Reforestación En Refinería La Libertad.....	65
Figura # 50 Área De Administración.....	66
Figura # 51 Área De Preparación De Químicos.....	66
Figura # 52 Soda Caustica.....	67
Figura # 53 PETROFLO 21Y21 (4H6).....	68
Figura # 54 Consumos Diarios De Agua Desalinizada (Barras).....	69
Figura # 55 Porcentajes Consumos Diarios De Agua Desalinizada.....	70
Figura # 56 Consumo Total.....	71
Figura # 57 Plano De Ubicación.....	78
Figura # 58 Plano De Planta De Osmosis inversa.....	78
Figura # 59 Plano De Planta De Osmosis inversa.....	79
Figura # 60 Plano De Planta De Osmosis inversa.....	79
Figura # 61 Balance de la Planta Anterior en Relación a la Nueva.....	95
Figura # 62 Cronograma De Instalación De La R.O.....	108

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla # 1 Información Particular .....	15
Tabla # 2 Características del agua salada.....	18
Tabla # 3 Parámetros Del Agua Para Calderas .....	30
Tabla # 4 Características De Vapor .....	30
Tabla # 5 Sales Que Causan Incrustaciones.....	33
Tabla # 6 Condiciones Químicas Del Agua En El Interior De Las Calderas.....	34
Tabla # 7 Especificaciones De Las Bombas Contraincendios. ....	58
Tabla # 8 Consumos Diarios De Agua Desalinizada .....	69
Tabla # 9 Consumo Total.....	71
Tabla # 10 Tabla Comparativa De Plantas Desalinizadoras .....	74
Tabla # 11 Inversión Total.....	97
Tabla # 12 Inversión Fija. ....	98
Tabla # 13 Capital De Trabajo.....	99
Tabla # 14 Tabla De Amortización Año 1.....	100
Tabla # 15 Tabla De Amortización Año 2.....	101
Tabla # 16 Tabla De Amortización Año 3.....	102
Tabla # 17 Tabla De Amortización Año 4.....	103
Tabla # 18 Costo Agua Desalinizada.....	104
Tabla # 19 Costo Agua Desalinizada R.O. ....	104

## ÍNDICE DE ANEXO

Anexo # 1 Pared interna de tubo de condensa lleno de corrosión y de incrustaciones.....	7
Anexo # 2 Filtros De Acero Inoxidable.....	19
Anexo # 3 Filtros Llenos De algas.....	19
Anexo # 4 Diagrama De Flujo Del Nuevo Sistema De Desalinización Propuesto. ....	85
Anexo # 5 Diagrama de Operaciones de la Planta Propuesta. ....	86

## ABREVIATURAS

Abreviaturas	Significado
<b>EPETROECUADOR</b>	Empresa Pública Petroecuador
<b>R.L.L.</b>	Refinería La Libertad
<b>B.P.D.</b>	Barriles por día
<b>m<sup>3</sup></b>	Metros cúbicos
<b>in</b>	Pulgadas
<b>P.V.C.</b>	Policloruro de vinilo
<b>H.P.</b>	Caballos de fuerza
<b>P.H.</b>	Coefficiente que indica el grado de acides
<b>R.O.</b>	(Reverse Ósmosis) Ósmosis Inversa
<b>M.V.C.</b>	Compresión mecánica de vapor
<b>M.E.D.</b>	Destilación multi efecto
<b>TK</b>	Tanque de almacenamiento
<b>P.S.I.</b>	Libras fuerza por pulgadas cuadradas
<b>T.S.S.</b>	Sólidos totales en suspensión
<b>P.P.M.</b>	Partículas por millón
<b>T.D.S.</b>	Sólidos totales disueltos

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Ósmosis inversa (R.O.).-** Es el proceso de la separación de una cantidad de agua dulce del agua salada. La presión necesaria para la R.O. depende de la cantidad de sólidos disueltos y del grado de desalación que se quiera obtener. La inversión de energía en el proceso resulta en un aumento de entropía.

**Destilación por Múltiple Efecto.-** En el proceso MED el agua a desalinizar pasa a través de una serie de evaporadores puestos en serie. El vapor de una de las celdas se usa para evaporar el agua de la siguiente mientras que el aporte de energía primaria se hace sobre la primera de las celdas o etapas.

**Compresión mecánica de vapor.-** Consiste en la evaporación del agua a base de suministrarle calor procedente de la compresión de vapor, en vez de transmitir el calor mediante contacto directo con un cuerpo sólido caliente. Este tipo de plantas se diseñan para que funcionen reduciendo el punto de ebullición del agua mediante disminución de la presión.

**Corrosión.-** La corrosión es una reacción química (óxido reducción) en la que intervienen 3 factores: La pieza manufacturada, el ambiente y el agua, o por medio de una reacción electroquímica.

**Mantenimiento correctivo.-** Se denomina mantenimiento correctivo, a aquel que corrige los defectos observados en los equipamientos o instalaciones, es la

forma más básica de mantenimiento y consiste en localizar averías o defectos y corregirlos o repararlos.

**Tren De Filtros Micrométricos.-** Compuesto por un doble tren de filtros micrométricos en serie, el primer paso con cinco unidades con un grado de filtración de 20 micras, y el segundo con otras cinco carcasas dotadas de cartuchos con un grado de filtración de 5 micras.

**Filtros de agua.-** Un filtro de agua es un aparato compuesto generalmente de un material poroso y carbón activo, que permite purificar este líquido que viene directamente. Al pasar por el filtro, este atrapa las partículas que el agua trae y pueden ser tóxicos o perjudiciales para la salud, algunos de estos elementos son; arena, barro, oxido, polvo, hierro, altas cantidades de cloro y bacterias, entre otros.

**Conductividad.-** La conductividad eléctrica es la capacidad de un cuerpo que permitir el paso de la corriente eléctrica.

**Desalinización.-** Es un proceso mediante el cual se elimina la sal del agua de mar o salobre.

**Salmuera.-** La salmuera es agua con alta concentración de sal (NaCl) disuelta. Existen ríos y lagos salados en donde no hay vida por el exceso de sal y de donde

se extrae la salmuera principalmente para extraer su sal evaporando el agua. La salmuera puede ser venenosa para algunos animales que beben de esta.

**PH.** - De acuerdo con su valor se puede determinar las características fundamentales del agua en relación con la tendencia incrustadora o corrosiva que posea.

## INTRODUCCIÓN

El agua dulce es uno de los recursos imprescindibles para el desarrollo de la vida así como también para numerosas actividades humanas, además es un bien escaso por lo que es necesario desarrollar sistemas que permitan un mejor aprovechamiento de este recurso.

La desalinización es un proceso que permite aumentar esos recursos, pero tiene el inconveniente de ser una tecnología costosa y no está al alcance de todos los países.

La Refinería La Libertad, utiliza la producción de agua para uso industrial en calderas y en los procesos de refinación cuenta la planta marca Aiton Derby Co. Ltda.

La Planta Desalinizadora de agua marca Aiton Derby Co. Ltda, no abastece la demanda de agua de la refinería para uso industrial y doméstico, produciendo desde 1971 hasta la actualidad (2016) su producción de 650 m<sup>3</sup> por día como valor nominal; dando el 70% de su producción para uso en el área industrial y 30% para uso doméstico, siendo su demanda diaria de 1100 m<sup>3</sup> por día lo cual hace necesario consumir agua no tratada de la empresa Aguapen lo que genera gastos de tratamiento químico para que esta agua se encuentre dentro de los estándares de calidad para su uso industrial.

El presente trabajo de Titulación se encuentra estructurado de la siguiente manera:

Capítulo I, se analizarán las Generalidades en el cual estarán los antecedentes de la empresa, en este capítulo se detalla el problema a investigar, y se establecerán los objetivos.

Capítulo II, se detallará la descripción actual de la demanda de agua en el proceso productivo de la Refinería de La libertad, se describirá la planta actual, el diagnóstico del problema de la demanda de agua desalinizada.

Capítulo III, se analizará el estudio técnico para la implementación de una planta de ósmosis inversa, mediante el método comparativo, se detallará a la planta de ósmosis inversa, eficiencia y seguridad de la planta, Balance de la Planta Anterior en Relación a la Nueva Planta.

Capítulo IV, se realizará el estudio económico y financiero de la propuesta, su tiempo de implementación.

Capítulo V, corresponde a las conclusiones y recomendaciones, se detallarán todos los criterios considerados como conclusiones para sus respectivas recomendaciones las cuales se consideran y deberán ser aplicadas.

# CAPÍTULO I

## GENERALIDADES.

### 1.1 Antecedentes.

La Empresa Pública EP Petroecuador, gestiona la refinación, transporte, almacenamiento y comercialización de hidrocarburos, consciente de su responsabilidad para con sus trabajadores, el ambiente y la comunidad, asegura operaciones que protegen a sus colaboradores, el ambiente y sus instalaciones, usando los recursos naturales de forma eficiente, y proveyendo productos y servicios que apoyan el desarrollo sustentable del país.

A nivel mundial España cuenta con alrededor de 750 plantas de Ósmosis Inversa que ha ido evolucionando desde el año de 1964 cuando se instaló la primera planta de Ósmosis Inversa y su auge fue muy grande por los beneficios de la misma, siendo la de Llobregat la de mayor capacidad que es de 180000 m<sup>3</sup>/día.

A nivel nacional encontramos una planta de Ósmosis Inversa en la industria harinera como es Molinos Del Ecuador su producción de agua desalinizada es utilizada principalmente para el consumo de las calderas.

Por todos estos antecedentes a nivel mundial y de Ecuador en lo que se refiere a Ó

smosis Inversa Refinería La Libertad debe implementar una planta de ósmosis inversa que transformara el agua salada en desalinizada para optimizar el volumen de agua en el proceso productivo de esta empresa.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN DEL TEMA.**

La implementación de la planta de ósmosis inversa es de considerable importancia porque nos permite mejorar la calidad y cantidad de agua desalinizada necesaria que se entregará a la Refinería La Libertad siendo su volumen diario de consumo de 1100 m<sup>3</sup> por día con una conductividad de 5ppm.

Para sus procesos productivos permite bajar el consumo de energía y vapor en el proceso de operación de la planta de ósmosis inversa, disminuyendo los costos de operación y mejorando la rentabilidad de la empresa minimizando el recurso natural agua y a la vez entregándola a su origen sin afectar el medio ambiente.

Además, mejora el rendimiento en el sistema de enfriamiento, generación de vapor, sistema contra incendio, consumo interno y remediación ambiental.

La Refinería La Libertad debe implementar este proyecto con tecnología avanzada para aprovechar el recurso marítimo, agua salada, y sacarle el mayor provecho al mismo y abastecer a la refinería no solo con la cantidad necesaria sino pensando

en la necesidad del futuro para poder contar con un mayor volumen de agua desalinizada para el aumento futuro del proceso de refinación de crudo lo cual podríamos obtener con la implementación de esta planta de ósmosis inversa.

Los beneficios que obtendría Refinería La Libertad sería ahorro en el pago de agua no tratada (AGUAPEN) así mismo en el tratamiento de la misma para que este óptima para el consumo industrial, el costo de consumo a pagar por  $m^3$  a la empresa Aguapen es de \$1.67 más el tratamiento químico que es de \$0.92 el  $m^3$  teniendo un costo total de \$2.59  $m^3$  teniendo un gasto diario de \$1165.50, los mantenimientos serían más prolongados ganando tiempos de producción, los equipos serían de alta tecnología lo que significaría que los mantenimientos en este caso más serían preventivos que correctivos, la planta contaría con equipos alternos para que por daño o mantenimiento del mismo exista uno que esté listo para operar mientras al otro se le da su mantenimiento preventivo, otro gran beneficio son los bajos consumos eléctricos que estas plantas desalinizadoras generan.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 Objetivo general.**

Elaborar un estudio técnico mediante una investigación metodológica para la implementación de una planta de ósmosis inversa que transformará el agua salada en desalinizada optimizando el volumen de agua que requiere el proceso productivo en la Refinería La Libertad.

### **1.3.2 Objetivos específicos.**

- Determinar la situación actual de la planta de agua existente y su capacidad de volumen.
- Evaluar y analizar la planta existente para tomar las correctas decisiones y alternativas de solución.
- Elaborar el estudio técnico de la planta propuesta de ósmosis inversa para optimizar el volumen de agua que requiere el proceso productivo
- Presentar la propuesta económica y establecer su rendimiento y rentabilidad.

#### 1.4 Descripción Del Problema.

Con el aumento de la calidad y mejoramiento de los procesos en Refinería La Libertad, surgió el problema con la actual desalinizadora ya que no abastece de agua desmineralizada necesaria para las utilidades de refinación.

**Figura # 1 Planta Desalinizadora**



Fuente: Información Directa  
Autor: Luis Vélez Rizo

La planta existente fue diseñada para una producción de  $650\text{m}^3$  (171.600 galones/día) y se necesitan  $1100\text{m}^3$  (290.400 galones/día) de agua, solo cubre el 51% de la demanda, teniendo que compensar el 41% con agua no tratada de la empresa Aguapen, de este manera Refinería La Libertad se ha visto en la necesidad de que las plantas de tratamiento trabajen más del 100%, y más aun de

haber cumplido el tiempo de operación establecida por el fabricante y los altos costos de mantenimiento concatenados con la escases de repuestos originales.

Los altos consumos de energía eléctrica, así mismo la bomba de recirculación presenta problemas que afecta directamente a su funcionamiento por tener desgastes, desbalance del impulsor y esto ocasiona cavitaciones en este equipo, por lo que ya ha pasado su vida útil de trabajo se presentan todas estas anomalías y su mantenimiento es demasiado costoso.

Otro problema muy importante es la turbina a vapor de la bomba de recirculación esta opera como bomba alterna de la principal que en este caso sería la bomba eléctrica que también presenta muchos problemas de trabajo y por ende afecta a la producción diaria de la planta desalinizadora.

**Figura # 2 Turbina a Vapor (Bomba de Recirculación)**



Fuente: Información Directa  
Autor: Luis Vélez Rizo

Los tubos de los condensadores ya son necesarios cambiarlos o hacerles un mantenimiento que genera una gran demanda de tiempo y dinero (ver anexo #1).

Lo cual afecta mucho en la producción del agua desalinizada ya que si estos no están en óptimas condiciones operativas la producción diaria se ve afectada y esta bajara notablemente y así hace que el consumo de agua no tratada (Aguapen) sea mayor, por eso Refinería La Libertad se ve en la necesidad de realizar mantenimientos preventivos más seguidos.

**Figura # 3 Condensadores**

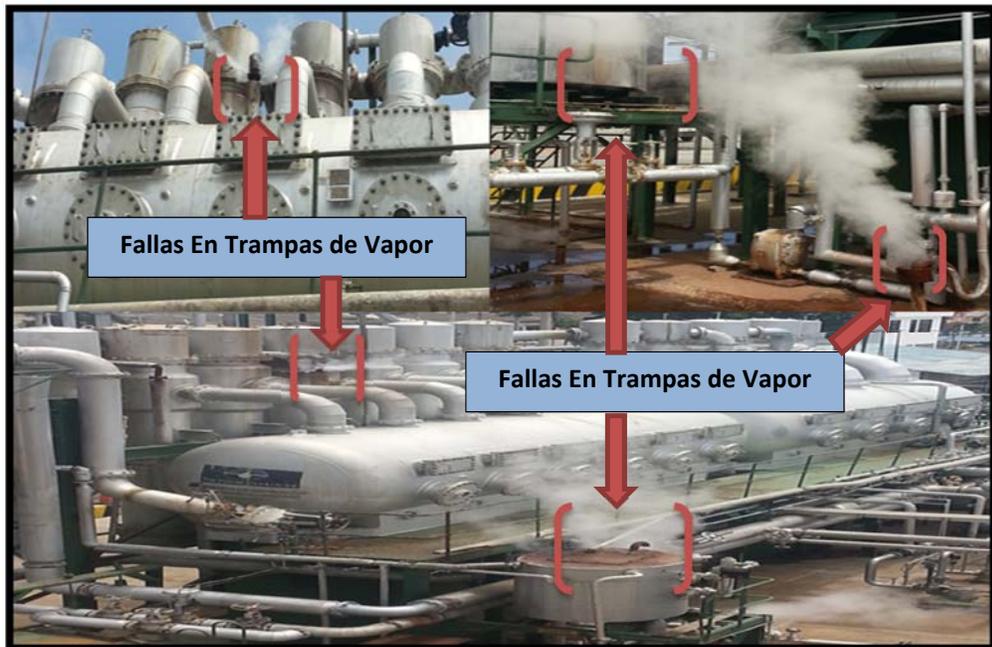


Fuente: Información directa  
Autor: Luis Vélez Rizo

El sistema de las trampas de vapor muestra insuficiencias como muestra la figura #4 y esto ocasiona que los eyectores de vacío no trabajen de forma adecuada, esto

incide notablemente en la producción diaria al disminuir el vacío de la desmineralizadoras por lo que es muy importante hacer un mejoramiento en lo que respecta al aislamiento térmico de las líneas de vapor ya que el vacío se origina a través de los eyectores a vapor.

**Figura # 4 Fallas En Trampas de Vapor**



Fuente: Información Directa  
Autor: Luis Vélez Rizo

El incremento de consumo de agua con las características adecuadas que necesita Refinería La Libertad genera la necesidad de utilizar el agua de la empresa pública Aguapen para ser mezclada con agua industrial de la refinería y cubrir la demanda de las necesidades en los procesos. Esto origina gastos elevados a la empresa ocasionando pérdidas económicas, retrasos cuando no llega a tiempo el agua que se compra, la mezcla de ambas aguas ocasionan deficiencia en las líneas donde circulan.

Así mismo la bomba de destilado (agua producto) ya cumplió su tiempo de vida útil y está trabajando bajo condiciones no adecuadas y no tiene bomba alterna por lo que esta bomba tiene que trabajar las 24 horas del día sin parar, a su vez por ser tan antigua ya los repuestos son escasos y hay que darle mantenimientos preventivos seguidos para tratar de mantenerla operativa y no parar la producción, ya que si esto sucede el consumo de agua no tratada (Aguapen ) sería mucho mayor y el costo de producción tendría un incremento bastante considerado.

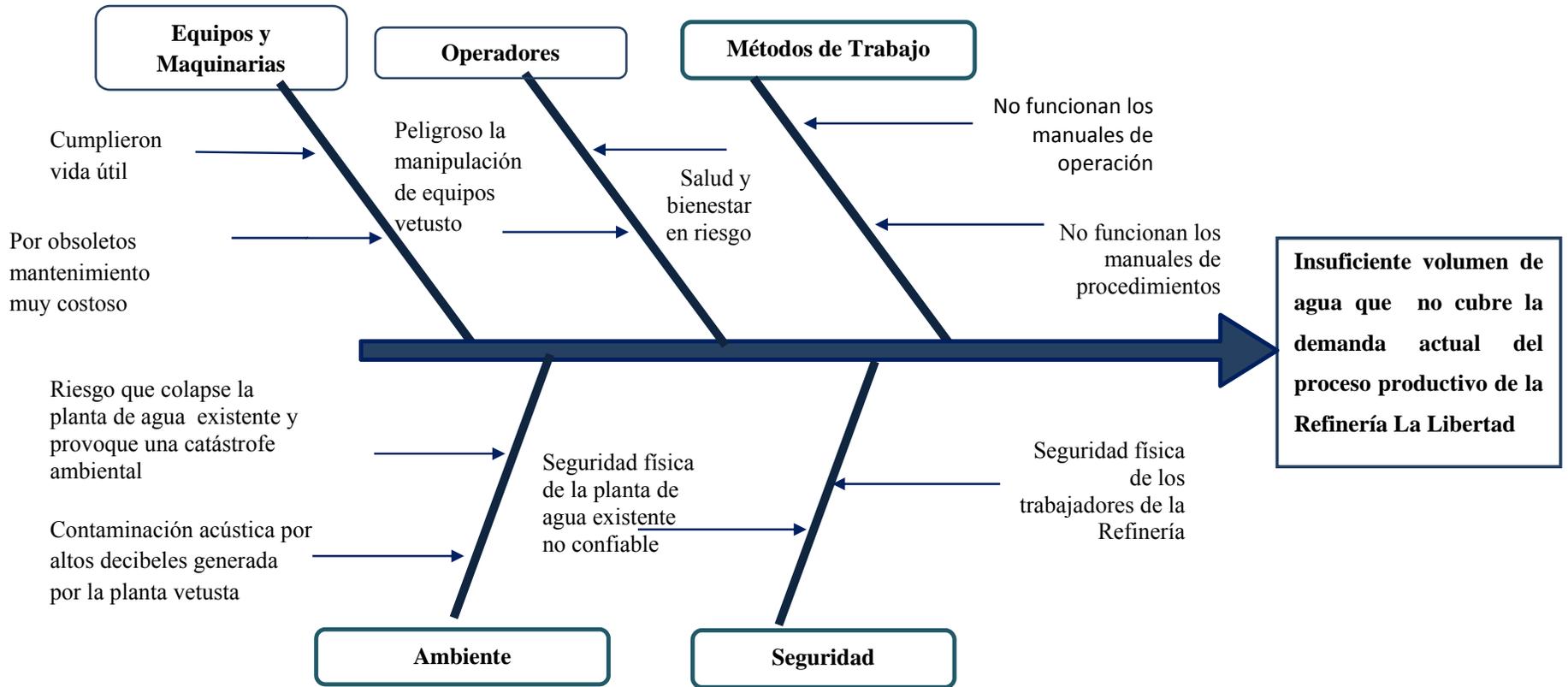
En la figura #5 podemos apreciar las condiciones de la bomba de destilado o agua desalinizada que no cuenta con una bomba alterna.

**Figura # 5 Bomba De Destilado**



Fuente: Información Directa  
Autor: Luis Vélez Rizo

**Figura # 6 Diagrama Causa – Efecto (Diagrama de Ishikawa)**



Por lo antes mencionado, se requiere la necesidad de remplazar el sistema de proceso productivo de agua desalinizada con la propuesta de implementación de una nueva planta de ósmosis inversa para agua salada en Refinería La Libertad.

En este mundo globalizado el agua como recurso no renovable, las empresas industriales deben fortalecer sus procesos con la finalidad de cuidar este líquido vital que a futuro puede ser una debilidad por el no cuidado la calidad del agua.

Para tener una idea de cómo beneficia implementar una planta de ósmosis inversa no solamente para la producción petrolera, sino para todos los sistemas que tiene que ver con la vida de los seres humanos, las plantas y los animales. El agua para el consumo humano que contiene nuestro mundo se está terminando y este tipo de proyectos son la solución a largo plazo. Los costos de implementación son altos pero su eficiencia y su aplicación han tenido éxito donde se los ha implementado.

## 1.5 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA PLANTA

Figura # 7 Ubicación Geográfica De La Planta



Fuente: Información Directa  
Autor: Luis Vélez Rizo

Refinería La Libertad es una unidad de negocio de la Empresa Pública Eppetroecuador se encuentra en la Provincia de Santa Elena, Cantón La Libertad frente a la ciudadela las Acacias calle 27-E contiguo a Plaza La Libertad.

Límites:

- Al Norte: Barrio Puerto Nuevo
- Al Sur : Ciudadela Las Acacias
- Al Este : Vía La Libertad –Ballenita
- Al Oeste : El Océano Pacífico

## **CAPÍTULO II**

### **LA EMPRESA Y LA DEMANDA DE AGUA EN EL PROCESO PRODUCTIVO.**

EP Petroecuador como una de las principales industrias del país en la refinación se proyecta ante los cambios y las necesidades ambientales. Uno de estos es mantener los estándares de calidad en los procesos, que van de la mano con la utilización del recurso natural que es el agua.

En Refinería La Libertad, la Planta universal creada en 1956 y planta Parsons en 1968 son las primeras instalaciones de refinación construidas en nuestro país.

Fueron diseñadas y administradas por empresa extranjera precisamente de Inglaterra llamada Anglo a finales del año de 1989, Refinería La Libertad pasa de ser Anglo a Petropenínsula cumpliéndose así los tiempos pactados para la reversión de la empresa privada al estado ecuatoriano y posteriormente en el año de 1993 cambia al nombre de Petroindustrial. Finalmente en el año 2008 todas las empresas de refinación del estado pasan a formar parte de lo que actualmente es la Empresa Pública Petroecuador.

Este centro industrial tiene una particularidad que es una planta autónoma tienen su propio bunker, estación de bombeos, islas de despacho, generación de vapor, energía eléctrica, generación de aire y una planta desalinizadora, así mismo posee sus propios tanques de almacenamiento tanto de crudo como de sus derivados. Cuenta con tuberías y área marítima propias para sus operaciones la cual posee un muelle de 180 metros lineales desde donde se abastece de agua salada para la planta desalinizadora.

Refinería La Libertad en el año de 1998 entro en un proceso de sistematización de sus plantas de refinación por lo tanto para ello fue necesario que sus equipos e instalaciones se acojan a las regulaciones y requerimientos con respecto a las normas petroleras del país.

Nuestro análisis se centra en la Refinería La Libertad con una capacidad operativa de 45.000 barriles de petróleo por día se destaca que este holding está integrado por tres plantas de proceso estas son Universal 9500 BPD, Parsons 26000 BPD y Cautivo 9500 BPD, así mismo abastece a la zona suroccidente con combustibles como: Gasolina Extra y Artesanal, Diésel Industrial, JP1 (combustible de avión), Spray Oíl, Solventes y Fuel Oil # 6.

En los últimos años se vienen cumpliendo con los estándares que rigen la normas tanto para controles de los procesos y calidad enfocados a la eficiencia energética de las operaciones y por lo tanto aumenta el consumo de agua desalinizada que se lo utiliza en los siguientes sistemas descritos a continuación:

- Sistema de caldera para producir vapor.
- Sistema de enfriamiento.
- Sistema contra incendio.
- Preparación de químicos.
- Sistema de intercambiadores de calor.
- Sistema de generación eléctrica.
- Sistema de desalinización del crudo (lavado del crudo).
- Consumo interno (Oficinas, Bunkers y Estaciones).
- Sistema de reforestación.
- Sistema de calibrado y lavado de tanques.

**Tabla # 1 Información Particular**

INFORMACION PARTICULAR	
GERENCIA	Gerencia De Refinacion
REFINERÍA	La Libertad
DIRECCIÓN	Ciudadela las acacias calle 27-E
CANTÓN	La Libertad
PROVINCIA	Santa elena
AREA TOTAL	1584788 m <sup>2</sup>
CANTIDAD DE POBLACIÓN	754 personas
EP PETROECUADOR	402 personas
SEGURIDAD FÍSICA	125 personas
CATERING	25 personas
MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA	24 personas
CONTRATISTAS, VISITANTES, PASANTES	178 personas

Fuente: Información Directa  
 Autor: Luis Vélez Rizo

Como toda empresa que prima en cumplir los estándares de calidad y productividad EPPETROECUADOR cumple con su misión y visión.

**Misión.** - “Generar riqueza y desarrollo sostenible para el Ecuador, con talento humano comprometido, gestionando rentable y eficientemente los procesos de transporte, refinación, almacenamiento y comercialización nacional e internacional de hidrocarburos, garantizando el abastecimiento interno de productos con calidad, cantidad, oportunidad, responsabilidad social y ambiental”.

**Visión.** - “Ser la empresa reconocida nacional e internacionalmente por su rentabilidad, eficiente gestión, productos y servicios con derivados estándares de calidad, excelencia en su talento humano, buscando siempre el equilibrio con la naturaleza, la sociedad y el hombre”.

## 2.1 El Proceso Productivo.

La planta desalinizadora de la Refinería La Libertad marca AITON DERBY, tiene una capacidad nominal 650m<sup>3</sup> por día de agua desalinizada. La planta es de tipo de evaporación al vacío.

**Figura # 8 Planta AITON BERBY.**



Fuente: Planta Desalinizadora De Refinería La Libertad  
Autor: Luis Vélez Rizo

Las características de la composición química del agua salada que ingresa a Refinería La Libertad es la siguiente:

**Tabla # 2 Características del agua salada.**

Compuesto	Solidos Disueltos En El Agua mg/kg
Sulfato	2648
Cloruro	18979
Bicarbonato	139,7
Fluoruro	6406
Calcio	1,3
Magnecio	400,1
Sodio	1272
Potacio	10556
Estroncio	380
Borato	26
Silice	0,02 -4
TDS	34483

Fuente: Control De Calidad De Refinería La Libertad  
Autor: Luis Vélez Rizo

El agua para el proceso de desmineralización se recibe desde la estación de bombeo de agua salada del muelle de La Libertad, mediante un sistema de bombas las cuales tienen un régimen de bombeo de 1600 galones por minuto (6 m<sup>3</sup>/min.) en este lugar se ubica una bomba clorinador con motor eléctrico y equipo completo de electrolisis, sistema de generación de hipoclorito de sodio, la misma que sirve para inyectar cloro a la línea de 24in en el sistema principal de captación de agua salada la función principal del clorinador es matar o eliminar todos los microorganismos que pasan a través de las bombas del muelle y estos a su vez por las tuberías de 24in, así evitando las incrustaciones en las mismas, que es impulsada a través de una tubería de hierro dulce de 24in superficial, 240m de longitud y luego mediante una tubería de PVC de 20in, subterránea de 900m de longitud.

Antes que el agua de alimentación ingrese al proceso de desalinización pasa por dos filtros de acero inoxidable de 24Pulg (ver anexo #2). En forma de canasta que posee esta planta. Los filtros auto limpiantes que posee esta planta no cumplen al 100% su eficiencia de contraflujo para el lavado por lo que la limpieza de estos filtros se la realiza cada 48 horas, ya que la capacidad operativa de estos captadores se saturan con mayor frecuencia cuando hay bajamar, oleajes y aguajes, el lavado lo realizan de forma manual estos tamices trabajan alternadamente y atrapan arenas, algas (ver anexo #3), conchillas, pequeñas especies marinas y sólidos de mayores diámetros como muestra el gráfico a continuación.

**Figura # 9 Filtros**



Fuente: Información Directa  
Autor: Luis Vélez Rizo

Para conocer el proceso se destaca definiciones importantes como:

**Conductividad.**- La conductividad eléctrica es la capacidad de un cuerpo para permitir el paso de la corriente eléctrica.

**Fosfato.**- Fosfato es un mineral llamado también ácido fosfórico. La generalidad de este es que tiene un átomo de fósforo rodeado por 4 partículas de oxígeno y su gráfica es tetraédrica.

**Salmuera.**- La salmuera es agua con un alta concentración de sal (NaCl) disuelta. Existen ríos y lagos salados en donde no hay vida por el exceso de sal y de donde se extrae la salmuera principalmente para extraer su sal evaporando el agua. La salmuera puede ser venenosa para algunos animales que beben de esta.

### **2.1.1 Alimentación Del Agua Salada Desde El Muelle Hasta La Planta Desalinizadora.-**

El agua que es la materia prima de la planta desalinizadora de evaporación multietapas al vacío es captada por la batería de bombas eléctricas centrifugas de marca Ingersoll Rand de 150 HP, con un flujo de 1600gpm cada una, y una bomba diésel de emergencia de 250 HP con un flujo de bombeo de 6 m<sup>3</sup>/min, estas están situadas en el medio del muelle de cargamento a buques de Refinerías La Libertad, el agua es bombeada por una tubería de 24" de 240 metros superficial, luego se reduce a una tubería plástica de 20", que se encuentra enterrada y avanza 900 mts, hasta llegar a los filtros donde nuevamente la línea se ensancha a 24", esto es en la entrada a planta desalinizadora multietapas, acá existen dos filtros de canastilla de forma cuadrada, en el cual se realiza el primer filtrado mediante filtros tipo canastilla, luego pasan al segundo filtrado en donde la corriente de agua de mar se divide en dos, una parte ingresa al filtro de canastillas y al filtro arkal de membranas huecas, el resto del flujo es utilizado para los enfriadores de agua salada en planta Parsons, y para el sistema contra incendio de toda las refinerías.

**Figura # 10 Filtro Arkal**



Fuente: Información Directa  
Autor: Luis Vélez Rizo

Una vez filtrada el agua ingresa al acumulador de gases condensables en donde le baja la temperatura a dichos gases antes de ser expulsados a la atmósfera, acto seguido ingresa al condensa # 10 por la parte superior, circula por el haz de tubos del condensa ganando temperatura y condensando el destilado y sale por la parte inferior y pasa al condensa #9 por la parte inferior sube a través del haz de tubos en donde adquiere más temperatura realizando el mismo procedimiento, para luego salir por la parte superior y entrar a la bomba de recirculación de agua a alimentación, de 180 m<sup>3</sup>/h de agua que entró a una temperatura de 30 °C, solo serán utilizados 66 m<sup>3</sup>/h a una temperatura de 38-40 °C, los 114 m<sup>3</sup>/h a 38-40 °C restantes son devueltos al mar y utilizados en el proceso de tratamientos de aguas en efluentes.

**Figura # 11 Ingreso De agua Salada**

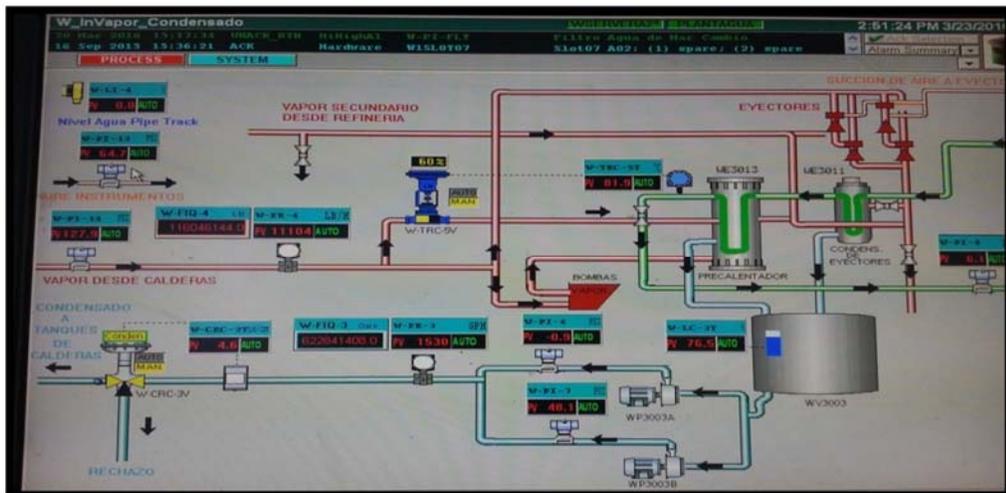


Fuente: Información Directa  
Autor: Luis Vélez Rizo

Los 66 m<sup>3</sup>/h son ingresados en la segunda cámara de evaporación en el módulo # 10 donde compensa el agua que se ha convertido en producto destilado y en producto salmuera que es rechazada constantemente, siendo así que de 66 m<sup>3</sup>/h de agua salada se obtendrá 27 m<sup>3</sup>/h de agua destilada, de esta manera solo el 42 % del agua salada se puede transformar en agua destilada de uso industrial mediante este equipo que data del año 1968 fabricado por la empresa inglesa AITON DERBY.

**2.1.2 Arranque De La Planta Desalinizadora.** - Se llenan las cámaras de evaporación hasta el nivel adecuado para recircular todo el sistema. Se enciende bomba de recirculación de planta desalinizadora, se regula contrapresión de alimentación. Se habilitan el sistema de generación de vacío por medio de eyectores a vapor.

**Figura # 12 Tablero De Control**



Fuente: Información Directa  
 Autor: Luis Vélez Rizo

Se coordina con el operador de calderas para recibir vapor primario.

Una vez coordinado se habilita línea de alimentación de vapor, se espera a que el vacío llegue a 26 mmhg como mínimo para poder realizar el cambio de vapor a la atmósfera a vapor recuperado de eyectores.

Se comienza la inyección de vapor a precalentador de vapor de a poco hasta llegar a 82°C en la primera etapa.

Se controla niveles en las camas de evaporación durante todo el proceso.

Se revisa la mirilla de la etapa 10 para verificar cuando empieza la evaporación, si la evaporación es continua se procede a cerrar el vapor de eyectores y recibirlo en el tanque de condensado.

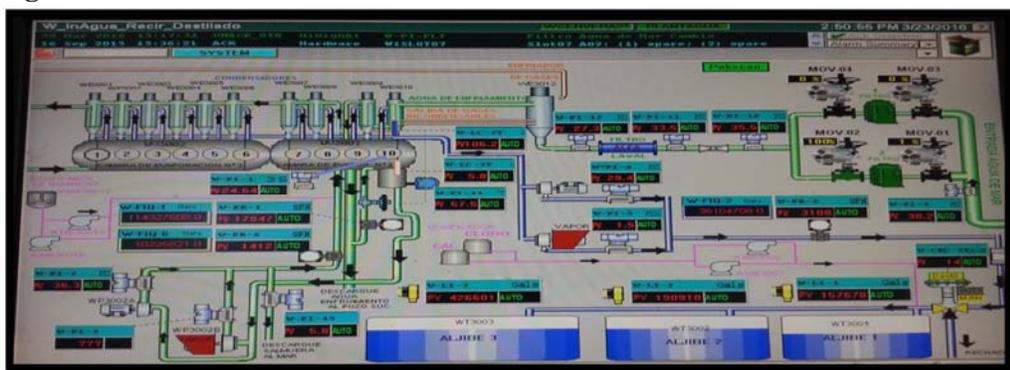
Se enciende la bomba de destilado, cuando esta tenga nivel en los condensos, este destilado se lo rechaza hasta que cumpla con los parámetros establecidos.

Se enciende la bomba de condensado cuando halla nivel en el tanque de recuperación de condensado, este condensado se lo rechaza hasta que cumpla con los parámetros establecidos.

Una vez que la planta está a la temperatura adecuada y verificada la correcta evaporación flash en las cámaras de evaporación, se dice que la planta está en producción.

**2.1.3 Funcionamiento.-** El agua salada una vez pasado los filtros es conducida al enfriador de gases en donde pierden temperatura por medio del agua salada que está circulando al interior de la cámara de gases, el agua sale por la parte superior del enfriador de gases e ingresa al condensado #10 por la parte superior, atraviesa el haz de tubos e intercambia temperatura con los gases que provienen de la cámara de evaporación flash de la etapa 10, así el agua salada gana temperatura y los gases se condensan para formar agua de uso industrial, el agua salada sale por la parte inferior e ingresa a la parte inferior del condensado # 9 donde realiza el mismo intercambio de temperatura y sale por la parte superior, el agua ha ganado alrededor de 10°C pero solo una parte servirá para la alimentación de la planta desalinizadora el resto será devuelto al mar y ocupado para el proceso de tratamiento en los efluentes.

**Figura # 13 Planta En Funcionamiento**



Fuente: Información Directa  
Autor: Luis Vélez Rizo

El agua salada que ha ganado temperatura sirve para compensar el agua que se ha producido como destilado o como salmuera y a su vez regula la temperatura dentro de la cámara de evaporación, esta ingresa en la etapa 10 (como muestra la figura #10) a la altura de la bota de alimentación a bomba de recirculación.

Esta bomba absorbe el agua de la etapa # 10 que es agua más fría 38°C aproximadamente. Y la envía al condensa #8 (del condensa #8 al condensa #1, incluido el recuperador de condensado de eyectores y el precalentador son equipos de intercambio de dos pasos) donde ingresa por la parte superior y sale por un costado de donde ingreso, luego pasa desde el condensa 7 al 1, a continuación al recuperador de condensa de eyectores y por último al precalentador, todos estos entran y salen por la parte superior, en este punto el agua se encuentra a 82°C e ingresa a la primera cámara con una presión de 5 psi en el interior de la cámara se encuentran unas divisiones de posición ascendente que sirven para agitar el agua mediante el arrastre creado por el vacío y producir una mejor evaporación flash, el vapor sale por la parte superior de la cámara hacia cada uno de los condensos donde es transformada de gas a líquido por medio del intercambio de temperatura con el agua salada que ingresan en los condensos 9 y 10 y con el agua de la décima etapa en los condensos del 8 al 1, el agua condensada es recogida en la parte baja de los condensos que están conectados los 10 entre si y es extraída en el condensa 10 por medio de la bomba de destilado hacia cada uno de los aljibes en Refinería La Libertad la cual consta de tres aljibes, y estos se dividen en dos reservorios de planta de agua cada uno con una capacidad de 290400 galones

(1100m<sup>3</sup>) y el aljibe que se encuentra ubicado en la área de las calderas con una capacidad de 660000galones (2500m<sup>3</sup>).

El condensado recuperado es almacenado en un tanque para luego ser bombeado a las calderas logrando así una recuperación de 4000 galones (15m<sup>3</sup>).

## **2.2 Demanda de Agua en Refinería La Libertad.**

A continuación se detallará los consumos que existen en cada área y departamento de Refinería La Libertad.

### **2.2.1 Demanda de agua en el Sistema de Caldera.**

Refinería La Libertad tiene un procedimiento de generación de vapor que consta de 5 calderas pirotubulares marca SUPERIOR BOILER WORKS INC. Como se muestra a continuación en la figura #11 .Son calderas que tienen un sistema automático de encendido, un sistema de alarmas, ya sea por alta presión o baja presión, así mismo por falta de agua desalinizada la misma planta automáticamente se apaga. Cuando se presiona tiene un sistema que consiste de una válvula de alivio que se acciona para que se dispare todo el vapor que presiona la caldera, las mismas que generan vapor para el sistema de refinación de las plantas y así mismo para el sistema contra incendio.

Una vez que la caldera genera vapor este es distribuido por todo el sistema, pasando por un manifor como muestra la figura #13 de acuerdo a las necesidades requeridas en el proceso de la Refinería La Libertad.

**Figura # 14 Calderas Superior Boiler (manifor de distribución)**



Fuente: Calderas De Refinería La Libertad  
Autor: Luis Velez Rizo

Para que este tipo de calderas funcione necesita una materia prima que es el agua desalinizada que debe de tener ciertos parámetros y una cantidad destinada solo para el consumo de la misma que está entre los 300 a 320 m<sup>3</sup>/diarios (79200 a 84500 galones/diarios) y que ingresa del reservorio de agua desalinizada como muestra la figura #15.

**Figura # 15 Reservorio De agua Desalinizada**



Fuente: Información Directa  
Autor: Luis Velez Rizo

En la siguiente tabla se presentan los parámetros que debe tener el agua desalinizada para calderas donde los parámetros más relevantes que se deben cuidar durante el proceso son, la conductividad ya que si esta se eleva puede ocasionar incrustaciones o perforaciones en los tubos de las calderas, así mismo el PH hay que controlarlo que no se encuentre ni tan elevado ni tan bajo tiene que ser un PH entre 6-7 si este no se encuentra dentro de este rango puede ocasionar corrosión o acumulación de sólidos dentro de los tubos de las calderas lo cual es muy perjudicial para las mismas.

**Tabla # 3 Parámetros Del Agua Para Calderas**

Parametros	Unidad	Rango De Control
PH		10,5 - 11,5
Conductividad	us/cm	Maxima 7000 us/cm
TDS	ppm	2500 - 3500 ppm
Dureza Total	ppm CO3Ca	Maxima 10 ppm
Alcalinidad- P	ppm CO3Ca	
Alcalinidad -M	ppm CO3Ca	Maxima 700 ppm
Alcalinidad OH	ppm CO3Ca	Maxima 400 ppm
Residuo Fosfato	ppm PO4	40 - 60 ppm
Residuo Sulfito	ppm SO3	30-40 ppm
Hierro	ppm Fe	Maxima 1 ppm
Silice	ppm SiO2	Maxima 125 ppm
Presion	PSI	0 -300
Cloruros Cl.	ppm	Maxima 400 ppm

Fuente: Control De Calidad Refinería La Libertad  
Elaborado por: Luis Vélez Rizo

**Calderas De Vapor.** - Las calderas son recipientes cerrados que trabajan a presiones altas y que sirven para transformar el agua de estado líquido a gaseoso por medio de temperatura, es así que el agua se transforma de estado líquido a vapor. Para que esto ocurra se aumenta la temperatura del agua hasta llegar a su punto de ebullición 100 °C. Para transformar el líquido en vapor, se eleva la temperatura lo que se conoce como calor latente de vaporización. En la siguiente tabla se muestran las características y condiciones de operación del vapor en Refinería La Libertad.

**Tabla # 4 Características De Vapor**

Características De Vapor	Saturado
Presion De Trabajo psi	130 -150 psi
Generacion De Vapor /Dia	700000 libras/dia
Combustible	fuel oil #4
Temperatura De Alimentacion	85°C

Fuente: Facilidad De Refinación  
Elaborado por: Luis Vélez Rizo

El vapor que produce una caldera, si se encuentra sin partículas de agua en el momento de ebullición, decimos que el vapor es un vapor seco o saturado. Si este vapor contiene partículas de agua se llama vapor húmedo. Así mismo si el vapor es calentado a temperaturas mucho mayor que la de ebullición se considera como un vapor sobrecalentado.

**Clasificación De Las Calderas.-** podemos encontrar muchas clasificaciones de las calderas pero según nuestro estudio la forma más generalizada de clasificar las calderas son las siguientes:

- Según su forma de transferir e intercambiar calor
- Según su forma a la hora de quemar el combustible de la misma
- Según su distribución o forma
- Según su forma de captación de agua para la misma

**Calderas Piro-tubulares.** - Las calderas piro-tubulares, (calderas de tuberías de humo), en estas los humos circulan por el interior de los tubos, y el agua cae en forma de ducha a estos por la parte de afuera, concebida especialmente para aprovechar los vapores que se recuperan al realizar dicha operación.

Son el tipo de calderas que encontramos en Refinería La Libertad este centro industrial cuenta con 5 calderas de este tipo que son de marca SUPERIOR BOILER WORKS INC. Las cuales trabajan alternadamente para mantener la producción necesaria para todo el sistema de refinería.

**Figura # 16 Calderas Piro-tubulares**



Fuente: Información Directa  
Autor: Luis Vélez Rizo

**Propiedades Del Agua Para Calderas.** - El objetivo primordial del procedimiento que se les da al agua para calderas es el siguiente: Frenar la formación de sólidos en las zonas de transferencia de calor, preservar el desgaste de los metales que forman todo el sistema y certificar que el vapor originado sea de la condición requerida para el propósito. El origen de las impurezas en el agua que hacen necesario el tratamiento es bien conocido, como también lo son las consecuencias que resultan de la falta de tratamiento.

Teniendo muy en cuenta que tiene que evitar las incrustaciones en los tubos porque es un problema muy grande y así no se puede operar las calderas.

A continuación detallaremos las sales más comunes que son causa de incrustaciones en las calderas de las cuales hay que tener mucho cuidado:

**Tabla # 5 Sales Que Causan Incrustaciones**

Nombre	Simbolo
Carbonato De calcio	CaCO <sub>3</sub>
Carbonato Acido De Calcio	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
Cloruro De calcio	CaCl <sub>2</sub>
Nitrato De Calcio	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
Sulfato De Calcio	CaSO <sub>4</sub>
Carbonato De Magnesio	MgCO <sub>3</sub>
Carbonato Acido De Magnesio	Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
Sulfato De Magnesio	MgSO <sub>4</sub>
Cloruro de Magnesio	MgCl <sub>2</sub>
Nitrato De Magnesio	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
Oxido Ferrico	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Dioxido De Silicio	SiO <sub>2</sub>

Fuente: facilidad de Refinación de Refinería La Libertad  
 Autor: Luis Vélez Rizo

Las impurezas solidadas importantes incluyen sales disueltas de calcio y magnesio. Estas pueden estar presentes como bicarbonatos, llamadas durezas alcalinas, o como sulfatos, cloruros o nitratos, llamada dureza no alcalina. Expresiones antiguas son los términos dureza “temporal” y “permanente” las cuales se refieren al efecto del calor, con el cual los bicarbonatos se descomponen mientras que las otras sales son químicamente estables. Las sales de sodio y la sílice son otras impurezas que deben tenerse en cuenta si están presentes en cantidad apreciable.

Los métodos de tratamientos se pueden dividir de manera general en dos grupos. En el primer grupo se agregan los químicos para contrarrestar los daños que

pueden contraer por medio del agua, pero los cambios de la reacción permanecen en la caldera y deben ser eliminados continuamente por evacuación. En el segundo método la mayoría de las impurezas son removidas en una unidad de tratamiento antes que el agua entre en las calderas y solamente se hace necesario una mínima cantidad de tratamiento químico adicional.

**Tabla # 6 Condiciones Químicas Del Agua En El Interior De Las Calderas**

Parametros	Unidad	Caldera #1	Caldera #2	Caldera #3
PH		10,49	10,51	10,55
Conductividad	us/cm	2700	3400	2700
TDS	ppm	1400	1800	1400
Dureza Total	ppm CO <sub>3</sub> Ca	0	0	0
Alcalinidad- P	ppm CO <sub>3</sub> Ca	280	320	260
Alcalinidad -M	ppm CO <sub>3</sub> Ca	540	710	460
Alcalinidad OH	ppm CO <sub>3</sub> Ca	40	30	50
Fosfato	ppm PO <sub>4</sub>	51,4	50,1	53,4
Sulfito	ppm SO <sub>3</sub>	25	25	25
Hierro	ppm Fe	0,53	0,61	1,6
Silice	ppm SiO <sub>2</sub>	7,2	9,4	3,58

Fuente: Control De Calidad De Refinería La Libertad  
 Autor: Luis Vélez Rizo

**Terminología Utilizada En Análisis De Aguas Para Calderas.** - A continuación, pondremos las terminologías usadas en lo que respecta a los análisis de aguas para calderas:

**Dureza Total.-** Es la cantidad en solución de calcio y magnesio, se expresa como carbonato de calcio.

**Alcalinidad.-** Esta dada por la presencia de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos. Se expresa como carbonato de calcio.

**Alcalinidad Parcial.-** Es la que se consigue con la fenolftaleína, la diferenciación de color es de PH 8.2 a 8.4.

**Alcalinidad Total.-** También llamada alcalinidad T es aquella que se obtiene por encima del PH del anaranjado del metilo cuyo punto de cambio es de 4.2 a 4.4.

**Cloruros.** - Son aniones presentes en el agua estos generalmente no causan problemas, pero proporcionan sólidos disueltos.

**Sílice.** - Es la cantidad total del silicio presente en el agua. Es uno de los factores básicos para determinar las veces que se puede concentrar una caldera y el programa químico a seguir.

**Sólidos Totales Disueltos.** - Es la total de sales disueltas en el agua y también un factor importante para el procedimiento a tomar en las aguas en calderas.

**PH.** - De acuerdo con su valor se puede determinar las características fundamentales del agua en relación con la tendencia incrustadora o corrosiva que posea.

**Corrosión.-** La corrosión en calderas es el deterioro del metal por reacción química. El metal es disuelto (comido), el efecto corrosivo puede debilitar seriamente al metal, de modo que pueda ocurrir un fallo inesperado de una parte del recipiente de presión de la caldera. Las principales causas de corrosión en el agua de caldera son:

- La presencia de oxígeno disuelto en el área de caldera.
- La acides y/o la alcalinidad relativa del agua de caldera.
- La acción electrolítica.

La corrosión resulta del funcionamiento de celdas de corrosión microscópicas que se constituyen entre diversas partes no idénticas de un metal, la corriente eléctrica que se origina crea una electrolisis y causa modificaciones químicas en el metal.

**Figura # 17 Tubos Con Corrosión**



Fuente: Información Directa  
Autor: Luis Vélez Rizo

### 2.2.2 Demanda de Agua en el Sistema de Enfriamiento.

Refinería La Libertad cuenta con tres torres de enfriamiento marca SINAX las cuales tienen un consumo de 90m<sup>3</sup>/día (23760 galones /día).

**Figura # 18 Torres De Enfriamiento Marca SINAX**



Fuente: Información Directa  
Autor: Luis Vélez Rizo

Un sistema de agua de refrigeración consiste en una torre de refrigeración y en sus respectivas bombas de recirculación de agua. La torre normalmente esta provista de un sistema de dosificador de ácido sulfúrico y de cloro.

**Torres De Enfriamiento.-** En torres de enfriamiento de agua se transfiere calor del agua al aire por contacto directo. El enfriamiento se obtiene por la evaporación de parte del agua. El aire que entra a la torre de enfriamiento está parcialmente saturado con agua y, a medida que el aire sube por la torre, el contenido del agua en el aire aumenta hasta que se satura completamente.

Hay dos tipos principales de torre de enfriamiento: De convección natural y de convección forzada.

Las torres de convección forzada circulan aire por medio de ventiladores de tipo forzado o de tiro inducido. Los ventiladores de tiro forzado están a nivel del suelo.

La ventaja de este tipo estriba en la comodidad de efectuar reparaciones o mantenimiento general. La desventaja es que se puede circular aire caliente saturado, reduciendo el enfriamiento.

Las torres de tipo inducido tienen los ventiladores en la parte superior de la torre que fuerzan al aire hacia arriba. La posibilidad de recirculación de aire caliente saturado disminuye debido a la velocidad que tiene el aire al abandonar la torre.

La temperatura del agua enfriada depende de:

- De la cantidad de agua que entra a la torre.
- De la temperatura del agua a la entrada.
- De la temperatura ambiente.
- De la humedad del aire.
- Del volumen de aire circulante.
- Del tamaño de la torre.
- De las condiciones mecánicas del sistema de distribución del agua y de los deflectores dentro de la torre.

La máxima temperatura admisible del agua de enfriamiento es de 50°C por encima de esta temperatura se inicia la formación de depósitos dentro de las tuberías del agua de refrigeración.

El agua desalinizada llega desde el TANQUE #164 y este es abastecido desde el reservorio de la planta desalinizadora como se muestra en la figura #19.

**Figura # 19 Agua De Enfriamiento (tanque 164)**



Fuente: Información Directa  
Autor: Luis Vélez Rizo

Ingresa por una línea de 2" tiene una regulación manual que es controlada por el supervisor de turno a medida que se va evaporando por el sistema de enfriamiento se va regulando dicha válvula, entra a un cubeto que contiene una malla filtrante para retener los sólidos de mayor diámetro como muestra la siguiente imagen.

**Figura # 20 Piscina De Alimentación A Torres De enfriamiento.**



Fuente: Información Directa  
Autor: Luis Vélez Rizo

La torre de enfriamiento cuenta con dos bombas eléctricas que trabajan alternadamente para una mayor eficiencia de las misma estas bombas proveen de agua al sistema de enfriamiento continuamente recorre todo el sistema de enfriamiento como también para el sistema de enfriamiento de los sellos mecánicos de las bombas del proceso de refinación.

**Figura # 21 Bombas de Recirculación**



Fuente: Información Directa  
Autor: Luis Vélez Rizo

Posteriormente, el agua que regresa a las torres de enfriamiento se le deberá dar un tratamiento que es de la siguiente forma:

- Purgando para el control de la concentración de sólidos.
- Adición de ácido sulfúrico para controlar el PH y la alcalinidad.
- Adición de productos químicos para el control de la corrosión.
- Adición de cloro para controlar el crecimiento de algas y de depósito orgánicos.

Para el tratamiento de químicos es una compañía externa para controlar las concentraciones de productos y que PH deben mantenerse. Esto dependerá del

tipo de inhibidor de corrosión usada, puesto que cada compañía suministra su propio compuesto inhibidor.

Para lo que es el tratamiento para el agua de enfriamiento se utilizan 3 químicos en Refinería La Libertad los cuales son los siguientes:

**GENGARD GN7110.-** Este es una mezcla de los inhibidores inorgánicos y orgánicos que es creada para controlar la corrosión y formación de incrustantes en el medio abierto de recirculación para el enfriamiento de agua.

**Figura # 22 Preparación Del Químico GENGARD GN7110.**



Fuente: Información Directa.  
Autor: Luis Vélez Rizo.

**FLOGARD MS6222.-** Es un producto de fosfato inorgánico, formulado para inhibir económicamente la corrosión del acero al carbono en sistema de suministro de agua en fábricas y sistemas de enfriamientos de un solo paso. Si esa

corrosión no fuera controlada, los subproductos del hierro introducidos en el sistema pueden conducir a innumerables problemas, inclusive reducción de la transferencia de calor, restricciones en el flujo de agua, depósitos y formaciones de lodo.

**Figura # 23 Preparación Del Químico FLOGARD MS6222**



Fuente: Información Directa  
Autor: Luis Vélez Rizo

**SPECTRUS NX1106.-** Es una biosida líquida que ayuda a controlar lodos de bacterias, hongos y algas en condensadores evaporadores, sistemas de intercambio de calor torres de enfriamiento.

**Figura # 24 Preparación Del Químico SPECTRUS NX1106.**



Fuente: Información Directa.  
Autor: Luis Vélez Rizo.

En general el PH y el nivel de alcalinidad serán fijados. Esto se consigue por medio de la acción de ácido sulfúrico. Se deberá controlar el PH diariamente tanto en la planta como en el laboratorio.

### **2.2.3 Demanda de Agua en el Sistema de Intercambiadores de Calor.**

Refinería La Libertad cuenta con un sistema de intercambiadores de calor el cual el proceso de intercambio lo realizan en algunos productos con agua desalinizada para cuidar los equipos, el consumo diario de agua en los intercambiadores por evaporización al intercambiar calor con los productos es de  $153\text{m}^3/\text{día}$  (40400galones/día).

**Figura # 25 Intercambiadores De Calor**



Fuente: Información Directa  
Autor: Luis Vélez Rizo

Sabemos que un intercambio de calor es transferirle energía calorífica de un cuerpo a otro que se encuentren a distintas temperaturas, el calor se transporta de un cuerpo a otro mediante convección, radiación o conducción. Pero también puede ocurrir que estos procesos ocurran al mismo tiempo, así mismo uno de estos mecanismos prevalezca sobre los otros dos.

La Refinería cuenta para realizar este intercambio de calor con dos tipos de intercambiadores los cuales los vamos a describir a continuación:

**Intercambiadores A Través De Un Banco De Tubos O Tubulares.-** Es cuando el fluido fluye por el interior de los tubos mientras el segundo fluido transita por la parte exterior a distintas temperaturas este proceso lo realizamos en Refinería La Libertad para realizar el intercambio de calor:

- AGUA-MINERAL TURPENMTINE
- AGUA-DESTILADO

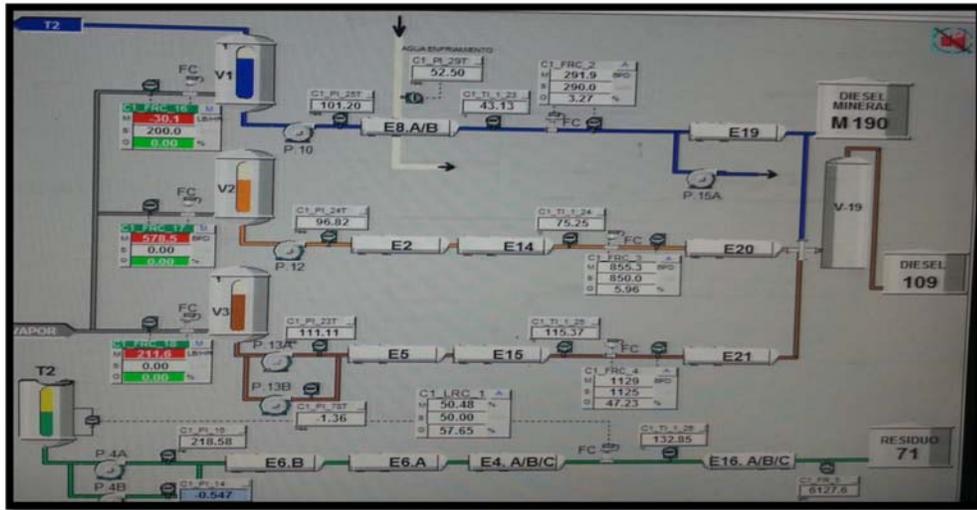
**Figura # 26 Intercambiadores De Calor Tubulares.**



Fuente: Información Directa  
Autor: Luis Vélez Rizo.

Que se lo realiza en los intercambiadores CE8A Y CE8B respectivamente como muestra la siguiente imagen.

**Figura # 27 Panel De Control de Los Intercambiadores**



Fuente: Información Directa  
 Autor: Luis Vélez Rizo

La refinería está realizando los trámites de implementación de los nuevos intercambiadores de tubulares a carcasa-tubo para lo cual ya están los nuevos intercambiadores como muestra la siguiente imagen.

**Figura # 28 Características Nuevos Intercambiadores.**



Fuente: Información Directa  
 Autor: Luis Vélez Rizo.

**Intercambiadores Carcasa-Tubo.** - Este es otro tipo de intercambiadores de calor con los que cuenta la Refinería La Libertad y consiste en un grupo de tubos en un contenedor que se lo conoce con el nombre de carcasa. Existe una gran

diferencia entre las dos presiones que circulan por dentro de este equipo. El flujo de fluido que corre dentro de los tubos es llamado flujo interno.

El flujo con mayor presión es llevado por el interior de los tubos y el flujo con presión más baja es llevado por el lado carcasa, esto debido a los altos costos de los materiales, ya que los tubos de un intercambiador de calor se los puede mandar a fabricar para que soporten presiones mucho más altas que las que soportaría el lado carcasa.

**Figura # 29 Intercambiadores Carcasa-Tubo**

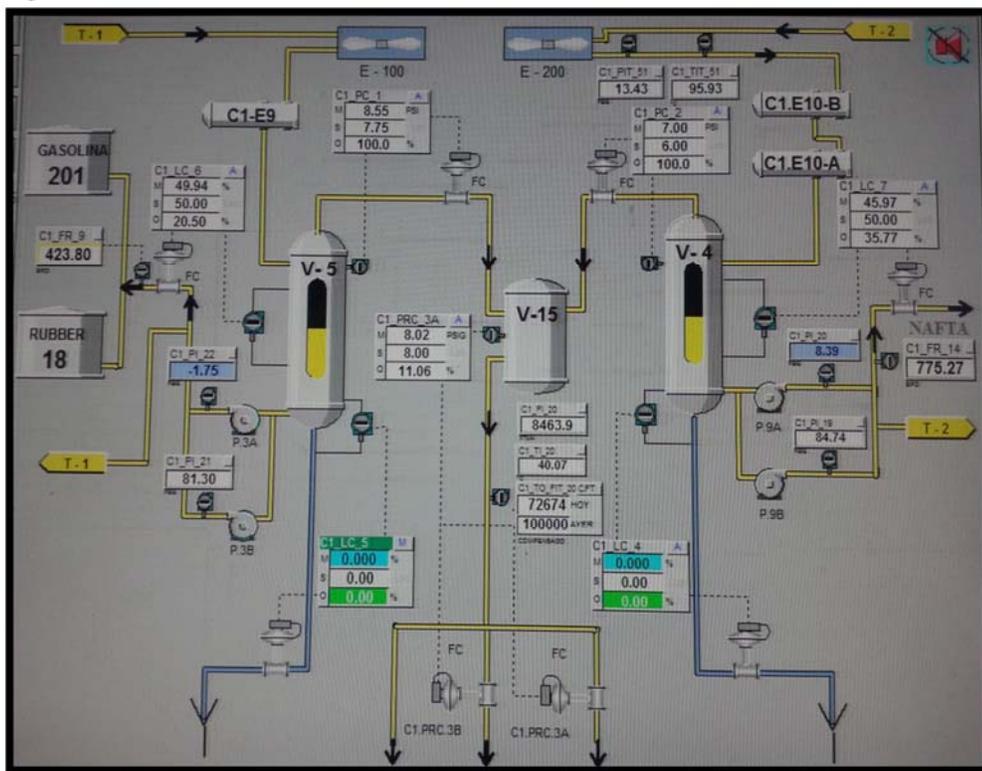


Fuente: Información Directa  
Autor: Luis Vélez Rizo

En Refinería La Libertad este intercambiador es utilizado para realizar un intercambio de calor de la siguiente manera y así mismo tiene su propia nomenclatura:

- CE7 AGUA-GASOLINA.
- CE9 AGUA-RESIDUO.
- CE10 AGUA-DIESEL1.
- CE10A Y CE10B AGUA –GASOLINA.
- CE11 AGUA-REFLUJO LATERAL.

**Figura # 30 Panel De Control De Intercambiadores.**



Fuente: Información Directa  
 Autor: Luis Vélez Rizo.

### 2.2.4 Demanda de Agua en el Sistema de Generación Eléctrica.

Refinería La Libertad como una gran empresa industrial tiene su propio sistema de generación eléctrica que también tiene un consumo de agua para el sistema de

enfriamiento que es utilizada en los motores (radiadores) este sistema tiene un consumo de agua desalinizada de  $22\text{m}^3/\text{día}$  (5800 galones/día).

**Figura # 31 Equipo De Generación Eléctrica (Radiador)**



Fuente: Información Directa  
Autor: Luis Vélez Rizo

**Figura # 32 Grupo De Generación Eléctrica.**



Fuente: Información Directa  
Autor: Luis Vélez Rizo.

**Figura # 33 Grupo De Generación Eléctrica #6.**



Fuente: Información Directa.  
Autor: Luis Vélez Rizo.

Posee 6 generadores de marca Leroy Somer q trabajan alternadamente posee cada uno un motor de combustión interna, los generadores tienen una producción eléctrica de 2.5 megas la cual es repartida en todo el sistema de Refinería La Libertad.

### 2.2.5 Demanda de Agua en el Sistema de Desalinización del Crudo.

Refinería La Libertad cuenta con un sistema de desalinización del crudo (lavado del crudo) que consta de 3 desoladoras, este sistema tiene un consumo de agua desalinizada de 230m<sup>3</sup>/día (60700 galones /día).

**Figura # 34 Desalador.**



Fuente: Información Directa  
Autor: Luis Vélez Rizo.

El propósito de este proceso es el de separar las sales e impurezas que tiene el petróleo o crudo, los sólidos en suspensión, así como las sales disueltas en pequeñas gotas de agua dispersas y confundidas con el crudo son fundamentalmente eliminadas en los desoladores ya que por motivo de tiempo y dinero es difícil eliminarlas por decantación en los tanques de almacenamiento de crudo.

**Figura # 35 Drenaje Desalador.**



Fuente: Información Directa.  
Autor: Luis Vélez Rizo.

Este proceso consiste en precalentar el crudo para bajar la viscosidad y así poder inyectar agua desalinizada para realizar el lavado con esto producimos una mezcla congenera de las dos sustancias y así separar la mayor cantidad de sales e impurezas que contiene el crudo, como ya todos sabemos que el agua y el crudo no se pueden mezclar pero el agua tiene una habilidad que es la de extraer sales y así eliminarlas del crudo. Para poder lograr esta mezcla se utilizan válvulas emulsificadoras, luego de esto se envía a un acumulador por el cual se hace fluir la corriente uniformemente a través de un campo eléctrico de 20000 voltios. Esta fuerza eléctrica que se encuentra dentro del campo provocan que las pequeñas

gotas de agua coalescan formando gotas más grandes. Luego el crudo libre de sales salga por la parte superior del equipo.

### **2.2.6 Demanda de Agua en el Sistema de Lavado y Calibración de Tanques.**

En Refinería La Libertad para el sistema de calibrado y lavado de tanques este complejo industrial tiene un consumo promedio de 30 m<sup>3</sup>/día (7900galones /día).

El sistema de calibrado consiste en llenar el tanque a su capacidad máxima y verificar primero que no tenga fugas, posteriormente se lo calibra para así tener una buena referencia al momento de realizar su aforo y poder determinar su capacidad total, su capacidad parcial a diferentes alturas, este se lo realiza con agua por ser un líquido poco volátil y no inflamable.

**Figura # 36 Calibración de Tanques.**



Fuente: Información Directa.  
Autor: Luis Vélez Rizo.

De igual forma un tanque se lo lava con agua desalinizada al sacarlo fuera de servicio ya sea para darle mantenimiento o por cambio de producto a almacenar.

**Figura # 37 Lavado De Tanques.**



Fuente: Información Directa.  
Autor: Luis Vélez Rizo.

### **2.2.7 Demanda de Agua en el Sistema Contra Incendios.**

Refinería La Libertad cuenta con un sistema contra incendio manual tiene un reservorio de agua con una capacidad de 4000m<sup>3</sup> (1056000galones<sup>3</sup>), la misma que es impulsada a través de bombas para mantener presurizado todo el sistema y estar listos para cualquier situación que esta amerite para lo cual tiene un consumo de agua desalinizada de 50m<sup>3</sup>/día (13200 galones/día).

**Figura # 38 Reservorio Del Sistema Contra incendios.**



Fuente: Información Directa.  
Autor: Luis Vélez Rizo.

Esta agua en el sistema contra incendio sirve para enfriamiento de los tanques en alguna situación de incendio y así mismo para un conato de incendio mantener listas y llenas las motobombas con la cantidad de agua necesaria para cualquier percance.

**Bombas Contra incendios.** - Refinería La Libertad cuenta con un sistema de bombas contra incendios el cual detallaremos a continuación:

**Tabla # 7 Especificaciones De Las Bombas Contraincendios.**

ESPECIFICACIONES DE LAS BOMBAS CONTRAINCENDIO		
Codigo De La Bomba	Combustible	Caudal
FP3	DIESEL	Q= 227 m <sup>3</sup> /hora
FP4	DIESEL	Q= 227 m <sup>3</sup> /hora
FP1	DIESEL	Q= 227 m <sup>3</sup> /hora
FP5	DIESEL	Q= 227 m <sup>3</sup> /hora
B- VERTICAL	ELECTRICA	Q=2500m <sup>3</sup> /hora
B-CRUCITA	DIESEL	Q=2000m <sup>3</sup> /hora
B-ROJA	DIESEL	Q= 227 m <sup>3</sup> /hora

Fuente: Departamento De Seguridad Industrial De Refinería La Libertad.  
Autor: Luis Vélez Rizo.

**Figura # 39 Bomba Contraincendios B-Roja.**



Fuente: Información Directa  
Autor: Luis Vélez Rizo.

**Figura # 40 Bomba De Alimentación Del Sistema Contraincendios.**



Fuente: Información Directa.  
Autor: Luis Vélez Rizo.

**Figura # 41 Línea Contraincendios.**



Fuente: Información Directa.  
Autor: Luis Vélez Rizo.

**Sistema De Alarmas y Detección.** - La Refinería La Libertad cuenta con un sistema de detección de fuego y alarmas en el sector de tanque Crucita, como a su vez dispone de un sistema de botoneras manuales de alarmas en diferentes áreas de Refinería La Libertad y en las nuevas salas de control de las unidades de proceso (Bunker).

**Figura # 42 Detectores De Humo (Bunker).**



Fuente: Información Directa.  
Autor: Luis Vélez Rizo.

**Figura # 43 Sistema De Control y Botoneras.**



Fuente: Información Directa.  
Autor: Luis Vélez Rizo.

**Red De Contra Incendio.** - La red perimetral está distribuida por toda la Refinería La Libertad, tanque loma, tanque Crucita y planta cautivo y se encuentra en operación permanentemente y presurizada, la misma que está conformada de:

- Hidrantes
- Hidrantes Monitores
- Válvulas De Bloqueo
- Bocatomas de 4"

**Figura # 44 Hidrante.**



Fuente: Información Directa.  
Autor: Luis Velez Rizo.

Conforme a lo establecido en la norma internacional NFPA de instalaciones de hidrantes, en el sistema de proceso están ubicados de 30 a 40 metros de distancia cada uno. Así mismo fuera del sistema de proceso los hidrantes están ubicados de 70 a 90 metros de distancia.

**Figura # 45 Manifor de Alimentación.**



Fuente: Información Directa.  
Autor: Luis Vélez Rizo.

**Sistema De Enfriamiento De Los Tanques (Rociadores).** - Refinería La Libertad dispone de un sistema de enfriamiento en cada uno de los tanques de almacenamientos, que se encuentran interconectados a la red perimetral del sistema contra incendios, brindando la protección para el enfriamiento de las paredes del mismo tanque y de los tanques adyacentes, como también de las líneas de seguridad permanente en las instalaciones, que competen el:

- Enfriamiento en cada uno de los tanques de almacenamiento y esferas.
- Enfriamiento en los tanques de almacenamiento de G.L.P.

**Figura # 46 Sistema De Enfriamiento (Rociadores).**



Fuente: Información Directa  
Autor: Luis Vélez Rizo.

**Sistema De Espuma.** - Refinería La Libertad dispone de un sistema de protección colectiva (cámara y formadores de espuma) en cada uno de los tanques de almacenamiento de líquidos combustibles, los mismos que cumplen las normas NFPA 20 que para su efecto estas deben de ser combinadas con agua del sistema contraincendios de la refinería, y los tipos de espuma disponibles en Refinería La Libertad como son:

- Espuma Fluorproteínica (AER-O-FQAM 3%)
- Espuma AFFF (AQUEOUS FORMING FOAM 3%)

**Figura # 47 Sistema De Espuma.**



Fuente: Información Directa  
Autor: Luis Vélez Rizo.

### **2.2.8 Demanda de Agua en el Sistema de Reforestación y para Uso del Personal.**

En Refinería La Libertad se ha fomentado una campaña de reforestación para precautelar el medio ambiente, el cual tiene un consumo de agua y a este le sumamos el consumo para uso personal que es utilizado en todas las áreas administrativas y bunker de toda la refinería sumado todo esto da un consumo de 200m<sup>3</sup>/día (52800 galones/día).

El sistema de reforestación tiene un método de goteo continuo como muestra la figura #49 que es suministrado a las plantas de forma constante durante las 24 horas del día.

**Figura # 48 Sistema De Goteo Continuo.**



Fuente: Información Directa  
Autor: Luis Vélez Rizo.

**Figura # 49 Reforestación En Refinería la Libertad.**



Fuente: Información Directa.  
Autor: Luis Vélez Rizo.

Así mismo en el área de administración (oficinas, bunker) hay un consumo diario como muestra la figura #51.

**Figura # 50 Área De Administración.**



Fuente: Información Directa.  
Autor: Luis Vélez Rizo.

### **2.2.9 Demanda de Agua en la Preparación de Químicos.**

En Refinería La Libertad se preparan algunos tipos de químicos de los cuales dos se mezclan con agua desalinizada y esto nos da un consumo diario de  $5\text{m}^3/\text{día}$  (1320 galones/día).

**Figura # 51 Área De Preparación De Químicos.**



Fuente: Información Directa  
Autor: Luis Vélez Rizo.

A continuación hablaremos de los químicos que se preparan con agua y su uso en refinería.

**Hidróxido De Sodio (Soda Cáustica).**- Es una fuerte base usada como reactivo químico o agente neutralizante en varios sectores de actividades como la química, agroquímica, farmacéuticas, textil, metalúrgicas y el sector petrolero se lo puede aplicar como tratamiento para desechos o residuos, algunas aplicaciones de este producto están reguladas por los estándares nacionales e internacionales. El comprador está bajo su responsabilidad con respecto a sus usos y aplicaciones con este producto y sus actividades. Es un producto de alto riesgo peligroso para la salud de las personas, puede causar quemaduras que llegan a ser muy graves.

**Figura # 52 Soda Caustica.**



Fuente: Información Directa.  
Autor: Luis Vélez Rizo.

**4H6 Neutralizante.-** Su nombre comercial PETROFLO 21Y21, es una amina neutralizante, soluble en el agua y de fácil dispersión en hidrocarburos, usado en el lado para elevar el PH del agua del sistema de la torre de destilación con la finalidad de minimizar la corrosión en la columna fraccionadora.

**Figura # 53 PETROFLO 21Y21 (4H6).**



Fuente: Información Directa.  
Autor: Luis Vélez Rizo.

### **2.3 Demanda de agua en el proceso productivo de la Refinería La Libertad.**

Para mostrar los consumos diarios de agua desalinizada se realizó la siguiente tabla #8 donde se muestran las áreas de consumo en Refinería La Libertad, del cual concluimos que la mayor demanda de este líquido procesado es en las calderas, en el lavado de crudo, reforestación y administración. Por lo que se

determina que son áreas donde se encuentran equipos y sectores estratégicos que no pueden dejar de operar sin recibir su porcentaje de agua tratada.

**Tabla # 8 Consumos Diarios De Agua Desalinizada**

EQUIPOS	CONSUMOS DIARIOS m <sup>3</sup>	%
<b>CALDERAS</b>	320	29,09%
<b>SISTEMA DE ENFRIAMIENTO</b>	90	8,18%
<b>INTERCAMBIADORES</b>	153	13,91%
<b>GENERACION ELECTRICA</b>	22	2%
<b>DESALINIZACION DEL CRUDO</b>	230	20,91%
<b>LAVADO Y CALIBRADO DE TANQUES</b>	30	2,73%
<b>SISTEMA CONTARINCENDIO</b>	50	4,55%
<b>REFORESTACION Y ADMINISTRACION</b>	200	18,18%
<b>PREPARACION DE QUIMICOS</b>	5	0,45%
<b>TOTAL</b>	<b>1100</b>	<b>100,00%</b>

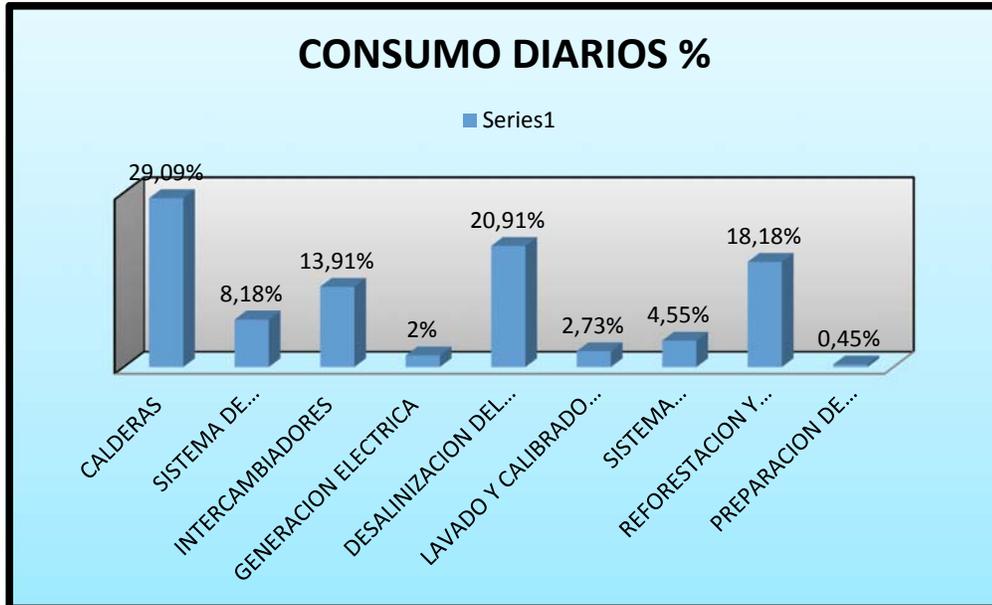
Fuente: Facilidad De refinación  
 Autor: Luis Vélez Rizo

**Figura # 54 Consumos Diarios De Agua Desalinizada (Barras).**



Fuente: Información Directa.  
 Autor: Luis Vélez Rizo.

**Figura # 55 Porcentajes Consumos Diarios De Agua Desalinizada**



Fuente: Información Directa  
Autor: Luis Vélez Rizo

#### **2.4 Diagnóstico del problema de la demanda de agua desalinizada.**

La planta desalinizadora AITON BERBY produce 650m<sup>3</sup>/día. Y como indicamos en el tabla #9 se observa que para mantener en operación la Refinería La Libertad se debe cumplir con el consumo diario de 1100 m<sup>3</sup>/día por lo que se refleja la necesidad de consumir agua que no es procesada (Aguapen) por la planta desalinizadora.

Los altos costos mensuales por consumo de agua generan que el precio de producción al refinar el petróleo sean mucho más elevados, por lo que el agua para consumo industrial tiene un costo mucho mayor y si a este le sumamos el costo por el tratamiento que hay que darle a este tipo de agua ya que no contiene

los parámetros permitidos para algunos equipos como es las calderas, lavado del crudo, el valor final de esta agua es demasiada costosa.

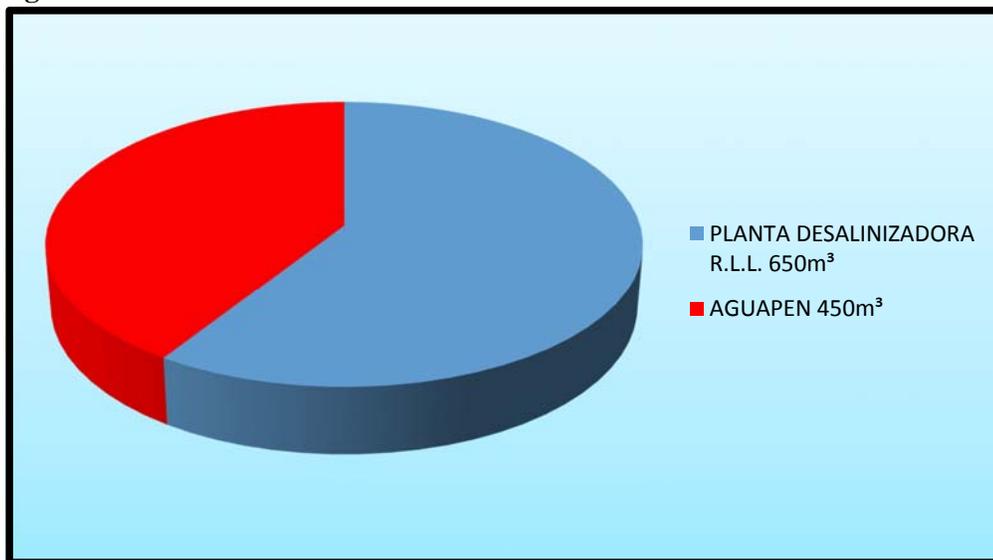
Por otro lado, si se enviara el agua sin tratar estaríamos ocasionando graves daños a los equipos por algunos aspectos como son; la conductividad, PH, incrustaciones, corrosión y depósitos de sólidos, todos estos problemas son más propensos en el agua no tratada para uso industrial y ya no solo sería el alto costo del consumo de agua sino también el alto costo de mantenimiento y reparación de los equipos antes mencionados.

**Tabla # 9 Consumo Total.**

<b>PLANTA DESALINIZADORA R.L.L. 650m<sup>3</sup></b>	650	59,09%
<b>AGUAPEN 450m<sup>3</sup></b>	450	40,91%
<b>CONSUMO TOTAL</b>	1100	100,00%

Fuente: Facilidad De refinación.  
Autor: Luis Vélez Rizo.

**Figura # 56 Consumo Total.**



Fuente: Facilidad De refinación.  
Autor: Luis Vélez Rizo.

## CAPÍTULO III

### ESTUDIO TÉCNICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA DE ÓSMOSIS INVERSA.

#### 3.1 Estudio Preliminar de la Ósmosis Inversa.

En el campo de la desalinización de agua de mar las tecnologías que están disponibles y que son las más conocidas para su uso en el campo industrial son:

1. La compresión mecánica de vapor MVC (Mechanical Vapor compression) que es una destilación al vacío y compresión de vapor, la misma que se encuentra en uso en la Refinería La Libertad a través de la unidad MVC – 150 en funcionamiento desde 1987.
2. La destilación multiefecto MED (Multi effect Distillation) tecnología con la cual se encuentra trabajando la actual planta Aiton Derby con una capacidad de 650m<sup>3</sup>/día.
3. La Ósmosis Inversa RO (Reverse Osmosis) que es la tecnología conocida como de presión y membranas con una producción de 1200m<sup>3</sup>/día.

Para poder evaluar cuál de estas tecnologías es la más adecuada y conveniente para el reemplazo de la planta Aiton Derby en Refinería La Libertad se ha tenido que realizar un análisis de estas tres tecnologías bajo los sencillos parámetros que se indican en la siguiente tabla:

**Tabla # 10 Tabla Comparativa De Plantas Desalinizadoras**

Parámetros	Compresión mecánica de vapor (MVC)	Destilación Multi Efecto (MED)	Osmosis Inversa o de Membranas (RO)
<b>1.- Tipo de tecnología</b>	Madura	Madura	Madura
<b>2.- Tipo de diseño</b>	Via módulos, los mismos que tiene que ser conectados en el sitio de trabajo de la planta	Via módulos, los mismos que tiene que ser conectados en el sitio de trabajo de la planta	La nueva tecnología de punta de osmosis inversa viene montada en contenedores de 40 pies lista para su operación
<b>3.- tiempo de despacho por el fabricante</b>	14semanas	16 semanas	4-6 semanas
<b>4.- Tiempo de instalación en el sitio de trabajo</b>	3-5 semanas	6-12 semanas	1-2 semanas
<b>5.-infraestructura de la obra civil</b>	Se requiere de la construcción de una plataforma para asentamiento de los módulos de la planta y la construcción de un hangar para el alojamiento y bodega de almacenaje de químicos	Se requiere de la construcción de una plataforma para asentamiento de los módulos de la planta. La planta funciona a la intemperie . se requiere bodega para almacenaje de químicos	Se requiere de la construcción de una plataforma de hormigón armado para el asentamiento de los contenedores. La planta funciona a la intemperie
<b>6.- Obra Eléctrica</b>	Se requiere realizar el cableado interno entre los módulos que componen la planta	Se requiere realizar el cableado interno entre los módulos que componen la planta	Se requiere únicamente alimentar los contenedores con energía eléctrica del suministro
<b>7.- Obra Mecánica</b>	Se requiere realizar las conexiones mecánicas internas entre los módulos de la planta. Además las conexiones de agua cruda de mar, retorno de salmuera, y agua producto	Se requiere realizar las conexiones mecánicas internas entre los módulos de la planta. Además es necesario realizar las conexiones de alimentación de vapor y tuberías de retorno de condensado ya que esta tecnología usa vapor para su proceso la alimentación de agua cruda de mar, retorno de salmuera y línea de producto	Se requiere realizar las conexiones de alimentación de agua cruda de mar, retorno de salmuera y agua producto.
<b>8.- Consumo de Químicos</b>	Se requiere el consumo de químicos como: Químico Anti Incrustantes Químico de limpieza de incrustante	Se requiere el consumo de químicos como: Químico Anti Incrustantes Químico de limpieza de incrustante Químico de lubricación	La nueva tecnología de osmosis inversa no requiere de químicos durante el proceso de producción de agua producto
<b>9.- Consumo Eléctrico</b>	12-15 KWH/m <sup>3</sup>	2,5 KWH/m <sup>3</sup>	3,5KWH/m <sup>3</sup>
<b>10.-Espacio Físico Requerido</b>	Para una planta de 1200m <sup>3</sup> /día. Se requiere un espacio de 23 x 7,5 x 9,5 metros con su respectivo hangar	Para una planta de 1200m <sup>3</sup> /día. Se requiere un espacio de 25 x 11 x 12 metros.	Para una planta de 1200m <sup>3</sup> /día. Se requiere un espacio de 16 x 13 metros.
<b>11.- Capital de Inversión en Equipos y Obras</b>	Costo Mediano	Costo Alto	Costo Bajo
<b>12.- Líquidos de Retorno al Mar</b>	Salmuera mas Químicos	Salmuera mas Químicos	Salmuera simple
<b>13.- Nivel de ruido durante operación</b>	Mayor a 90 decibeles a 1 metro del equipo	Aproximadamente 90 decibeles a 1 metro del equipo	El ruido se encierra en los contenedores
<b>14.-Eco Amigable</b>	NO se considera amigable con el medio ambiente debido a su descarga de salmuera y químicos	NO se considera amigable con el medio ambiente debido a su descarga de salmuera y químicos	Si se considera amigable con el medio ambiente debido a la descarga mas pura de salmuera.

Fuente: Información Directa.  
Autor: Luis Vélez Rizo.

### **3.2 Análisis del Estudio Comparativo de las Plantas Desalinizadoras.**

De los parámetros indicados en la tabla de arriba se puede concluir muy rápida y fácilmente que:

1. La tecnología de ósmosis inversa es una tecnología probada ya con algunas décadas de operación en el mundo y debido a los continuos adelantos e investigaciones la tecnología de punta de ósmosis inversa no usa químicos en su proceso de producción de agua y todos los componentes de una planta vienen montados ya en contenedores listos para su uso.
  
2. En un sistema de ósmosis inversa de tecnología de punta se pueden encontrar todos los beneficios de un gran sistema de desalinización en un paquete completo, ordenado y compacto que:
  - Es fácilmente transportable.
  - Elimina la necesidad de gastos en una infraestructura costosa.
  
3. El tiempo de despacho de la fábrica es rápido con una entrega que puede variar de 3-6 meses en comparación con los otros sistemas.
  
4. Esfuerzos reducidos en la instalación de la planta, con una Ingeniería civil mínima igual en la parte eléctrica y mecánica ya que el tiempo de

instalación puede variar entre una a dos semanas suponiendo que los trabajos necesarios ya han sido ejecutados previo al arribo de la planta al sitio de trabajo.

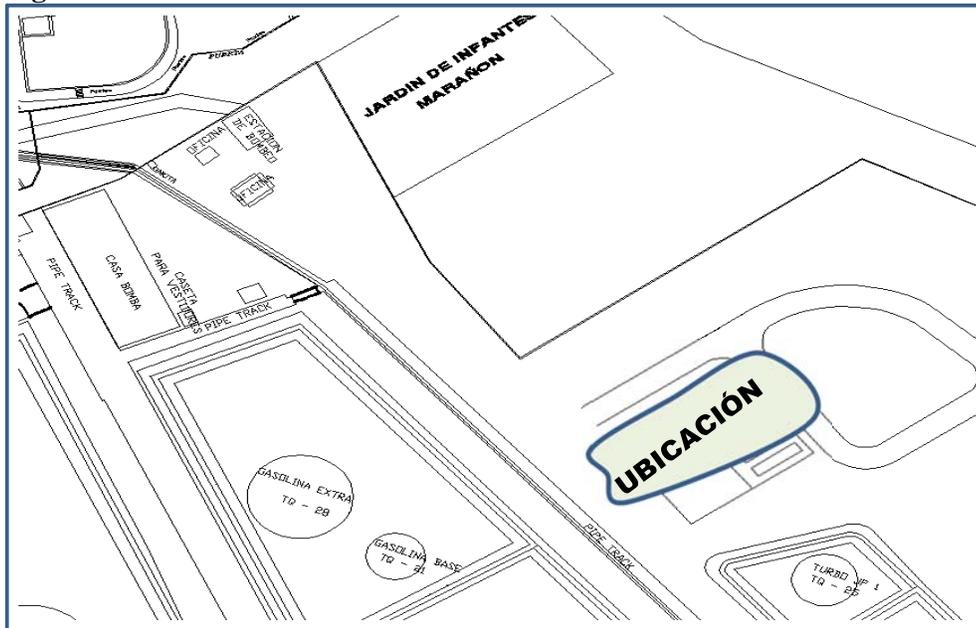
5. La tecnología de ósmosis inversa está diseñado para un rápido retorno de la inversión debido a los bajos costos.
6. Los costos de operación, mantenimiento, gastos de manipulación y transporte son bajos, debido a que no se utiliza substancias químicas en el proceso mismo de producción de agua.
7. El consumo de energía eléctrica es reducido debido a la alta eficiencia de los equipos y sobre todo por los sistemas de recuperación de energía isobárica con lo que se logra la disminución en el consumo de energía eléctrica.
8. El sistema ósmosis inversa ocupa menor espacio físico lo que genera una gran ventaja para la Refinería La Libertad.
9. Refinería La libertad apegado a las normas de control nacionales e internacionales fortalecería los procesos con los nuevos métodos que incorpora todos los adelantos de control de procesos industriales la cual es controlada vía PLC (controlador lógico programable) con conexión a la computadora de proceso, así mismo dispondría de salida de datos con

protocolos IP con conexión a la web, para que esta pueda ser monitoreada en cuanto a su operación y mantenimiento por el fabricante del equipo, lo que incrementaría la confianza del usuario tanto en operación y mantenimiento para lograr un funcionamiento adecuado y perfecto y seguir obteniendo el agua que se requiere para los procesos.

Con la intención de proporcionar un valor agregado a este estudio, a continuación, se presenta una propuesta de la ubicación estratégica que tendría los nuevos equipos para desalinización de agua, donde se consideró la zona de menor afectación y fácil acceso a la materia prima (agua de mar).

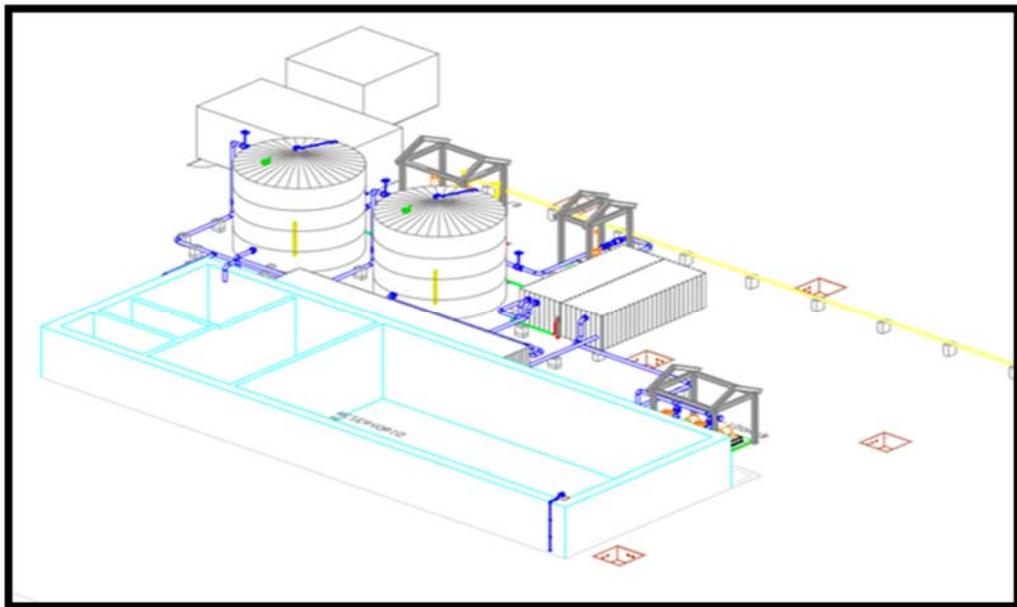
### 3.3 Planos de la Instalación de Planta de Ósmosis.

**Figura # 57 Plano De Ubicación.**



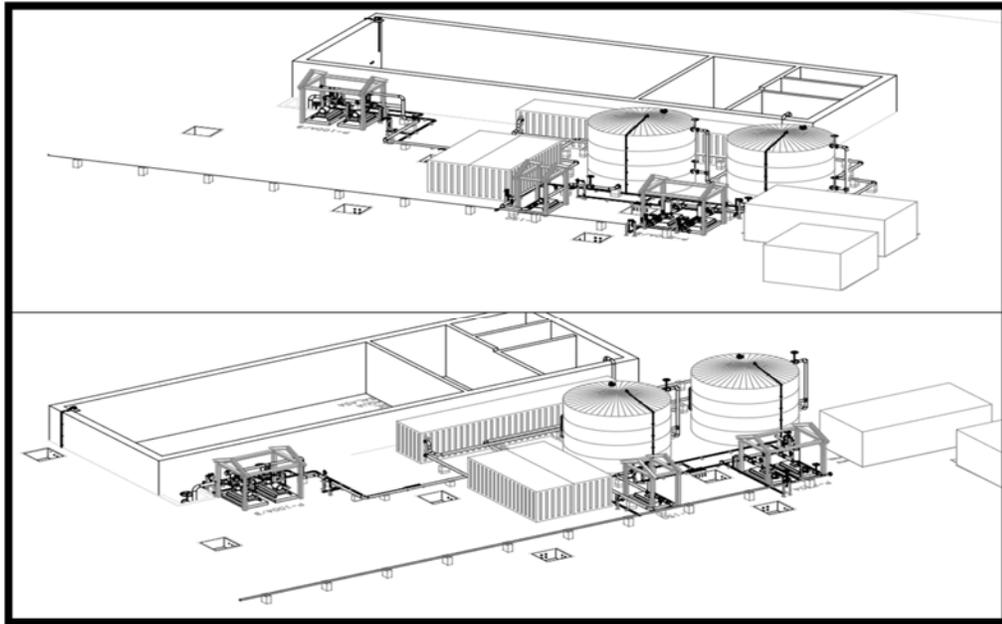
Fuente: Información Directa.  
Autor: Luis Vélez Rizo.

**Figura # 58 Plano De Planta De Osmosis inversa.**



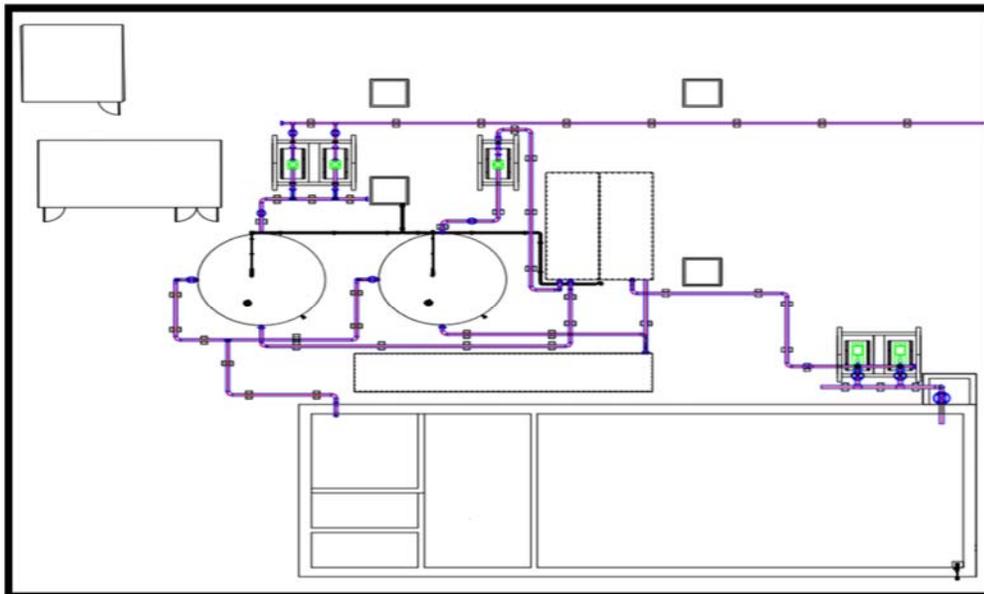
Fuente: Información Directa.  
Autor: Luis Vélez Rizo.

**Figura # 59 Plano De Planta De Ósmosis inversa.**



Fuente: Información Directa.  
Autor: Luis Vélez Rizo.

**Figura # 60 Plano De Planta De Ósmosis inversa.**



Fuente: Información Directa.  
Autor: Luis Vélez Rizo.

### **3.4 Proceso Industrial de Ósmosis Inversa.**

Las plantas de tratamiento de agua desalinizadas funcionan según los conocidos principios de la Ósmosis Inversa (RO). Este es el método de purificación de agua salada de mayor rendimiento disponible hoy en día.

La ósmosis inversa es el proceso inverso al que ocurre espontáneamente en la naturaleza, y es llevado a cabo utilizando una membrana de material sintético y alta presión para desalinizar el agua. En plantas y animales, la ósmosis proporciona agua y nutrientes para el provecho de los seres vivos.

### **3.5 Proceso de Desalinización del Agua.**

Una membrana semipermeable permite el paso de ciertas moléculas pequeñas (principalmente el agua), mientras que bloquea moléculas grandes como las sales. La ósmosis tiene lugar cuando dos soluciones con distinta concentración de sales están separadas por una membrana semipermeable. La solución más diluida atraviesa la membrana hacia la más concentrada, tendiendo a igualar las concentraciones. La diferencia de alturas alcanzada en cada una de las soluciones se llama presión osmótica. Si aumentamos la presión en la solución más concentrada, se invierte el proceso, forzando el paso del agua de la solución más concentrada a la más diluida, sin permitir el paso de las sales.

La Presión Osmótica del agua de mar es de aproximadamente 27 kg/cm<sup>2</sup>, necesitando una presión del sistema de aproximadamente 55 kg/cm<sup>2</sup> para alcanzar un caudal mínimo de agua producida.

Estas plantas están equipadas con un dispositivo de recuperación de energía en la primera etapa de ósmosis, el cual reduce de forma considerable la energía necesaria para realizar el proceso de ósmosis inversa.

### **3.6 Mecanismo de Funcionamiento R.O.**

La planta de tratamiento para obtener un caudal de 1.200 m<sup>3</sup>/día con salinidad menor de 5 ppm y operación continua las 24 horas del día, partiendo de agua de mar con una salinidad de 28.000 ppm, se debe desglosar en distintos subsistemas o módulos según el tipo de tratamiento al que se somete el flujo de agua.

El agua llega de las bombas del muelle a un depósito (Tk - 1) desde aquí es impulsada el agua con dos bombas que trabajaran alteradamente pasaran por un módulo de pre-tratamiento. Éste está compuesto por un sistema de filtración consistente en un filtro de arena para la eliminación de Sólidos en Suspensión Totales precedido de una dosificación de químico coagulante/floculante. Posteriormente se propone una filtración micrométrica que eliminará los sólidos en suspensión de tamaño superior a 5 µm.

Posteriormente pasa al Módulo De Reducción De La Salinidad del agua por Ósmosis Inversa para proporcionar el líquido con la calidad requerida. Este módulo estará a su vez compuesto por dos etapas de ósmosis debido a la importante reducción de salinidad que se precisa alcanzar.

Una vez filtrada, el agua de aporte es bombeada a través de las membranas de la primera etapa de ósmosis, dividiendo este flujo de agua en dos:

Con objeto de optimizar el consumo energético de la planta, y en consonancia con el compromiso medioambiental que se presentó en la propuesta, la primera etapa de ósmosis estará dotada de un sistema de recuperación de energía.

- La primera parte de este flujo entra en un dispositivo recuperador de energía (PX). En funcionamiento, incrementará la presión de una parte del agua de alimentación a las membranas. Una bomba booster incrementará la presión de este caudal en aproximadamente 15 - 58 PSI, para alcanzar la presión de trabajo.
- La segunda parte de este flujo se enviará a una bomba de alta presión, la cual incrementará la presión de este caudal de agua hasta la de funcionamiento que es 800 PSI.

El caudal de agua de salida de esta ósmosis inversa, se divide también en dos flujos:

- Rechazo o salmuera: Es el agua con alto contenido en sales que se obtiene como subproducto del proceso de ósmosis. Este caudal de rechazo, a la presión de trabajo, se envía al dispositivo recuperador de energía, para comunicar su presión a la primera parte del caudal de agua de aporte. Tras comunicar su presión al agua de aporte, éste caudal queda despresurizado y se elimina por el desagüe.
  
- Agua producida: Atraviesa un caudalímetro que nos da una indicación del caudal de agua producida. Pasa además por una sonda de conductividad, la cual nos indica si el agua es apta para la siguiente etapa de ósmosis o si en cambio debe ser dirigida al desagüe.

El agua producida por esta etapa de ósmosis se almacena en un nuevo depósito (TK 2), para su utilización por la segunda etapa de ósmosis inversa. Una bomba de alimentación conectada a la salida de este depósito es la encargada de alimentar el siguiente módulo de ósmosis inversa.

Éste segundo módulo de ósmosis inversa no dispone de dispositivo recuperador de energía, puesto que la presión de trabajo de la misma no permite el uso de este tipo de dispositivos.

El segundo módulo de ósmosis arranca y para en función de la demanda del depósito de destino. Cuando dicho depósito demanda agua, se envía una señal a la bomba de alimentación, la cual, si hay agua en el TK-2, arranca y suministra agua desalinizada al segundo módulo de ósmosis inversa. Dicho módulo está constituido en dos pasos de ósmosis, es decir, que el agua rechazada por el primer paso alimenta al segundo paso. En dicho módulo, una bomba se encarga de elevar la presión del agua de aporte hasta la presión de trabajo. Tras el paso por las membranas de ósmosis inversa, obtenemos dos caudales de agua:

- Agua rechazada o salmuera, la cual se envía al TK-1, puesto que su calidad es superior al agua contenida en dicho depósito.
- Agua producida: Engloba el agua producida por el primer y segundo paso de este segundo módulo de ósmosis inversa y es enviada al TK-3 para posteriormente ser enviada a los reservorios 1-2-3 de Refinería La Libertad.

### **3.7 Diagrama De Flujo Del Nuevo Sistema De Desalinización Propuesto.**

En el anexo #4 observamos el diagrama de flujo nuevo sistema de desalinización de agua salada por osmosis inversa.

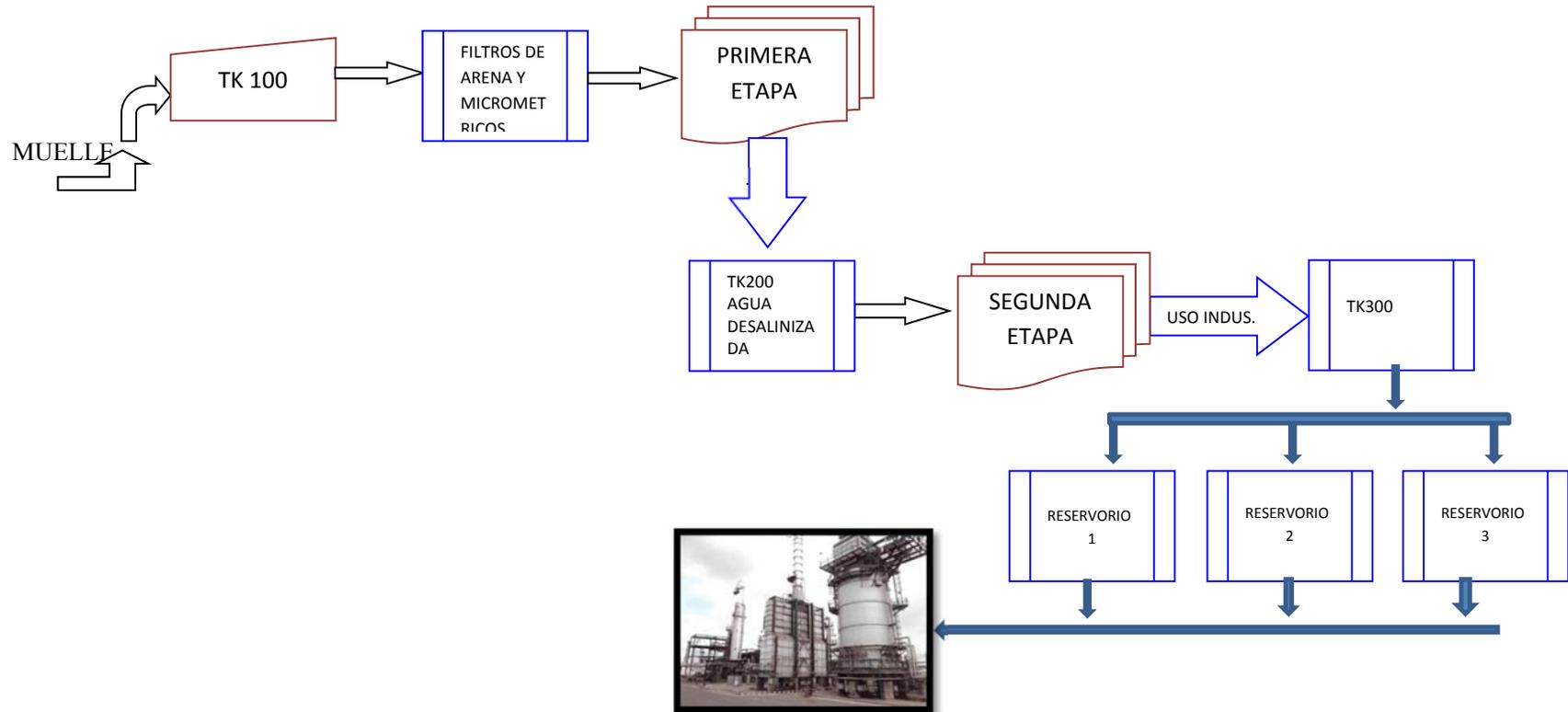
### **3.8 Diagrama de Operaciones de la Planta Propuesta.**

En el anexo #5 observamos el diagrama de operaciones de la planta propuesta.

Anexo # 4 Diagrama De Flujo Del Nuevo Sistema De Desalinización Propuesto



**Anexo # 5 Diagrama de Operaciones de la Planta Propuesta.**



### **3.9 MAQUINARIAS Y EQUIPOS DE LA R.O.**

A continuación detallaremos cada uno de los equipos que son necesarios para el funcionamiento de la planta de osmosis inversa.

**3.9.1 Tanque De Almacenamiento De Agua De Mar (TK-1).**-En este tanque se almacena el agua bruta que alimentará al equipo, la cual habrá sufrido previamente un tratamiento físico de desbaste para reducir la cantidad de algas y demás sólidos en suspensión. Este depósito suministrará información de su nivel de agua a la planta de tratamiento.

**3.9.2 Bombas De Alimentación Agua Bruta.**- Estas bombas, comandadas por la planta (primera etapa), arrancan a demanda del módulo de ósmosis inversa, alimentando de agua bruta al módulo de filtración.

#### **3.9.3 Contenedor 20ft Filtración.**

Este contenedor de 20ft de filtración está compuesto por: Filtración Media y Tren de Filtros Micrométricos, se detallara cada uno de estos equipos.

**3.9.3.1 Filtración De Media.-** Compuesto por un único filtro de media para la remoción de la mayor parte de TSS (sólidos totales en suspensión) de partículas de tamaño superior a 80 micras del agua de aporte que alimenta los procesos posteriores. Este filtro opera con una velocidad de filtración de 10 m/h. El proceso de limpieza del mismo usa agua bruta, y es necesaria la detención de los módulos posteriores para la ejecución de la misma.

**3.9.3.2 Tren De Filtros Micrométricos.-** Compuesto por un doble tren de filtros micrométricos en serie, el primer paso con cinco unidades con un grado de filtración de 20 micras, y el segundo con otras cinco carcassas dotadas de cartuchos con un grado de filtración de 5 micras. Los colectores de entrada y salida están dotados de válvulas de aislamiento para cada carcassa, lo que permite ejecutar el cambio de cartuchos en cada una de ellas para ello tener que detener el proceso de filtración micrométrica.

**3.9.4 Contenedor 40ft Primera Etapa De Ósmosis Inversa.**

Este contenedor de 40ft de filtración está compuesto por: Módulo De Ósmosis Inversa, Sistema De Medición De Calidad Del Agua, Panel De Control Eléctrico.

**3.9.4.1 Módulo De Ósmosis Inversa.-** Este módulo consiste en una unidad de ósmosis inversa, para la reducción de la salinidad del agua de aporte. Tras el filtrado de la misma, el agua de aporte es bombeada a través de las membranas de R.O. para reducir el contenido en sales del agua de aporte. El agua de alimentación se divide en dos Corrientes tras el paso por la ósmosis: Agua rechazada o concentrado, que se recircula a través del recuperador de presión.

Este flujo se encuentra despresurizado tras su paso por el equipo PX, y se descarga a través del desagüe. El agua permeada fluye a través de un caudalímetro, el cual nos indica la cantidad de agua producida. Pasa además por una sonda de conductividad, la cual nos indica la salinidad de la misma.

El Sistema incluye tomas para la conexión de un módulo de limpieza de membranas, para poder ejecutar la limpieza de las mismas sin necesidad de retirarlas de los vasos de presión.

**3.9.4.2 Sistema De Medición De Calidad Del Agua.-** Mide la conductividad del agua producida, decidiendo si se envía a almacenamiento o a desagüe.

**3.9.4.3 Panel De Control Eléctrico.-** Que incluye tanto módulo de fuerza como de mando. Alimenta y comanda el primer módulo de ósmosis, así como el de filtración.

**3.9.5 Depósito De Almacenamiento De Agua Desalinizada (Tk-2).**-En este depósito se almacena el agua producida por el primer módulo de ósmosis que alimentará al segundo módulo de ósmosis. Los niveles de dicho depósito se conectarán a los paneles de control de los módulos de ósmosis, para permitir el arranque del segundo módulo como para comandar el arranque del módulo de filtración y primera ósmosis.

**3.9.6 Bomba De Alimentación a Segundo Paso De Ósmosis.-** Esta bomba, comandada por el módulo de ósmosis del segundo paso, provee de agua desalinizada al segundo módulo de ósmosis.

**3.9.7 Contenedor 20ft Segunda Etapa De Ósmosis.**

Este contenedor de 20ft de filtración está compuesto por: Módulo De Osmosis Inversa Segunda Etapa, Sistema de medición de calidad del agua, Panel De Control.

**3.9.7.1 Módulo De Ósmosis Inversa Segunda Etapa.-** Este módulo consiste en una unidad de ósmosis inversa en dos pasos, para la reducción de la salinidad del agua desalinizada. El agua de aporte es bombeada a través de las membranas del primer paso de esta R.O. para reducir el contenido en sales del agua de aporte. El agua rechazada por este primer paso se envía a los vasos de presión que componen el segundo paso. El agua permeada tanto por el primer paso como por el segundo, fluye a través de un caudalímetro, que nos indica la cantidad de agua producida. Pasa además por una sonda de conductividad, la cual nos indica la salinidad de la misma.

El Sistema incluye tomas para la conexión de un módulo de limpieza de membranas, para poder ejecutar la limpieza de las mismas sin necesidad de retirarlas de los vasos de presión.

**3.9.7.2 Sistema de medición de calidad del agua.-** Mide la conductividad del agua producida. El agua apta se envía al depósito de agua producida, y la no apta se reenvía al depósito de cabecera TK-1, puesto que su calidad será, en cualquier caso, mejor que la del mismo.

**3.9.7.3 Panel De Control.-** Panel de control eléctrico, que incluye tanto módulo de fuerza como de mando. Alimenta y comanda el segundo módulo de ósmosis, así como la bomba de alimentación para la segunda etapa de ósmosis.

**3.9.8 Depósito De Almacenamiento De Agua Producida (TK-3).**-En este depósito se almacena el agua producida por el segundo módulo de ósmosis. Los niveles de dicho depósito se conectarán al panel de control del segundo módulo de ósmosis, permitiendo así el funcionamiento por niveles del conjunto completo.

### **3.10 Capacidad de Producción de la Nueva Planta.**

La planta de osmosis inversa tiene una capacidad nominal de 1500m<sup>3</sup>/día y una capacidad de operación con caudal de 1.200 m<sup>3</sup>/día, salinidad menor de 5 ppm y funcionamiento continuo las 24 horas del día, el proceso comienza con el de agua de mar con una salinidad de 28.000 ppm, y se desglosa en distintos subsistemas o módulos según el tipo de tratamiento al que se somete el flujo de agua. De este modo se derivan en dos etapas:

Primera etapa que comprende de un Sistema de reducción de salinidad por ósmosis inversa compuesto por: 12 vasos 96 membranas de agua salada. El caudal de producción es de 62,5 m<sup>3</sup>/h. La presión de trabajo es de 800 a 900 psi con una temperatura del agua de alimentación de 29°C y una salinidad de 28.000 ppm.

Y una segunda etapa que comprende de un Sistema de reducción de salinidad por ósmosis inversa compuesto por: 9 vasos y 54 membranas de agua. El caudal de producción es de 50 m<sup>3</sup>/h. La presión de trabajo es de 265 psi con una temperatura del agua de alimentación de 29°C.

### **3.11 Eficiencia y Seguridad de la planta.**

Para determinar la eficiencia, es decir buscar el logro y efecto deseado en el menor tiempo posible y con la menor cantidad de recursos se determinará la capacidad operativa de la planta tomando de referencia; capacidad de operación, capacidad nominal y se utilizará la siguiente fórmula:

$$\%Eficiencia = \frac{\text{Producción Real}}{\text{Producción Esperada}} \times 100$$

Se considerará la producción real a la capacidad operativa de 1200m<sup>3</sup>/ día y a la producción esperada la capacidad nominal donde obtendremos los siguientes datos.

$$\%Eficiencia = \frac{1200m^3/dia}{1500m^3/dia} \times 100$$

**Eficiencia = 80%**

La demanda actual para utilidades en refinería 1100m<sup>3</sup>/día, por lo tanto se determinó que la planta de ósmosis inversa produciendo 1200m<sup>3</sup>/día trabaja con el 80% de eficiencia y su producción diaria es de 9,1% mayor que el agua desalinizada necesaria para la operación de la Refinería La Libertad.

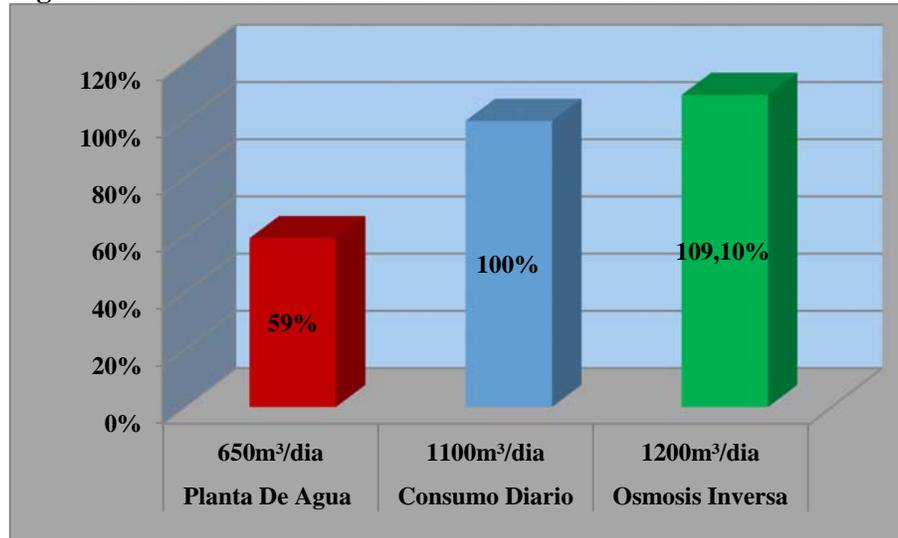
La planta es muy confiable en cuanto a seguridad se refiere, por cuanto posee con tecnología de punta, para registrar en tiempo real cualquier avería ya sea mecánico o humano, así mismo por encontrarse dentro de contenedores no hay peligro hacia el operador en cuanto a ruido o daño de alguna línea de alta presión, tiene un sistema contra incendio automatizado dentro de cada contenedor para evitar que por algún conato de incendio el operador tenga que ingresar al mismo, por lo tanto cumple con las normas ISO 9001y OSHAS 18001.

### **3.12 Balance de la Planta Anterior en Relación a la Nueva Planta.**

Para determinar la fiabilidad de la Ósmosis se presenta el balance comparativo por medio de gráficos en relación a la planta Aiton Derby, planta actual en refinería, con la nueva planta propuesta, con lo que se constata que la nueva planta brinda un porcentaje mayor de agua desalinizada que la que normalmente se necesita, por lo tanto se mejora la producción diaria y como oportunidad el margen de 400m<sup>3</sup>/día para futuras necesidades de la Refinería La Libertad. Marcando una fortaleza para que esta empresa no tenga que realizar otra inversión, sino que esta

planta abastezca la demanda actual y futura en tratamientos de agua no industrial, como ha ocurrido hasta ahora con Aguapen.

**Figura # 61 Balance de la Planta Anterior en Relación a la Nueva.**



Fuente: Información Directa.  
Autor: Luis Vélez Rizo.

### **3.13 Optimización del sistema de producción con la utilización de la nueva planta de agua.**

Como se determinó en el punto 3.11 la nueva instalación generará ahorros considerables a la empresa ya que garantiza no solo el agua para consumo industrial sino también para las áreas administrativas y de servicio. Además los costos por mantenimiento están garantizados en el primer año y por lo tanto no genera ningún costo adicional después del segundo. Dejando atrás los paros emergentes de la planta Aiton Derby por daños de tubos, bombas, trampas de vapor, condensadores y por daños e incrustaciones de sales, minerales y pequeñas especies marinas en los filtros. Que ocasionaban que el sistema productivo de la

empresa realice paros o ajustes en los procesos productivos ocasionando demoras en la entrega de los productos terminados para su comercialización.

Los altos costos promedios de las planillas de la empresa de agua Aguapén (\$22,600.00) y el costo de tratamiento (\$12,400.00), los cuales quedarían relégalos, con la nueva implementación.

La plana de Ósmosis Inversa es la alternativa que necesita esta empresa para solucionar sus problemas de entrega de líquido industrial para la generación de vapor en calderas, sistema de enfriamiento, sistema de intercambiadores de calor, sistema de lavado del crudo, sistema contra incendio, sistema de generación eléctrica, preparación de químicos, reforestación, área administrativa entre otros.

La planta de osmosis inversa tiene una capacidad nominal de 1500m<sup>3</sup>/día y una capacidad de operación con caudal de 1.200 m<sup>3</sup>/día, con una salinidad menor de 5 ppm y funcionamiento continuo las 24 horas del día, que garantiza el consumo de agua desalinizada y a su vez se encuentra dentro de los estándares de calidad para su uso industrial.

## CAPÍTULO IV.

### ESTUDIO ECONÓMICO Y FINANCIERO DE LA PROPUESTA.

#### 4.1 Inversión Total.

En esta parte de la tesis se analizará la inversión que se realizará para la adquisición de la propuesta del estudio técnico para la implementación de una planta de ósmosis inversa, que transformará el agua salada en desalinizada y optimizará el volumen de agua en el proceso productivo de la Refinería La Libertad, cuya inversión total tiene un valor de \$1.450.000,00 como muestra la tabla #10.

**Tabla # 11 Inversión Total.**

INVERSION TOTAL		
DETALLE	COSTO	PORCENTAJES
INVERSION FIJA	\$ 1.320.000,00	91,03%
CAPITAL DE TRABAJO	\$ 130.000,00	8,97%
<b>INVERSION TOTAL</b>	<b>\$ 1.450.000,00</b>	<b>100%</b>

Fuente: Información Directa.  
Autor: Luis Vélez Rizo.

#### 4.2 Inversión Fija y Capital de Trabajo.

En ese punto se detalla la inversión que realizará la empresa y los costos operativos para la implementación de la planta de ósmosis inversa, con sistema de biofiltros que es el que va a permitir captar los sólidos disueltos de mayor tamaño y capacidad nominal de 1500 m<sup>3</sup>/día, la inversión fija asciende a \$1.320.000,00 como muestra la tabla #12.

**Tabla # 12 Inversión Fija.**

INVERSION FIJA		
DETALLE	CANTIDAD	COSTO TOTAL
OSMOSIS INVERSA	1	\$ 1.200.000,00
BIOFILTROS	1	\$ 120.000,00
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 1.320.000,00</b>

Fuente: Información Directa.  
Autor: Luis Vélez Rizo.

La tabla # 13 muestra los costos operativos o capital de trabajo que se genera por la instalación del nuevo sistema de tratamiento de agua desmineralizada (RO) donde el sistema eléctrico y automático generan un solo gasto para la implementación, así mismo se detalla que se realizará una capacitación y entrenamiento para el personal que tendrá a su cargo la operación puesta en marcha y mantenimiento de la osmosis inversa, cuyo capital total del trabajo es de \$130.000,00 (ver tabla), donde la capacitación será teórica y práctica tendrá una duración de 120 horas las cuales están divididas de la siguiente manera:

- Semana 1 (40 horas): Conocimiento teórico y diagramas de la planta.

- Semana 2 (40 horas): Operación y tratamiento del sistema de ósmosis.
- Semana 3 (40 horas): Mantenimiento y puesta en marcha del nuevo sistema.

**Tabla # 13 Capital De Trabajo.**

CAPITAL DE TRABAJO		
DETALLE	CANTIDAD	COSTO TOTAL
SIS. ELECTRICO	1	\$ 53.000,00
SIS. CONTROL AUTOMATICO	1	\$ 64.000,00
CAPACITACION Y ENTRENAMIENTO	(15 PERSONAS)	\$ 13.000,00
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 130.000,00</b>

Fuente: Información Directa.  
 Autor: Luis Vélez Rizo

#### **4.3 Financiamiento.**

La propuesta será financiada a través de la partida presupuestaria del área de facilidad de refinación. La inversión total se presenta en la Tabla#11, se financiará el 100 % a través de un crédito en la C.F.N. (Corporación Financiera Nacional) con el valor de \$1,450,000.00, la tasa de interés anual es del 6.5 % el cual se pagará a 48 meses.

Los montos asignados para pago a la empresa Aguapen son de \$22,600.00 y el costo de tratamiento de esta agua para Refinería La Libertad es de \$12,400.00 cuyo total suman \$35,000.00 mensuales, considerando que el valor total del préstamo no se puede realizar en un solo descuento ya que testa el presupuesto

anual de la empresa por dicho motivo se realiza el préstamo para la obtención de la ósmosis inversa.

La amortización para el Pago Mensual es de \$34,386.68 sobre 48 meses.

A continuación, se muestra el cuadro de amortización para el pago del préstamo en el primer año donde se detalla que se pagará \$412.640,18 por la obligación de los cuales se cancelará por interés un valor de \$84.591,26 y del préstamo se abonará \$328.048,92 ver tabla #14.

**Tabla # 14 Tabla De Amortización Año 1**

<b>Mes</b>	<b>Intereses a pagar</b>	<b>Abono a capital</b>	<b>Saldo Obligación</b>
1	\$7,854.17	\$26,532.52	\$1,423,467.48
2	\$7,710.45	\$26,676.23	\$1,396,791.25
3	\$7,565.95	\$26,820.73	\$1,369,970.52
4	\$7,420.67	\$26,966.01	\$1,343,004.51
5	\$7,274.61	\$27,112.07	\$1,315,892.44
6	\$7,127.75	\$27,258.93	\$1,288,633.51
7	\$6,980.10	\$27,406.58	\$1,261,226.93
8	\$6,831.65	\$27,555.04	\$1,233,671.89
9	\$6,682.39	\$27,704.29	\$1,205,967.60
10	\$6,532.32	\$27,854.36	\$1,178,113.24
11	\$6,381.45	\$28,005.24	\$1,150,108.01
12	\$6,229.75	\$28,156.93	\$1,121,951.08

Fuente: Información Directa

Autor: Luis Vélez Rizo

Se muestra el cuadro de amortización para el pago del préstamo en el segundo año donde se detalla que se pagará \$412.640,18 por la obligación de los cuales se cancelará por interés un valor de \$62.621,21 y del préstamo se abonará \$350.018,97 ver tabla #15.

**Tabla # 15 Tabla De Amortización Año 2**

<b>Mes</b>	<b>Intereses a pagar</b>	<b>Abono a capital</b>	<b>Saldo Obligación</b>
13	\$6,077.23	\$28,309.45	\$1,093,641.63
14	\$5,923.89	\$28,462.79	\$1,065,178.84
15	\$5,769.72	\$28,616.96	\$1,036,561.88
16	\$5,614.71	\$28,771.97	\$1,007,789.90
17	\$5,458.86	\$28,927.82	\$978,862.08
18	\$5,302.17	\$29,084.51	\$949,777.57
19	\$5,144.63	\$29,242.05	\$920,535.52
20	\$4,986.23	\$29,400.45	\$891,135.07
21	\$4,826.98	\$29,559.70	\$861,575.37
22	\$4,666.87	\$29,719.82	\$831,855.56
23	\$4,505.88	\$29,880.80	\$801,974.76
24	\$4,344.03	\$30,042.65	\$771,932.11

Fuente: Información Directa  
 Autor: Luis Vélez Rizo

Se muestra el cuadro de amortización para el pago del préstamo en el tercer año donde se detalla que se pagará \$412.640,18 por la obligación de los cuales se cancelará por interés un valor de \$39.179,79 y del préstamo se abonará \$373.460,39 ver tabla #16.

**Tabla # 16 Tabla De Amortización Año 3**

<b>Mes</b>	<b>Intereses a pagar</b>	<b>Abono a capital</b>	<b>Saldo Obligación</b>
25	\$4,181.30	\$30,205.38	\$741,726.72
26	\$4,017.69	\$30,369.00	\$711,357.73
27	\$3,853.19	\$30,533.49	\$680,824.24
28	\$3,687.80	\$30,698.88	\$650,125.35
29	\$3,521.51	\$30,865.17	\$619,260.18
30	\$3,354.33	\$31,032.36	\$588,227.83
31	\$3,186.23	\$31,200.45	\$557,027.38
32	\$3,017.23	\$31,369.45	\$525,657.93
33	\$2,847.31	\$31,539.37	\$494,118.56
34	\$2,676.48	\$31,710.21	\$462,408.35
35	\$2,504.71	\$31,881.97	\$430,526.38
36	\$2,332.02	\$32,054.66	\$398,471.72

Fuente: Información Directa.  
 Autor: Luis Vélez Rizo.

Se muestra el cuadro de amortización para el pago del préstamo en el cuarto año donde se detalla que se pagará \$412.640,18 por la obligación de los cuales se cancelará por interés un valor de \$14.168,46 y del préstamo se abonará \$398.471,72 ver tabla #17.

**Tabla # 17 Tabla De Amortización Año 4**

<b>Mes</b>	<b>Intereses a pagar</b>	<b>Abono a capital</b>	<b>Saldo Obligación</b>
37	\$2,158.39	\$32,228.29	\$366,243.43
38	\$1,983.82	\$32,402.86	\$333,840.56
39	\$1,808.30	\$32,578.38	\$301,262.19
40	\$1,631.84	\$32,754.84	\$268,507.34
41	\$1,454.41	\$32,932.27	\$235,575.07
42	\$1,276.03	\$33,110.65	\$202,464.42
43	\$1,096.68	\$33,290.00	\$169,174.42
44	\$916.36	\$33,470.32	\$135,704.10
45	\$735.06	\$33,651.62	\$102,052.49
46	\$552.78	\$33,833.90	\$68,218.59
47	\$369.52	\$34,017.16	\$34,201.42
48	\$185.26	\$34,201.42	\$-0.00

Fuente: Información Directa.  
 Autor: Luis Vélez Rizo.

#### 4.4 Análisis Costo – Beneficio.

En la tabla #18 se establece el valor de \$1,67 por metro cubico que es el precio del agua que provee la Empresa Pública Aguapen Santa Elena a Eppetroecuador, y se observa un costo de \$0,92 como valor adicional por el tratamiento que se da al agua para desmineralizarla lo que genera un costo total de \$2,59, para luego ser entregado a las distintas utilidades de Refinería La Libertad.

**Tabla # 18 Costo Agua Desalinizada**

<b>Costo De Agua Desalinizada</b>	
<b>Detalle</b>	<b>Costo</b>
Aguapen m <sup>3</sup>	\$ 1,67
Tratamiento m <sup>3</sup>	\$ 0,92
<b>Costo Total m<sup>3</sup></b>	<b>\$ 2,59</b>

Fuente: Información Directa.  
Autor: Luis Vélez Rizo.

En la siguiente tabla #19 se observa que los costos operativos por el tratamiento de agua de mar de la ósmosis inversa es de \$1,14, y un valor de \$0,64 por cada Kw/m<sup>3</sup> que es el valor generado por el consumo de energía. En esta tabla el costo total es de \$1,78.

**Tabla # 19 Costo Agua Desalinizada R.O.**

<b>Costo De Agua Desalinizada en RO</b>	
<b>Detalle</b>	<b>Costo</b>
RO m <sup>3</sup> (2 etapas)	\$ 1,14
Kw/ m <sup>3</sup> (2 etapas)	\$ 0,64
<b>Costo Total m<sup>3</sup></b>	<b>\$ 1,78</b>

Fuente: Información Directa.  
Autor: Luis Vélez Rizo.

Para determinar el costo beneficio del tratamiento de agua de la RO se planteó la relación entre los costos de agua desalinizada de aguapen sobre el costo del agua tratada de la ósmosis inversa.

$$\text{Costo Beneficio} = \frac{\$ 2,59}{\$ 1,78} = 1,46$$

**Costo Beneficio = 1,46**

Con la consideración que todo proyecto para ser rentable, el costo beneficio debe ser mayor a 1. Se han considerado los costos de las tablas #18 y #19 y se concluye como muestra la fórmula que el costo beneficio es de **1,46**. Cumpliendo así los parámetros de todo proyecto beneficioso para la empresa donde además se muestran los costos adicionales para tratar un agua externa no obtenida en la empresa.

#### **4.5 Tiempo de la Implementación.**

En esta parte del estudio técnico para la implementación de la planta de ósmosis inversa se ha utilizado un diagrama de Gantt de Microsoft Project como muestra la figura # 62.

En el diagrama de Gantt muestra como fecha de inicio desde la aprobación del crédito el día 4 de abril y en la primera semana la compra de la planta de ósmosis

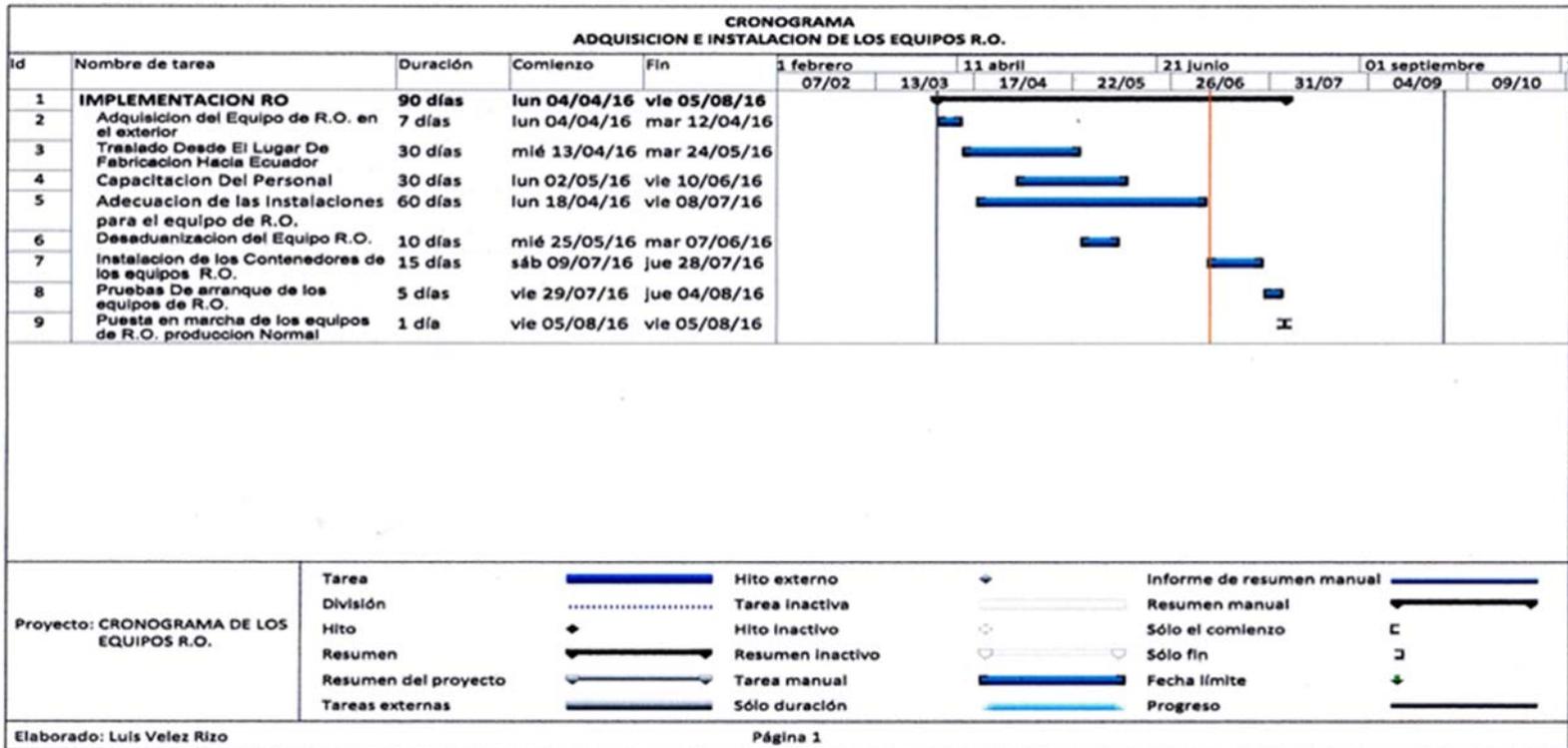
inversa de procedencia española. En el transcurso de los siguientes treinta días se procederá al traslado desde España a Ecuador, aprovechando ese tiempo se realizarán los trabajos de adecuación del área donde será instalada los contenedores de la RO 60 días.

En esta etapa del proyecto se ha considerado aprovechar este tiempo de traslado para realizar la capacitación del personal técnico operativo, que tendrá una duración de treinta días. Una vez que llegan los equipos al país tendrán que pasar por una etapa de desaduanización la cual tiene una duración de diez días, para luego ser trasladada desde la aduana hasta las instalaciones de la Refinería La Libertad.

Terminada la etapa de adecuación se procederá a la instalación de los contenedores de la R.O. que tendrá una duración de quince días, finalizada esta etapa empezarán las pruebas de arranque y calibración de la planta desalinizadora que tendrá una duración de cinco días, pasada todas estas pruebas y la planta en funcionamiento normal, se procederá a enviar la producción de la R.O. a los reservorios de Refinería La Libertad.

Sumado todos estos tiempos desde su adquisición hasta su funcionamiento normal tendrá una duración de noventa días que podemos observar en el diagrama de Gantt en la figura #62.

Figura # 62 Cronograma De Instalación De La R.O.



Fuente: Información Directa.  
 Autor: Luis Vélez Rizo.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones.

1.- De los antecedentes de Refinería La Libertad como centro de abastecimiento de derivados para las zonas sur, suroccidente, central y región insular del Ecuador, se ha determinado que es una de las empresas de industrialización más importantes del país. La situación actual de esta empresa muestra como fortaleza los productos específicos derivados que procesan como los solventes de Rubbert, Mineral y Spray Oil productos muy importantes para las zonas del austro y costeras.

2.- De las observaciones realizadas se ha determinado que el sistema de desmineralización de la actual planta Aiton Derbi ha cumplido su tiempo de operación, y su capacidad operativa es inferior a la demanda de agua desalinizada, más los costos elevados por mantenimientos y daños en equipos, agregados a la discontinuidad de repuestos generan retrasos y pérdidas en los procesos productivos de la Refinería La Libertad.

3.- Del Estudio Técnico de implementación realizado y las capacitaciones al personal técnico operativo permitirá alcanzar la eficiencia y optimización de la nueva planta de tratamiento de agua desalinizada, cumpliendo con las metas de la empresa. Los volúmenes de agua desmineralizada se cumplirán con los estándares de calidad, manteniendo su capacidad nominal para futuras repotenciones de la empresa.

4.-Para lograr la factibilidad de este estudio se deberá realizar una inversión de \$1'450.000,00 la cual se recuperará al cuarto año de la implementación ya que se determinó que el costo beneficio es de 1,46 estos valores económicos manifiestan la factibilidad de la inversión. En el nuevo sistema de ósmosis inversa se incrementará el 100% de su producción actual.

## **5.2 Recomendaciones.**

1.- Refinaría La Libertad como centro de abastecimiento de derivados para las zonas sur, suroccidente, central y región insular del Ecuador, y seguir siendo una de las empresas de industrialización más importantes del país debe mantenerse al día con la tecnología y así poder mantener los estándares de calidad.

2.- Tratar de que el consumo de la empresa Aguapen sea en áreas administrativas y sistemas de riego ya que para estos no necesitan tratamientos químicos y así el volumen de agua desalinizada faltante será menor y al igual que su costo de tratamiento.

3.- Implementar la planta de ósmosis inversa de procedencia española tomando en consideración el estudio realizado en la propuesta del capítulo III, tomando en cuenta al realizar la instalación del sistema de biofiltros, sistema eléctrico y los reservorios lo estipulado en los manuales de procedimiento y operación de los nuevos equipos.

4.- Dentro del estudio económico se considera la realización de un préstamo el cual cubrirá el costo total y las capacitaciones tanto para el personal técnico operativo, supervisores y coordinadores con el fin de garantizar la operación y nuevas tecnologías en lo que a tratamiento de la planta de ósmosis se refiere.

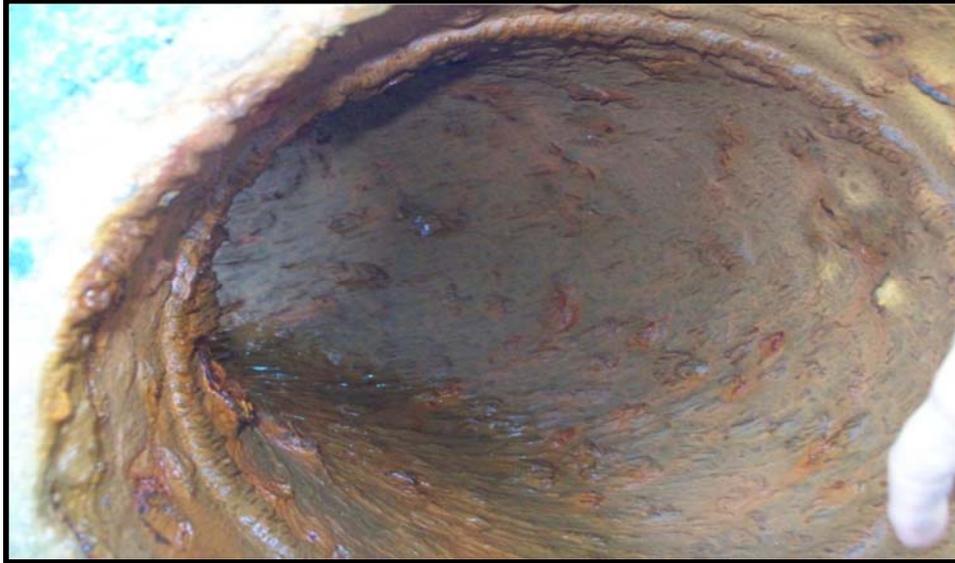
## BIBLIOGRAFÍA

- American Boiler Manufacturers Association (ABMA), (1995), Agua para calderas, Virginia, Oikus.
  
- BIBLIOTECA DE PETROCAPACITACIÓN, (1978). Concepto de Refinación, Quito, Institucional.
  
- BIBLIOTECA DE PETROCAPACITACIÓN, (2000). Tecnología de Petróleo, Quito, Institucional.
  
- Cuaderno del de registros de la R.L.L., (1972), Funcionamiento y producción de la Planta de Agua de la R.L.L., Quito, Institucional.
  
- Curso Tyro Realizado en Refinería La libertad 2015.
  
- EP Petroecuador (2000) Refinería La Libertad. Recuperado 17 de julio de 20012.
  
- <http://www.eppetroecuador.ec/idc/groups/public/documents>
  
- López Geta, J.A.; Mejías Moreno, (2000). Las aguas salobres. Una alternativa al abastecimiento en regiones semiáridas. Los acuíferos costeros y las desoladoras. New York, Almería.

- Manual de operaciones de la Planta de agua de La Libertad, (1977), Funcionamiento de la Planta de Agua, Quito, Institucional.
- MARTIN, J.J, (1997). Tratamiento de Aguas “Curso de Consultoría Medio Ambiente”, España, Bullent.
- OSCAR BARRACCHINI MOREN, (2008). La desalinización del agua, Teoría, técnica y procedimientos para obtener un recurso vital para sociedad contemporánea, Madrid, Grup Lobher.
- Plantation & co. ltd, (1970), Operating and maintenance instructions for water desalination. England, Dorling Kindersley Ltd.

## ANEXOS

**Anexo # 1 Pared interna de un tubo de condensa lleno de corrosión y de incrustaciones.**



Fuente: Información Directa.  
Autor: Luis Vélez Rizo.

**Anexo # 2 Filtros de acero inoxidable de 24".**



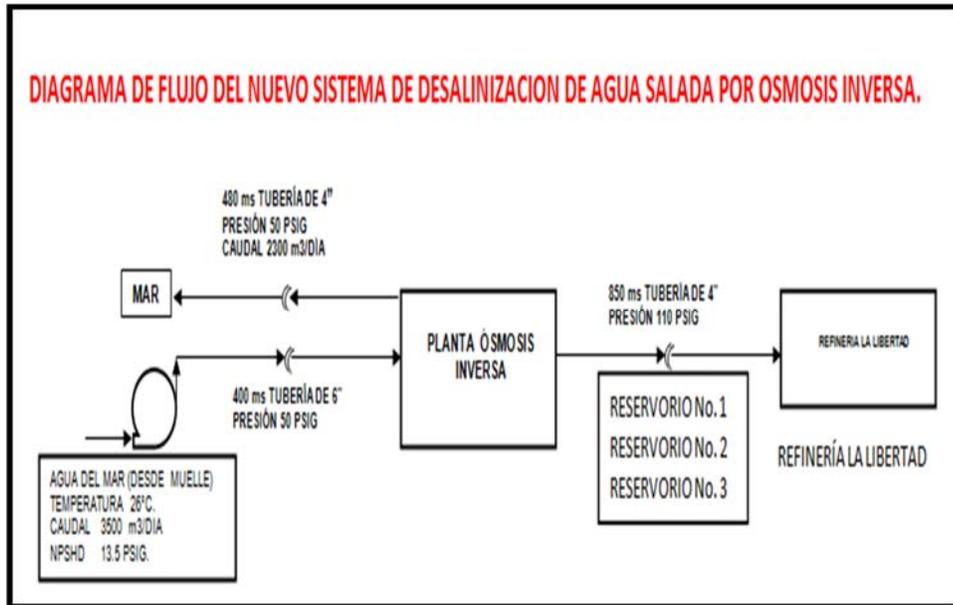
Fuente: Información Directa.  
Autor: Luis Vélez Rizo.

### Anexo # 3 Filtros Llenos De algas



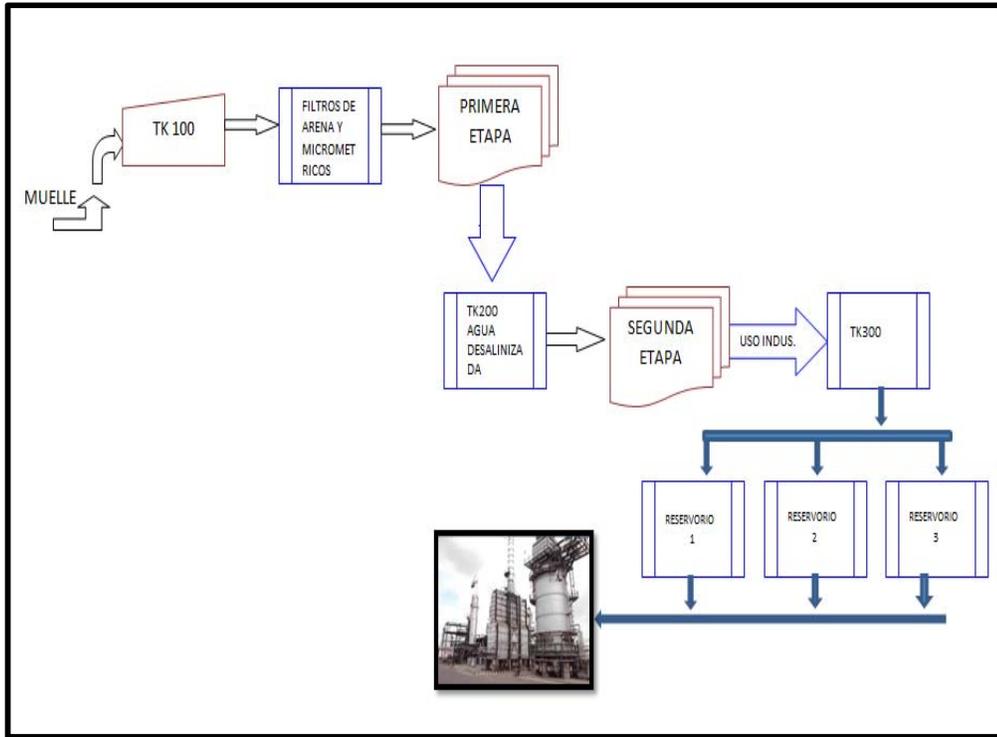
Fuente: Información Directa.  
Autor: Luis Vélez Rizo.

### Anexo # 4 Diagrama De Flujo Del Nuevo Sistema De Desalinización Propuesto.



Fuente: Información Directa.  
Autor: Luis Vélez Rizo.

**Anexo # 5 Diagrama de Operaciones de la Planta Propuesta.**



Fuente: Información Directa.  
Autor: Luis Vélez Rizo.