

# UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



"PROYECTO DE MEJORA Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE ALTA PRESIÓN DE AGUA DESTINADO A LA LIMPIEZA DE UNA PLANTA CERVECERA"

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado: Duz y o ho (18) Ptos.

JURADO EXAMINADOR

FIRMA:

NOMBRE:

NIGUAL BOGOGTUBLY

FIRMALEU as M.

Pedio Cadevas

FIRMA:

HINNY GASPARIN T

REALIZADO POR

ALEJANDRO G., Maria Dolores

PROFESOR GUÍA

Ing. Nicolás Bogoljubsky K.

**FECHA** 

OCTUBRE, del 2001

# # 2.2 Seguindento Red de Tuberie TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	20
	vii
INDICE DE TABLAS INDICE DE FIGURAS	X
IL2.4.3 Manguaras	-
CAPITULO I- DESARROLLO	
I.1 RESEÑA HISTÓRICA DE LA EMPRESA	
INTRODUCCIÓN TABLA DE CONTENIDO INDICE DE TABLAS INDICE DE FIGURAS  CAPÍTULO I- DESARROLLO	3
1.2 PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO DEL SISTEMA DE ALTA PRESIÓN	4
L2 2 Objetivos	4
1.2.3 Antecedentes	6
I.2.4 Alcances y Limitaciones	7
I.2.5 Marco Metodológico	8
	12
I.3.1 Sistemas de Limpieza	12
I.3.2 El Agua y los Fluidos	12
I.3.3 Hidráulica	13
I.3.4 Sistemas de Alta Presión de agua	15
CAPITULO II- SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE ALTA PRESIÓN	16
II.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ALTA PRESIÓN ORIGINAL	16
II.1.4 Utilización de Alta Presión por Zona en Planta	18
II.2 EVALUACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL	19
II.2.1 Levantamiento de Información Técnica	19

Este Jura

BOUTY.

II.2.2 Seguimiento Red de Tuberías	20
II.2.3 Seguimiento del Sistema de Bombeo del Sistema de Alta Presión	
II.2.3.1 Sistemas de Control del Sistema de Bombeo	20
II.2.4 Características de los Puntos de Limpieza	21
II 2 4 1 Picos de Limpieza	21
II.2.4.2 Boquillas	22
II.2.4.3 Mangueras	22
II.2.4.4 Válvulas	22
II.3 PERFIL DEL SISTEMA ACTUAL DE ALTA PRESIÓN	22
II.3.1 Pérdidas en la Red	22
II.3.1.1 Eficiencia de la Bomba	23
II.3.2 Caudales de Trabajo	
II.3.2.1 Medición Experimental	23
II.3.2.2 Análisis de los Caudales experimentales de Trabajo	
II.3.2.3 Discusión de resultados del Estudio de Caudales de Trabajo	
CAPÍTULO III-IDENTIFICACIÓN DE FALLAS DEL SISTEMA ACTUAL	27
III.1 DIAGRAMA CAUSA EFECTO	27
III.2 IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS RAICES	33
III.3 SOLUCIONES PROPUESTAS PARA LAS CAUSAS RAICES	35
CAPÍTULO IV- MEJORAS DE LAS FALLAS	37
IV.1 ACCIONES INMEDIATAS A CORTO PLAZO	37
IV.1.1 Radios de Acción de Mangueras	
IV.1.2 Costos de Acciones inmediatas y Mantenimiento	38
IV.1.3 Análisis de Resultados de los Cambios y Modificaciones Implantadas	
IV.2 ACCIONES PROPUESTAS A LARGO PLAZO	40
IV.2.1 Acciones en el Sistema de Bombeo	
IV.2.2 Acciones en la Red de Tuberías y Componentes	41

AGRA

AJBAT

CARIT

LT RES

12 PL
12.1
12.2
12.2
12.3
12.4
12.4

LO MAI LOLE LOLE LOLE LOLE LOLE

CAPIT

ILA DE ILAZ ILAZ ILAZ ILAZ

ILZ EVE

ILZ.I

	5
CAPÍTULO V- REDISEÑO DEL SISTEMA DE ALTA PRESIÓN DE AGUA	42
V.1 REDISEÑO DE LA RED DE TUBERÍAS Y ADUCCIÓN	42
V.1.1 Bases del Rediseño	42
V.1.2 Propuestas de la Red de Tuberías	42
V.1.2.1 Toma de Decisión sobre la Propuesta más Viable	43
V.2 CARACTERÍSTICAS Y DETALLE DE LA RED PROPUESTA SELECCIONADA	44
V.2.1 Características de los Componentes para las Tomas	45
V.3 SISTEMA DE BOMBEO PROPUESTO	
V.3.1 Bombas Del Rediseño	
V.3.1.1 Arreglo de Bombas en Paralelo	
V.3.2 Bases del Diseño de Bombas	
V.3.2.1 NPSH	
V.3.2.2 Línea de Succión y Descarga	
V.3.3 Caudales de Trabajo y Dimensiones del Sistema	48
V.3.4 Determinación de Caudales	
V.3.5 Puntos de Operación de Trabajo de las Bombas en Paralelo	51
V.4 DESARROLLO PRELIMINAR DE UN PLAN DE OPERACIÓN Y LIMPIEZA	
V.4.1 Propuesta de Operación	
V.4.2 Propuesta de Mantenimiento	54
CAPÍTULO VI- RESULTADOS DEL PROYECTO	56
VI.1 SIMULACIÓN DEL REDISEÑO	
VI.1.1 Simulación del rediseño Bombas Actuales	56
VI.2 IMPLANTACIÓN DEL REDISEÑO	
VI.2.1 Adiestramiento	
VI.2.2 Mejoras Alcanzadas con el Rediseño	59
VI.3 IDENTIFICACIÓN DE MEJORAS EN LAS ETAPAS DEL PROYECTO	60
VI.4 SIMULACIÓN PARA DESARROLLO DE MEJORAS FUTURAS	61

11,2,2 11,2,3 11,2

11.24

11.2

II,3 PEI

N3.1 U3.2 U.3.2 U.3 U.3

CAPITE

11.1 DIS

BOILTINE

DS 6.111

CAPITE

IV.1.AC

LA.VI

IV.2.40 IV.2.1 IV.2.5

VI.4.1 Propuesta de Bombas para el Rediseño	62
VI.4.1 Propuesta de Bollibas para el Redisello	-
CAPÍTULO VII-ANÁLISIS Y EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO	64
VII.1 ESTUDIO DE COSTOS DEL PROYECTO	64
VII.1.1 Evaluación de Propuestas 1 y 2	
VII.1.2 Costos del Proyecto Final	64
VII.1.3 Aprobación del Presupuesto	65
VII.1.3.1 Presupuesto Propuesto para la instalación de las válvulas y mangueras	
VII.2 EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL SISTEMA DE ALTA PRESIÓN	66
VII.3 RENTABILIDAD DEL PROYECTO	66
VII.3.1 Indicadores de Rentabilidad	66
VII.3.1.1 Período de Recuperación	67
VII.3.1.2 Valor Presente Neto	67
VII.4 JUSTIFICACIÓN	68
CAPITULO VIII- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	69
VIII.1 CONCLUSIONES	69
VIII.2 RECOMENDACIONES	72
GLOSARIO	74
BIBLIOGRAFÍA	77

CAPITUE

V.1 REDI V.1.1 P V.1.2 E V.1.2

V.2 CAR

7,3 SIST 7,3,1 E 7,3,1

V.3.2 E V.3.3 V.3.3 C V.3.4

V.4 DES

CAPITU

VI.1 SIM

BAN

VI.2 IMP

VI.2.2

VI.3 IDE

VL4 SIM

V.4.2



#### INDICE DE TABLAS

PARTY

CAPITU

VIL1 ES

VII.d.a

inv

VESTIV

IR GHV

IL KIIV

CAPITU

VIII. O

VIII.2 IN

GLOSA

BIBLIO

NIS.

TABLA N°1. RESULTADOS DE PÉRDIDAS EN LOS PUNTOS MÁS CRÍTICOS	22
TABLA N°2. CAUDAL REQUERIDO POR LÍNEAS SUPLIDAS POR LA BOMBA UNO (1)	24
TABLA N°3. CAUDAL REQUERIDO POR LÍNEAS SUPLIDAS POR LA BOMBA DOS (2)	24
TABLA N°4. TABLA DE COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO	38
TABLA N°5. BENEFICIOS DE MODIFICACIONES A CORTO PLAZO	38
TABLA N°6. FORTALEZAS Y DEBILIDADES DE LAS REDES PROPUESTAS	43
TABLA N°7. CÁLCULO DE REQUERIMIENTOS DE CAUDAL	
TABLA N°8. REQUERIMIENTOS DE LIMPIEZA ALTA PRESIÓN	
TABLA Nº9. CÁLCULOS ALTURA DE ENERGÍA SISTEMA	51
TABLA Nº 11. RESULTADOS SIMULACIÓN DEL REDISEÑO	
TABLA N°10. COMPARACIÓN ENTRE LAS ETAPAS DEL PROYECTO	60
TABLA Nº 12. RESULTADOS SIMULACIÓN DEL REDISEÑO	61
TABLA N° 13. RESUMEN PRESUPUESTO FINAL	65
TABLA N°14. COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO	66
TABLA N°15. PERIODO DE RECUPERACIÓN	- 67

# INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°1. "ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA"	3
FIGURA N°2. "METODOLOGÍA DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN	
FIGURA N°3. "METODOLOGÍA DE MEDICIÓN DE CAUDALES Y ANÁLISIS"	9
FIGURA Nº4. "METODOLOGÍA DEL REDISEÑO Y ANÁLISIS ECONÓMICO"	
FIGURA N°5. "COMPONENTES DE LOS PUNTOS DE LIMPIEZA"	21
FIGURA N°6. "DIAGRAMA CAUSA EFECTO"	
FIGURA N°7. "RAMIFICACIÓN CAUSA (A)"	28
FIGURA N°8. "RAMIFICACIÓN CAUSA (B)"	29
FIGURA N°9. "RAMIFICACIÓN CAUSA (C)"	
FIGURA N°10. "RAMIFICACIÓN CAUSA (D)"	31
FIGURA N°11. "RAMIFICACIÓN CAUSA (E)"	32
FIGURA N°12. "CAUSAS DE FALLAS EN LAS LIMPIEZAS"	35
FIGURA N°13. "SOPORTE Y UBICACIÓN DE REDES PROPUESTAS"	
FIGURA Nº 14. RESULTADOS DE EQUIPOS DE BOMBEO SIMULACIÓN	
FIGURA N°15. "PERÍODO DE RECUPERACIÓN"	

TABLA N

.



#### **AGRADECIMIENTO**

Cuando se empieza un proyecto muchas son las herramientas con las que se debe contar para llevarlo a cabo, se pueden tener las mejores herramientas pero sin el apoyo y ayuda de una mano amiga nada sería posible. En cada fibra de mi ser y de mi tesis queda autografiado el nombre de todas aquellas personas que hoy hicieron posible este sueño, gracias por agregarle el ingrediente final a mi proyecto el amor y cariño sin los cuales no hubiese sido posible. Hoy en este agradecimiento quiero decir la verdad con la suavidad de la templanza asumir un reto en el presente por una realidad mejor para el futuro, aprender, recibir y dar a cada uno de ustedes que dejaron plasmado en mi trabajo y en mi corazón que mis esfuerzos sin la guía y apoyo de quienes guardo en mi mente fue clave para alcanzar mi trabajo especial de grado. Gracias.....

A una Gran empresa, Cervecería Polar los Cortijos por enseñarme que el trabajo en equipo, la responsabilidad y el espíritu de excelencia deben acompañar siempre a los grandes proyectos, a todos los ingenieros y supervisores que me apoyaron e hicieron posible la realización del proyecto. Especialmente a la Ing. Rosalba Lorenzo por transmitirme esa confianza y espíritu de superación , a Odoardo y a Cadul por ser grandes guías y amigos. A Edgar Ramos: gracias por tu mano amiga, por tu constante espíritu de lucha y por enseñarme a trabajar en áreas que nunca hubiese aprendido con un libro, de verdad fuiste mi apoyo y guía, si hoy se culmina un gran proyecto es porque tras el había grandes personas como tù, mucho te lo debo a tì.

A mi tutor Ing. Nicolás Bogoljubsky por brindarme esta gran oportunidad de crecer profesionalmente y de ver hecho realidad este proyecto, gracias por hacer posible desarrollarme en un proyecto tan ambicioso como este depositando siempre tu confianza en mì.

Tengo que mencionar a una gran casa de estudio la UCAB, màs que mi Universidad mi segundo hogar, allì aprendì todos los valores y herramientas que me permitieron desarrollarme en el campo profesional no solo con los mejores conocimientos adquiridos sino por la formación integral y calidad humana que la UCAB deja grabado en cada uno de sus estudiantes. En este caso en especial quiero agradecer a el Ing. Vicente Napolitano, amigo, director y guía, haciéndome ver que siempre nos debemos enfrentar a los retos. Gracias Padrino.



Ahora hago espacio para una persona superespecial, al Ing. Eduardo Salazar, desde el fondo de mi corazón tengo que decirte que fuiste para mí mi tutor académico, mi gran amigo, mi guía, sin tus consejos este trabajo hoy no sería lo que es, gracias por tu paciencia y por las horas dedicadas a mi proyecto, simplemente gracias por auxiliarme en los momentos más difíciles, por ser mi gran amigo y ayudarme incondicionalmente.

Si hoy en dia culmino mi trabajo de grado no solo es por pertenecer a una gran universidad que me enseño a ser buen Ingeniero sino también a otra gran institución a la que pertenezco que me enseño a trabajar en equipo, a luchar por las metas y a que los retos se pueden superar siempre que estemos dispuestos a ello, este es mi grupo de Danza Semente Nova a quien le debo mis horas de relax y la parte artística que llevo en mì. En los momentos difíciles ustedes fueron mi escapatoria y el medio para equilibrar mi esfuerzo de trabajo y mi parte màs humana, darme apoyo de equipo, ustedes me enseñaron a trabajar como ello, todos ustedes amigos dia a dia no solo me ayudaron a mantener la calma y liberar tensiones sino a reir, llorar y disfrutar de cada momento ante los duros momentos de mi proyecto. Se acuerdan todo està en la mente. Especialmente a Nani, Pily, Beto, Maite y en especial a Luis, gracias por ponerle colores a mis dias, sin ti nada sería igual, sin duda tu apoyo me dio las fuerzas que necesitaba en los peores momentos....

Si la universidad fuè mi segundo hogar allì encontrè a mis segundos hermanos y amigos, por estar siempre dándonos ànimo, por alcanzar todos este reto juntos y por aprender a compartir momentos difíciles y no tanto, por compartir esos felices dias de desahogo en la universidad, en la playa, en Mérida y en cualquier sitio pero siempre brindándome su amor, nunca pensè encontrar tanta gente especial en un solo grupo.

A mi niño Javi, el número uno, no tengo palabras para decir lo que eres para mi, gracias por lo que fuiste estos años, por tus palabras de aliento y por siempre estar allí, te llevo en mi corazón..

Ahora se me encoge el corazòn porque debo mencionar a DEBORAH, mi amiga, mi hermana, mi alma gemela, mi otro yo, gracias nenita por estar siempre presente en los momentos màs difíciles y ayudarme a enfrentar las barreras de la vida, si bien es cierto que tuve que asumir este reto sola siempre tengo presente que en esas hora de desespero faltaba la otra parte de mi equipo tù, porque me enseñaste a ver el lado positivo de las



cosas y que aunque todo vaya mal siempre salíamos adelante riéndonos de la vida , gracias por estar en los buenos momentos, de verdad en las èpocas malas y buenas juntas todo parecia una fiesta y no tengo palabras para seguir describiendo lo que eres, mi otro yo, mi angelito de la guarda en estos 5 años pero simplemente eres una pequeñita persona pero con un corazón muy grande que dejó marcado en mi ser esa felicidad y alegría que siempre llevas contigo, hoy alcanzo esta meta y no sola porque mucho te lo debo a tì, gracias por estar a mi lado. A tu familia mamà Mary, papà Jose, Victor y Davicin, un beso grandisimo y mil gracias por ser mi otra familia y estar siempre a nuestro lado.

A Tere porque los grandes amigos son los que me apoyan en los peores momentos sin esperar nada a cambio, eres mi hermana y te quiero agradecer tu apoyo en todo momento, por escucharme cuando necesitaba desahogarme, por ayudarme a pasar barreras y momentos difíciles, simplemente gracias por ser lo que eres para mì.

Finalmente agradezco a mi familia que es lo más maravilloso del mundo, gracias por brindarme un hogar lleno de paz, amor, alegría y prosperidad, con ustedes todo es más. facil y cada día se convierte en un mar de ilusiones así todo es más facil, gracias por darme todos los medios para estar donde estoy espero retribuir todo ese esfuerzo porque si he dado lo mejor de mí es por ustedes. A ustedes dedico cada minuto de esfuerzo y cada logro que he alcanzado, gracias por tenerme tanta paciencia....

A mi hermano por enseñarme que la paciencia y la calma es lo màs dificil de aprender pero una de las cosas màs importantes, te admiro por tenerme tanta paciencia y ser el que aguanta mis rabietas, màs que mi hermano eres mi mejor amigo, mi guìa y modelo a seguir, no solo te quiero agradecer sino hacerte saber que gracias a tì pude superar los momentos màs difíciles de mi vida y que me enseñaste a ver que siempre hay una mueva esperanza y un nuevo mañana, hemos tenido la dicha de tener la mejor familia pero también yo he tenido la dicha de tener al mejor hermano, tu calma y tesón te hacen muy especial y esa paz me la has transmitido en los momentos que me han hecho falta...Te quiero.

Papà siempre he pensado hasta donde puede llegar la nobleza y grandeza de un hombre y siempre tù eres el limite, si alguna vèz me preguntasen que personaje seìa si fuese hombre, sin duda que serìas tu, siempre te he visto luchando por lo que quieres, trabajando por el bien de nuestra familia, enfrentando nuevos retos y haciéndonos llegar



cada vez màs alto, pero siempre contento aunque no faltaron los regaños, pero si hoy he logrado ser lo que soy es porque tù me lo has inyectado ese espiritu de responsabilidad y lucha, gracias por todos tus esfuerzos porque gracias a ellos hoy estoy donde estoy.

A mi mamà. Madre solo hay una, y como la mìa ninguna, detràs de una gran familia mamà siempre hay una gran mujer, si el ser madre fuese una carrera tu serìas sumacumlaude, nadiè te enseñò a hacerlo pero has sido la mejor, gracias por ser tan especial, regañona y paciente, gracias por enseñarme a vivir, a ser fuerte y a levantarme en las derrotas, gracias por estar presente en los duros dìas de trabajo siempre dándome ànimo y apoyarme en cada reto porque màs que mi mamà eres mi amiga. Me has enseñado lo mejor, cocinar, planchar, coser pero lo màs importante que me has enseñado es còmo ser persona y guìar una gran familia, sin duda he tenido la mejor profesora....

Cada hora de esfuerzo, cada momento de trabajo y lucha dejo hoy en este proyecto que desde lo más profundo de mi corazón se los hago llegar y se los dedico por hacerme parte de este mundo y darme las herramientas y el amor necesario por hoy ver alcanzado un sueño y alcanzar la cúspide, este logro es para ustedes, gracias ....

A Dios y a la Virgen por ser la guía de mis pasos.



#### SINOPSIS

El presente Trabajo Especial de Grado evalúa el estado actual del Sistema de Alta Presión para las limpiezas en la Planta de Envasado de Cervecería Polar Los Cortijos, con miras a proponer una mejora inmediata del sistema y una mejora a largo plazo que se adapte a las necesidades de la Planta de Envasado. El objetivo principal del proyecto es la reforma del sistema para disminuir las horas de limpieza y aumentar su eficacia.

A través de observación directa, entrevistas a los trabajadores se conoció el funcionamiento del sistema y se levanta la información que permite conocer el funcionamiento del sistema para la identificación de problemas a desarrollar, además se diseña el mismo con el propósito de facilitar el flujo de información en los procesos.

El desarrollo del proyecto requirió de una primera etapa de levantamiento de información e identificación de la operación y composición del sistema, así como evaluación de las limpiezas para detectar las fallas e irregularidades del mismo. Se usa como herramienta diagramas causa efecto para evaluar las causas raíces de los problemas y tomar acciones correctivas a corto plazo y conocer los tópicos a mejorar largo plazo.

Luego de analizar las causas de fallas en el sistema se realizaron las respectivas reparaciones que constituyen la mejora a corto plazo. Una vez evaluada la situación del sistema luego de esta etapa en búsqueda de mejorar más la situación se realizó el rediseño del mismo adaptándose a las necesidades de limpieza.

El rediseño abarcó tanto el diseño de la red de tuberías del sistema de limpieza como el sistema de bombeo atacando los problemas fundamentales detectados en el diagrama causa efecto. Al mismo tiempo se diseño un plan de operación y adiestramiento para adaptar al trabajador a las nuevas características del sistema. Se realiza la simulación del comportamiento del fluido en el rediseño desde dos puntos de vista, evaluación del resultado del rediseño y propuesta de mejora de los parámetros de trabajo.

El proyecto fue presentado a la Gerencia y aprobado en su totalidad en cuanto a propuesta pero el presupuesto disponible permitió la implantación del sistema de tuberías y un rediseño del sistema de bombeo, adaptándose a las bombas actuales. El trabajo de grado presente ofrece un conocimiento total del sistema de alta presión y la implantación de un rediseño con un plan de operación y mantenimiento.



# INTRODUCCIÓN

La ejecución del presente trabajo especial de grado se realizó en la Gerencia de Envasado de Cervecería Polar Los Cortijos, bajo la supervisión del Ing. Nicolás Bogoljubsky, Superintendente de Operaciones.

En toda industria de alimentos y bebidas la limpieza es uno de los procesos principales que agregan valor y calidad al producto. Entre los sistemas de limpieza de la planta de envasado: líneas de botellas y de latas, se encuentra el sistema de Alta Presión de agua que es utilizado para la limpieza de los equipos y vías de las líneas, en este sistema últimamente ha asistido a frecuentes irregularidades, lo cual lleva a la necesidad de levantar información y evaluar su funcionamiento con miras a mejorarlo.

El trabajo especial de grado integra dos etapas importantes para el Sistema actual de Alta Presión de Agua en Cervecería Polar los Cortijos, la primera de mejora y mantenimiento a corto plazo y la segunda de propuestas a largo plazo que abarca el desarrollo preliminar de un rediseño del sistema que buscan mejorar la limpieza de una planta cervecera.

Las fases del proyecto desarrollado pretenden alcanzar los grados de detalle compatibles con el plan de trabajo y el enfoque práctico omitiendo demostración de ecuaciones que sirven de base para el análisis de un sistema de tuberías, se prestará especial atención a satisfacer las necesidades de limpieza con un adecuado funcionamiento de los equipos, buen estado de los componentes, eficiencia del sistema de bombeo y coordinación de las actividades para disminuir las horas de limpieza en la Planta Cervecera.

Lo que pretende este trabajo especial de grado es, precisamente, mejorar y rediseñar el sistema de Alta Presión de agua destinado a la limpieza de la Planta Cervecera, dicho trabajo está enmarcado en ocho capítulos, en los tres primeros se identifica la situación del sistema inicial, detectando las fallas; los capítulos siguientes describen la etapa de rediseño y por último se hace un análisis y evaluación económica del proyecto con sus respectivas comparaciones, arrojando así las conclusiones y recomendaciones inherentes al proyecto.

En el primer capítulo se lleva a cabo una reseña histórica de la empresa y la planificación del trabajo especial de grado acompañado de un marco teórico.

En el segundo capítulo se muestra la situación actual del sistema de alta presión mostrando una descripción del mismo, evaluación y variables de operación.



En el tercer capítulo se identifican las fallas del sistema actual por medio de un diagrama causa efecto identificando así el problema, evaluando las soluciones y acciones adaptadas a las necesidades para ser mejoradas a corto y largo plazo.

El cuarto capítulo contiene las mejoras y acciones a corto plazo, y las mejoras propuestas a largo plazo de las fallas.

En el quinto capítulo se detalla el rediseño de la red de tuberías y sistema de bombeo, presentando dos propuestas de la red de tuberías, siendo aprobada una de ellas de la cual se identifica la caracterización y operación de la misma arrojando su mejora y ventajas.

El sexto capítulo presenta los avances y comparaciones entre las etapas de mejora a corto plazo y propuesta a largo plazo del rediseño y el desarrollo de una simulación del sistema propuesto para el rediseño con el software"Pie Flo Lite" a fin de evaluar la actuación de las bombas actuales y señalar las mejoras congénitas. Además se presenta la simulación del comportamiento del rediseño del sistema de limpieza de alta presión fijando parámetros óptimos que se desean obtener en la limpieza para hallar Bombas con las que se obtendrían superiores resultados en el sistema de limpieza, permitiendo proponer soluciones y prevenciones a futuras detenciones. Así mismo se pretende determinar las características de los equipos de Bombas necesarios para alcanzar los resultados deseados que se alcanzan en la simulación valiéndose del software "Icarus Process Evaluator", que identifica equipos de bombeo necesarios para alcanzar parámetros prefijados.

En el séptimo capítulo se lleva a cabo el análisis y evaluación económica del proyecto, que evalúa los costos de las propuestas y la rentabilidad del proyecto para justificar la implantación del mismo.

Finalmente en el octavo se muestran las conclusiones y recomendaciones de los objetivos alcanzados en el proyecto.

El Objetivo del trabajo especial de grado se ha concentrado en mejorar y rediseñar el Sistema de Alta Presión de Agua para la Limpieza de una planta Cervecera, implementando cambios y modificaciones para reducir las horas de limpieza y los costos en mantenimiento correctivo, así como la propuesta e implementación del rediseño del sistema original adaptándose a las necesidades de la limpieza en la Planta de envasado, sin perder de vista la evaluación del sistema con instrumentos de simulación.



#### CAPÍTULO I- DESARROLLO

#### I.1 RESEÑA HISTÓRICA DE LA EMPRESA

Lorenzo Mendoza Fleury, Rafael Henríquez Luján, Andrés Yépez Santamaría, José Manuel Sáez, hombres de fe, trabajo y acción, gestan la creación de una empresa cervecera cuando corría el año 1.939. Para ello, el Dr. Lorenzo Mendoza aporta un pedazo de tierra caraqueña donde se edificaría la primera planta productora de cerveza que lleva por nombre Cervecería Polar, ubicada en Antimano.

El secreto del éxito de nuestra empresa es producto de la conjunción de una óptima elaboración, un riguroso control de calidad y la mística del mejor equipo de ventas, con el que ha contado Polar desde sus inicios en la producción de cerveza (Pilsen, Solera y Light) y malta (Maltín).

Gracias a sus vendedores, Polar está presente a lo largo y ancho de todo el territorio nacional, a través de sus filiales: Distribuidora Polar Metropolitana, S.A.; Distribuidora Polar, S.A.; Distribuidora Polar Centro Occidental, S.A.; Distribuidora Polar del Centro, S.A.; Distribuidora Polar del Sur, C.A.; D.O.S.A.; y Cervecería Polar del Lago, C.A., con sus respectivas agencias.

Sin lugar a dudas, Polar constituye un gran complejo productor y generador de trabajo digno y estable para miles de personas, directa e indirectamente. Pero es fundamental destacar la otra dimensión de nuestro crecimiento, que va más allá de la expansión cuantitativa, la madurez alcanzado por la organización y expresada en su lema: "una empresa centrada en el hombre".

#### OBJETIVO DE LA EMPRESA

La organización ha asumido una serie de compromisos con las partes interesadas del negocio (stakeholders), es decir, aquellos públicos o grupos de personas con los cuales se vincula de manera directa o indirecta. En todos los casos empresas Polar tiene como objetivo ser lider en el mercado de Cerveza y Malta en Venezuela y América Latina, ofreciendo a sus clientes productos de calidad con la mejor relación precio/valor.



#### I.1.1 Organigrama de la Empresa

A continuación se mostrará el organigrama correspondiente a la Planta los Cortijos donde se desarrolló este trabajo de grado.



Figura N°1. "Organigrama de la Empresa"

Como se puede ver en el organigrama anterior se destaca la Gerencia de Envasado, departamento en el cual se desarrolló la tesis específicamente bajo la superintendencia de Operaciones. <sup>1</sup>

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Ver anexo I.1 "Organigrama Gerencia de Envasado"



# I.2 PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO DEL SISTEMA DE ALTA PRESIÓN I.2.1 Título

"PROYECTO DE MEJORA Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE ALTA PRESIÓN DE AGUA DESTINADO A LA LIMPIEZA DE UNA PLANTA CERVECERA"

Motivación

En todo proceso de producción y envasado de alimentos no solo es suficiente producir bajo los parámetros de producción requeridos sino también presentar un adecuado sistema de limpieza que proporcione las mejores condiciones de saneamiento. La limpieza en la industria de alimentos y bebidas es elemento esencial en el buen desarrollo de la empresa y en el logro de un elevado nivel de calidad del producto para ofrecer al mercado.

En el Caso de la Planta de Los Cortijos presenta un sistema de Alta presión de Agua para la Limpieza de las líneas de producción 2, 3, 4, 5, 6 (líneas de botellas) y 7 y 8 (líneas de latas). Dicha tarea no siempre tiene resultados satisfactorios, información suministrada por Control de Calidad y la Superintendencia de Operaciones.

En virtud de ello la idea es estudiar las fallas del Sistema de Alta Presión de Agua para cumplir con los requerimientos necesarios de una adecuada limpieza, para obtener beneficios que puedan mejorar la situación actual adaptándose a las necesidades de la Planta de Envasado de Cervecería Polar los Cortijos.

En la planta de envasado de Cervecería Polar Los Cortijos se planteó la problemática del mal resultado que se estaba obteniendo en las limpiezas y del tiempo empleado en las mismas, el cual es de 9 horas, buscando así reducir tiempos y costos.

# I.2.2 Objetivos

Objetivo General

Estudiar, mejorar y rediseñar el sistema de limpieza de alta presión de agua en las líneas de producción 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 de Cervecería Polar los Cortijos para aumentar la eficiencia del sistema y reducir el tiempo de limpieza.

# Objetivos Específicos

- 1. Conocimiento del proceso de envasado y sistema de limpieza de alta presión de agua.
- 2. Levantar información del sistema de limpieza actual:



- Red de tuberías
- Puntos de limpieza
- Sistema de Bombeo.
- 3. Estudiar los componentes que conforman el sistema de limpieza de alta presión: mangueras, válvulas, red de tuberías, picos, boquillas.
- Proporcionar Ingeniería de detalle del sistema de limpieza en las líneas 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 de la Cervecería y representación actual.
- Levantar Radios de acción de mangueras en plano y en sitio para estudio de reducción de puntos de limpieza de las líneas.
- 6. Calcular los caudales de trabajo de la red de tuberías del sistema de alta presión actual:
  - · Caudal de trabajo por salida y por línea
  - · Caudal total del sistema
  - Perdidas en la red de tuberías.
  - Eficiencia del sistema actual de bombeo.
- 7. Implementar cambios y modificaciones a corto plazo para mejorar el sistema de limpieza de alta presión adaptado a la gerencia de envasado de Cervecería Polar los Cortijos. Planificar acciones correctivas en el sistema actual para mejorar la limpieza y disminuir el tiempo de limpieza.
- Caracterización de los parámetros ideales de trabajo en un nuevo sistema de limpieza de alta presión:
  - Rediseño de la red de tuberías
  - Rediseño del sistema de bombeo
  - Diseño del sistema de control de bombas
  - Caudal de trabajo por puntos y líneas.
  - Puntos de limpieza del sistema de alta presión
  - Componentes del sistema
- Señalizar los avances y comparar entre el sistema actual y el nuevo sistema a proponer e identificar las mejoras en el sistema de limpieza de alta presión.
- 10. Proporcionar un Proyecto de implantación de sistemas de operación y seguridad del sistema de alta presión:



- Sistema de arranque y parada
- Procedimiento de operación y plan de limpieza
- Sistemas de control y seguridad para evitar fallas en el sistema.
- 11. Propuesta y recomendación de cambios para el rediseño del sistema de limpieza de alta presión por zonas y líneas de latas y botellas para reducir las horas de limpieza y aumentar la eficiencia del proceso:
  - · Puntos de limpieza
  - · Características de mangueras, picos, boquillas.
  - Descripción detallada de los puntos de limpieza
  - Diseño de la red
  - Sistema de bombeo
- 13. Análisis de costos del Rediseño
  - Costos de Materiales
  - Costo de Personal
  - 14. Estudio de rentabilidad del proyecto.

#### I.2.3 Antecedentes

En el caso de Cervecería Polar Los Cortijos la limpieza se lleva a cabo básicamente mediante el enjuague de las vías con agua y solución jabonosa, ayudando a la remoción del sucio .El departamento de control de calidad señala frecuentemente que la limpieza no ha logrado niveles satisfactorios.

En virtud de ello en 1985 se tomó como base un proyecto el cual consistía en la implementación de una estación central de bombeo de agua la cual sería distribuida a alta presión (1000 psi), a lo largo de todas las líneas con sus tomas respectivas, para la limpieza de vías y equipos; dicho sistema no opera con la eficiencia deseada por lo que ha surgido la necesidad de la mejora, puesto que actualmente estas limpiezas se efectúan en 9 horas y los resultados no son satisfactorios.

El diseño original está basado en la presencia de 10 tomas de limpieza por línea, con sus componentes: pico, mangueras y boquilla, que facilitan la limpieza, las tomas están ubicadas en las zonas donde requiere que la limpieza sea más rigurosa en equipos y vías.



#### I.2.4 Alcances y Limitaciones

En el sistema de Alta Presión forman parte redes de tuberías de diferentes líneas de envasado y cada una tiene un supervisor, por lo que en muchos casos es dificil mantener el control sobre los arreglos de los componentes y el conocer las necesidades para que el operario trabaje cómodamente.

Otro factor que se debe considerar es la inexistente figura de un operador del sistema, esta operación la hace cualquier trabajador según los requerimientos de limpieza, lo cual limita las posibilidades de controlar y regular el funcionamiento de la alta presión.

El estudio realizado contempla: mejorar, recomendar e implementar el rediseño del Sistema actual de Limpieza de Alta presión de Agua que defina la estructura operacional del sistema y se adapte a las necesidades de un adecuado Sistema de Limpieza en una Planta Cervecera, en este punto vale mencionar que la falta de presupuesto destinado al sistema constituye una limitación importante para la implantación total del rediseño.

La mejora y rediseño del sistema se debe hacer adaptándose a las bombas existentes en el sistema actual, ya que no existe presupuesto para la sustitución de las mismas.



#### I.2.5 Marco Metodológico

# METODOLOGÍA SEGUIDA PARA EL LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN Y

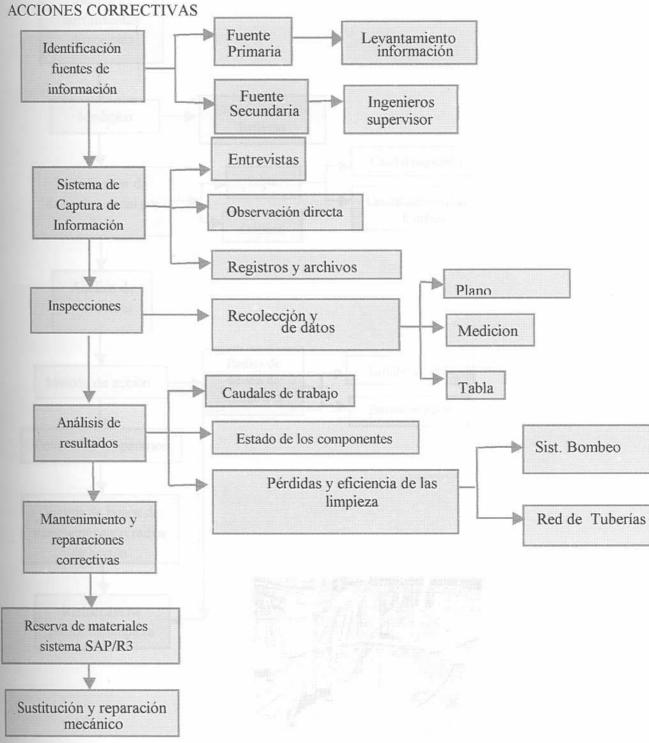


Figura N°2. "Metodología de Levantamiento de Información



# METODOLOGÍA DE MEDICIÓN DE CAUDALES Y ANÁLISIS

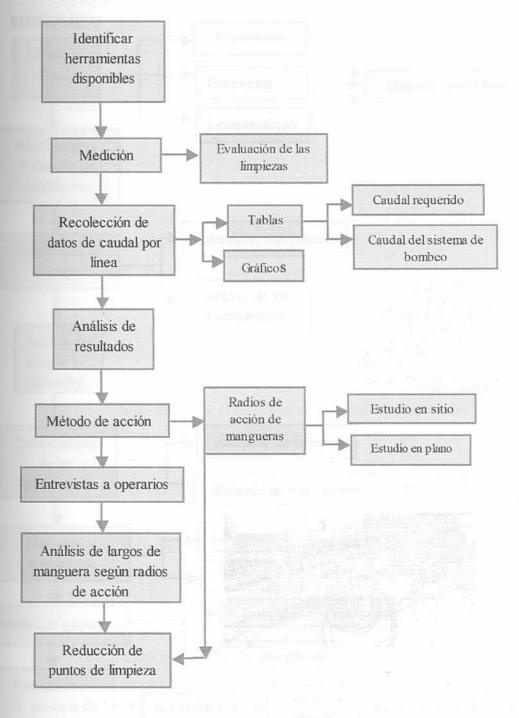


Figura N°3. "Metodología de Medición de caudales y Análisis"



# METODOLOGÍA REDISEÑO DEL SISTEMA DE ALTA PRESIÓN Y ANÁLISIS

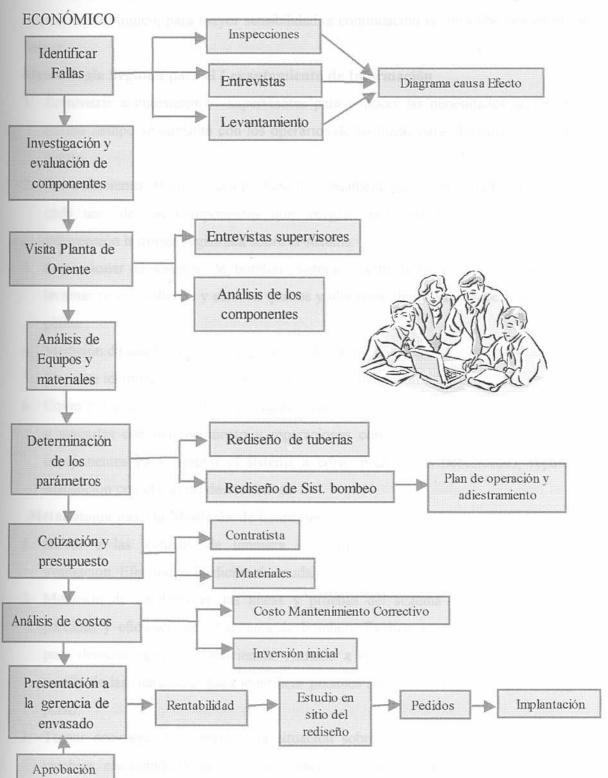


Figura Nº4. "Metodología del Rediseño y Análisis Económico"



A lo largo del proyecto se fueron desarrollando las actividades según muestra el marco metodológico, para mayor sensibilidad, a continuación se describe la metodología a seguir:

#### Metodología Seguida para el Levantamiento de Información

- Entrevistar a ingenieros y supervisores para conocer las necesidades de limpieza. Al mismo tiempo se consulta con los operarios de las líneas para identificar los sucesos en planta.
- Levantamiento de información basado fundamentalmente en observación directa de cada uno de los componentes que integran este sistema, así como analizar la información histórica registrada sobre el sistema.
- 3. Inspeccionar el sistema de bombas, sistemas controladores, sistemas de seguridad, levantar red de tuberías y elaborar planos y ubicación de las salidas de alta presión en la planta.
- 4. Medición de caudales y presión para la elaboración de tablas
- 5. Etapa de identificación de las causas de mal funcionamiento
- 6. Como herramienta se utiliza el diagrama causa efecto para detectar las fallas principales y atacarlas con mantenimiento y reparaciones correctivas. Hacer propuestas de los componentes para adaptar el sistema a corto plazo a las necesidades, reparación y sustitución con el equipo de mecánicos

# Metodología para la Medición de Caudales

- Asistir a las jornadas de limpieza e identificar herramientas disponibles para la evaluación. Efectuar la medición de caudales y presión
- 2. Medición de caudales en las líneas y pruebas del sistema de bombeo, calcular las pérdidas y eficiencia en el sistema de bombeo. Evaluar y analizar datos y resultados para detectar fallas e ineficiencia. Aunado a ello se realizan estudios de radios de acción de las mangueras para identificar posibles soluciones a las fallas, a corto y largo plazo.
- Tomar acciones para mejorar la situación sobre la marcha del proyecto, implantar cambios, efectuando la mejora a corto plazo y avaluar resultados.



#### Metodología para el Rediseño del Sistema

- Identificadas las fallas en los diagramas causa-efecto a solventarse a largo plazo, se investiga sobre componentes propuestos y se evalúa la utilización de este sistema en la planta de Oriente
- Se Propone un Rediseño del arreglo de bombas y red de tuberías para solucionar las causas raíces.
- 3. Elaborar cotizaciones y presupuestos, cálculo de los costos y análisis de gastos en mantenimiento para comparar con la nueva inversión. A la par de la etapa se realiza un plan de adiestramiento para los operarios.
- 4. Elaboración del plan de limpieza, pruebas de limpieza e implantación final
- 5. Análisis de rentabilidad del proyecto. Presentación del proyecto a la gerencia de envasado. Una vez aprobado el proyecto se prosigue con el pedido de los componentes (manejo de SAP) y estudio en sitio de la instalación del sistema
- 6. Implantación basada en el presupuesto disponible y supervisión de la instalación

#### I.3 MARCO TEÓRICO

# I.3.1 Sistemas de Limpieza

La limpieza consiste en retirar suciedad por medio de tres mecanismos: en forma mecánica, por presión o mediante ayuda de productos químicos; eliminar restos de productos, depósitos, proteínas, resinas, aceites, sales orgánicas e inorgánicas así como microorganismos.

# I.3.2 El Agua y los Fluidos

El agua es utilizada en la industria para un sin fin de procesos y entre ellos podemos mencionar las labores de limpieza de la industria alimenticia, en la cual se utiliza generalmente en estado líquido.

Para el empleo del agua en la limpieza de las industrias es indispensable conducir el fluido en conductos y en tubos, lo cual implica la predicción de las condiciones en las secciones del sistema. En cualquier caso en un sistema de tuberías es importante considerar la presión del fluido, la velocidad y la elevación de la sección y todas las características de las tuberías como: diámetro, material, longitud, conexiones y accesorios influyen en estos parámetros.



#### I.3.3 Hidráulica

Los sistemas hidráulicos están conformados por los siguientes elementos: tuberías que sirven de medio para transportar los fluidos, accesorios que permiten actuar el sistema y que varían el comportamiento del mismo y sistemas de bombeo que impulsan al mismo, con sistemas que permiten conocer las características de funcionamiento (presión y caudal).

#### Conductos y Tuberías

-

Muchas características del comportamiento del fluido dependen del material de los conductos, de esta forma estos pueden ser de acero, cobre, hierro galvanizado, plástico, asbesto y cemento, entre otros. En los sistemas de limpieza industrial por lo general se utilizan tuberías de galvanizado o acero. En industrias de alimentos y bebidas esto está estandarizado y se utilizan tuberías de acero inoxidable y galvanizado en los sistemas de agua dependiendo de las exigencias de los mismos. Los conductos de acero tienen un número de calibre relacionado con la presión de operación y la tensión permitida del acero, schedule (SCH), y cuanto mayor es este su grosor aumenta.

#### Ecuación general de energía

Para el cálculo del comportamiento del fluido energía se utiliza una expansión de la ecuación de Bernoulli que hace posible resolver problemas de redes de tuberías y sistemas de bombeo. La ecuación general de energía expresa la energía potencial (z), la energía cinética ( $v^2/2g$ ), la energía de presión o piezométrica ( $P/\gamma$ ) y las pérdidas localizadas (HI) y por fricción (Hf), como se muestra en la ecuación:

$$H = z + v^2/2g + P/\gamma - Hl - Hf$$

# Pérdidas de energía

La ley de la conservación de la energía para el agua se cumple cuando no se consideran dispositivos mecánicos, cuando se desprecia la fricción entre el fluido y la tubería, tales restricciones son de gran importancia en algunos casos y en especial en fluidos a presión. Por ende las pérdidas en los fluidos se expresan en función de pérdidas por accesorios (HI) y pérdidas por fricción (Hf).



#### Perdidas de energía por fricción

Las ecuaciones que se utilizan para el cálculo de las pérdidas por fricción, de utilidad práctica, son completamente empíricas. Para expresar las pérdidas de energía por fricción de contorno de acuerdo con estas teorías, se ha utilizado con frecuencia la ecuación de Darcy-Weisbach, que incorpora un coeficiente de fricción adimensional como se muestra:

$$Hf=FLV^2/D2g$$

Las pérdidas por fricción son proporcionales a la extensión de la tubería, el coeficiente de fricción F, varías con la naturaleza de las paredes de los tubos (rugosidad) y no dependen de la posición del tubo, así las pérdidas de energía por fricción es generada por el movimiento del agua en la propia tubería..<sup>2</sup>

#### Pérdidas Localizadas de energía

En general las pérdidas localizadas de energía en conducciones resultan como consecuencia de la separación de la capa límite, ocasionada por las alteraciones de la geometría de los contornos. Estas son provocadas por las piezas especiales y demás componentes de una instalación , en las tuberías largas, su valor es frecuentemente despreciado comparado con la pérdida por fricción.<sup>3</sup>

Los coeficientes para las pérdidas localizadas dependen esencialmente de factores geométricos y del número de Reynolds, siendo su expresión, los valores de K dependen de las piezas conectadas:

$$K=Hl/v^2/2g$$

# Carga Neta Positiva de Succión-NPSH (Net positive suction head)

Para el óptimo funcionamiento de una bomba la presión que empuja el liquido dentro de la bomba, debe sobrepasar la elevación estática, las pérdidas por fricción y turbulencias en las líneas de succión , acelerar el fluido y mantener suficiente presión para evitar que el líquido hierva en la línea de succión. El sistema proporciona una presión neta positiva de succión disponible y el fabricante de la bomba da la presión neta de succión requerida.

<sup>3</sup> < Méndez, op.cit.Pág. 2.46 >

<sup>2 &</sup>lt; Méndez , Manuel V. Tuberías a presión. Publicaciones UCAB, Caracas - Venezuela, 1994, Pág. 2.23 >



#### Carga Neta Positiva de Succión Disponible (NPSH disponible)

Es la presión que depende de la carga de succión o elevación, la carga de fricción, y la presión de vapor del líquido manejado a la temperatura de bombeo

#### Carga Neta Positiva de Succión Requerida (NPSH requerida)

Es la presión requerida por la bomba y depende solo del diseño y se obtiene del fabricante, según el tipo, modelo y capacidad. El NPSH, energía Total útil en la succión, requerido por la bomba será equivalente a la caída de presión entre la brida de succión de la bomba mas la altura por velocidad en la succión de la Bomba. <sup>4</sup>

$$NPSH_{sistema}>> NPSH_{Bomba}$$

$$NPSH_{sistema} = \frac{Ps + Pat - Pvap}{\gamma} + \frac{v^2}{2g}.$$

#### I.3.4 Sistemas de Alta Presión de agua

Los sistemas de alta presión de agua son suplidos del caudal requerido por bombas o arreglos, para proporcionar las características deseadas de velocidad, caudal y presión. Los sistemas a altas presiones pueden ser para bajos o grandes caudales, para lo cual existen infinidad de bombas para suplir las necesidades, e incluso se pueden conectar en arreglos para obtener los beneficios deseados.

#### Sistemas de Bombeo

Cuando los gastos suplidos por una bombas son insuficientes se puede recurrir a los arreglos de bombas los cuales permiten aumentar el gasto o la energía requerida por los sistemas ya sea conectando varias bombas en paralelo o en serie. Las bombas en serie permiten variar la energía del fluido para un mismo caudal, rebombear el fluido cuando la energía cedida por una bomba no es suficiente para alcanzar el punto deseado, no deben ser de igual especificación, se logra principalmente caudal constante.

Las bombas en paralelo permitirán impulsar el fluido hasta una misma altura o energía requerida (bombas iguales), pero aumentando la cantidad de caudal según lo requiera los gastos demandados. Las bombas en paralelo deben poseer las mismas características.

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> <Méndez, op.cit., Pág.4.5 >



#### CAPITULO II- SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE ALTA PRESIÓN

#### II.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ALTA PRESIÓN ORIGINAL

El sistema original de alta presión está diseñado para abastecer las tomas de limpieza ubicadas en las líneas de envasado para la remoción de sucio en las vías y equipos. Este está constituido básicamente por un sistema de bombeo, una red de tuberías y una serie de componentes en las tomas que facilitan la limpieza: mangueras, picos , válvulas y boquillas.

#### II.1.1 Ubicación

La estación de bombeo que surte el sistema se encuentra ubicada en el área exterior de la planta a la altura de la lavadora de cajas de la línea 6 de envasado. El sistema, red de tuberías, se encuentra en el galpón de envasado de 10.720 m², y de ellas derivan las tomas de limpieza ubicadas específicamente en las líneas, en las zonas y equipos donde son necesarias las limpiezas meticulosas.

#### Suministro de agua

El tipo de agua recomendable para el sistema es la llamada "Agua Filtrada", el sistema es suplido por PTAB (planta de tratamiento de aguas blancas) desde el cual una tubería de 4" de diámetro surte al sistema de bombeo.

#### Sistema de bombeo

El sistema de bombeo de alta presión de agua cuenta con 3 bombas de pistón, 2 de 225 l/min y una de 250 l/min. El sistema no es central cada una de las bombas suministra agua a presión a varias líneas: la Bomba 1 surte las líneas 3, 5 y 6; la bomba 2 surte las líneas 2, 4, 7 y 8. La bomba tres es utilizada en casos de emergencia para suplir a las otras bombas.

#### Tuberías

Aquellas tuberías que no están sometidas a presión son de galvanizado (tubería transportadora de agua de PTAB al sistema de bombeo), salvo las tuberías sometidas a altas presiones del ramal principal que surten las redes de alta presión en la planta, que también son de galvanizado. El resto del sistema es de acero inoxidable.

#### Tomas

Cada línea de envasado tiene tomas que derivan de la red de tubería que se ramifica por la planta para llegar a los puntos de limpieza.



Además las tomas tienen elementos pertinentes en algunos casos, para mantener la presión y ayudar a las labores de limpieza tales como: válvulas, mangueras hidráulicas, picos y boquillas, los cuales deben cumplir con los parámetros de trabajo del sistema de bombeo.

#### II.1.2 Operación del Sistema

1

El sistema de alta presión es utilizado para la limpieza general y para limpiezas eventuales de las líneas. Según muestra el programa semanal de producción los días de semana se llevan a cabo las limpiezas rutinarias y las limpiezas profundas los días sábados, excepto en casos especiales como los días viernes al final de la producción en ciertas líneas (línea 2); en el programa se aprecia que el sistema tiene su mayor utilización los Sábados cuando se limpian 3 o 4 líneas simultáneamente siendo éste el caso más crítico de limpieza.<sup>5</sup>

El personal encargado de la limpieza son los mismos operarios de las líneas de producción y unos adjuntos llamados relevos, los cuales deben estar ubicados estratégicamente en los equipos que requieran de especial atención en las limpiezas. Hay un supervisor encargado de cada línea que debe velar por la operación de limpieza; el arranque y parada del sistema de alta presión lo efectúa cualquier operario que se encuentre en la limpieza.

Las limpiezas donde es utilizada el alta presión son:

Rutina: son las limpiezas normalizadas por Aseguramiento de la calidad: cada 72 horas producción Pilsen, cada 8 y 24 en producción Malta; son actividades de limpieza específicas por módulo donde se utiliza la alta presión.

<u>Cambio de Producto</u>: cuando se decide envasar, cerveza o malta, o cerveza tipo Pilsen a cerveza solera y viceversa, es fundamental la meticulosa limpieza de los equipos para evitar la contaminación entre productos.

<u>Limpieza General:</u> se efectúa los fines de semana, generalmente los sábados como muestra el programa semanal y consiste en una limpieza a fondo de cada una de las áreas y equipos de las líneas de envasado donde la alta presión desempeña su rol principal. Esta limpieza comienza a partir del final de producción el sábado en la amanecida.

El sistema de Alta Presión desempeña su rol principal en las limpiezas generales que comienzan al final de producción como sigue:

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> Ver anexo II.2 "Programa semanal de producción"



- 1. Un supervisor enciende la bomba del sistema de bombeo que corresponde a las líneas
- 2. En la planta, existe un operario asignado a cada área de la línea o equipo, consideradas zonas críticas para remoción de sucio de los equipos o para arrastrar el vidrio del suelo, donde se encuentran las tomas de alta presión
- 3. Se utilizan 12 operarios para las limpiezas generales los cuales comienzan a laborar a las 6 de la mañana y entre 8 y 9 horas culmina la limpieza
- 4. El sistema de bombeo, se detiene en caso de exceso de temperatura o excesiva presión de operación, para resguardar la vida de los equipos del sistema. No existe la figura de encargado o responsable del sistema en caso de paradas o colapso del mismo.

Control de calidad: luego de las limpiezas generales (profundas), donde tiene su importancia el sistema de alta presión, control de calidad verifica la lista de operación de la limpieza (checklist), utilizado hasta Noviembre del 2000 para señalar si esta ha sido satisfactoria o no, a fin de garantizar la calidad Microbiológica del producto a envasar.<sup>6</sup>

#### II.1.3 Mantenimiento

(

Actualmente el sistema de Alta Presión, carece de un programa de mantenimiento preestablecido, básicamente en las limpiezas se hace mantenimiento correctivo a los componentes deteriorados, según el criterio del trabajador. El sistema carece de manuales de mantenimiento y operación, existen instructivos de limpieza para algunos equipos o puntos críticos de las líneas de envasado, las vías y el suelo, donde se utiliza el alta presión. Estos manuales indican las labores a realizar en cada equipo y los puntos a verificar los días de limpieza general. Estos son establecidos en los manuales de limpieza basados en las normas de gestión ISO 9000 para operacional izar las limpiezas<sup>7</sup>.

# II.1.4 Utilización de Alta Presión por Zona en Planta

En las líneas de envasado están situados puntos estratégicos de alta presión en las zonas críticas para la limpieza, en cada zona se asigna uno o dos operarios, según las tomas de alta presión, la información obtenida del sistema original indica que la distribución es la siguiente <sup>8</sup>:

Desembaladores: Se utiliza una salida para eliminar los residuos y basura de las vías transportadoras y el área. Aquí se sitúa un operario y corresponde a una toma de alta presión.

<sup>&</sup>lt;sup>6</sup> Ver anexo II.3 "check list de limpieza"

Anexo II.1 "Plan de operación para las limpiezas"

<sup>8</sup> Anexo II.4 "Plano de Zonas de Limpieza"



<u>Frente lavadora:</u> se utiliza una salida para limpiar los primeros tanques de las lavadoras, esta área la controla un operario.

<u>Lavadora</u>: se da uso a dos salidas para limpiar a ambos lados los tanque de la lavadora e inyectores de esta forma están asignados dos (2) operarios, este se considera un equipo crítico; es fundamental la limpieza de la lavadora con Alta Presión.

Mal-llena: Limpiar y eliminar sucio de las vías y del piso entre la salida de la lavadora y las llenadoras, para lo que se utiliza un operador

. (

<u>Llenadora:</u> tiene dos (2) salidas cada operario en una que son utilizadas eventualmente para limpieza del área y del equipo llenador.

<u>Frente pasteurizador:</u> dos (2) salidas que son utilizadas en la limpieza general para limpiar el área, las vías y en las limpiezas profundas se limpia el pasteurizador internamente con este sistema de alta presión.

Salida pasteurizador: una salida utilizada para limpiar el área frente al pasteurizador para tumbar el sucio y en las limpiezas generales es utilizada en las limpiezas internas.

Embaladores: se encarga de limpiar con una salida las cadenas de las vías y eliminar el sucio en las vías y suelo, un operador realiza esta función

<u>Vía cajas</u>: se encarga de limpiar las vías y el área del suelo, el número de salidas depende de la longitud del área (esta zona también es llamada zona de las extrañas).

El sistema abastece todas las líneas de producción de agua a alta presión para efectuar las labores de limpieza en los puntos críticos evaluados en la lista de verificación, como se describió los operario de las limpiezas por lo general son diez, más dos o tres relevos (operarios extras), según la magnitud de la línea, utilizando así 12 operarios promedio en cada línea, que limpian las zonas y equipos sin plan de operación detallado.

# II.2 EVALUACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL

#### II.2.1 Levantamiento de Información Técnica

En esta etapa del proyecto, para obtener el seguimiento de la red de tuberías (Noviembre 2000), se realiza el levantamiento técnico de la información lo cual implica hacer una persecución a la red desde el cuarto de bombas hasta cada punto de limpieza en las líneas, identificando los diámetros de las tuberías, el recorrido de la red y el nivel de la misma para tener conocimiento de la red actual. Una vez conocida la red se identifican y



enumeran los puntos de limpieza en el plano de envasado para facilitar su evaluación e inspección.

Al mismo tiempo se levantó la información del sistema de bombeo para identificar los componentes que actúan en el sistema y comprender la operación del mismo.

#### II.2.2 Seguimiento Red de Tuberías

El sistema de alta presión cuenta con salidas en las líneas con una serie de componentes especiales: mangueras, picos y boquillas, para cumplir con las especificaciones de limpieza.

El sistema presenta una red de tuberías que deriva del cuarto de bombas hacia las líneas de envasado en dos tuberías de 2" de diámetro de galvanizado las cuales van al nivel del techo a lo ancho de toda la planta. Estas tuberías representan los ramales principales y bajan en la zona de los desembaladores hasta el nivel del piso en la mayoría de los casos donde deriva la red de distribución a lo largo de las líneas de producción. 10

La red secundaria o de distribución originalmente conformada por tuberías de 1" de diámetro, se detectó que actualmente tiene numerosas reducciones de diámetros encontrándose ramas de ¾", 3/8" Y ½, la distribución de la red de tuberías al nivel de las vías va recorriendo los equipos pero no mantiene una altura constante, por lo que la tubería presenta una red rebuscada e inconsecuente, esta ramificación llega hasta las tomas de limpieza que son entre 12-14 puntos en cada línea actualmente. 11

# II.2.3 Seguimiento del Sistema de Bombeo del Sistema de Alta Presión

El área destinada al arreglo de bombas es de 100 m<sup>2</sup> situado en el galpón de envasado como se describe: el sistema de bombeo actual funciona con una estación individual de bombeo de tres bombas, la bomba uno (1) utilizada en la limpieza de las líneas 2, 4, 7 y 8, y la dos (2) utilizada en la limpieza de las líneas 3, 5, y 6, conectadas siempre a la red de tuberías y una bomba auxiliar, bomba (3), conectada en caso de falla<sup>12</sup>.

#### II.2.3.1 Sistemas de Control del Sistema de Bombeo

El sistema consta de controladores y medidores que tienen la función de garantizar el funcionamiento del sistema de bombas y la operación eficiente del sistema de Alta presión <sup>13</sup>:

<sup>&</sup>lt;sup>9</sup> Ver anexo II.5 "Plano de puntos de limpieza en la planta de envasado"

<sup>10</sup> Ver anexo II.6 "Planos de levantamiento de la Red de tuberías Nov.2000"

<sup>11</sup> Ver anexo II.6.1 "Tablas de accesorios "

<sup>&</sup>lt;sup>12</sup> Ver anexo II.7 "Sistema de Bombeo"

<sup>13</sup> Ver A nexo II.7.1 "Foto del Sistema de Bombeo y Componentes"



- Controlador de Presión (presostato): controla la presión entre 800-1000psi.
- ✓ Controlador de temperatura: regula la temperatura a 70°c, máximo admisible.
- ✓ Válvula de alivio: libera excesos de presiones y caudales.
- ✓ Amortiguador de pulsaciones: amortigua choques en el fluido y óndas elásticas

#### II.2.4 Características de los Puntos de Limpieza

Las líneas actualmente cuentan con un promedio de 12-14 salidas de alta presión en las líneas de botellas y latas. Estos puntos se pueden observar en el plano de la red de tuberías del sistema efectuado en el levantamiento. 14

Cada punto de limpieza cuenta con los componentes que se señalan: manguera hidráulica, válvula y pico de acero inoxidable el cual contiene una boquilla, como muestran a continuación:



Figura N°5. "Componentes de los puntos de limpieza"

Para tener un conocimiento a detalle en la primera fase del levantamiento en las inspecciones se identificó y se evaluó el estado de estos componentes, encontrados, en ocasiones alterados y fuera de especificación. 15

# II.2.4.1 Picos de Limpieza

Los puntos de limpieza tienen unos picos de acero inoxidable de 1/8" de diámetro los cuales tienen una boquillas para facilitar las limpiezas. La longitud de estos picos oscila entre 35-135 cm y el mango es de 15 cm, son muy pesados.

<sup>14</sup> Ver anexo II.5 "Plano de puntos de limpieza"

<sup>&</sup>lt;sup>15</sup> Ver anexo II.8.1 "Tabla de levantamiento e identificación inicial Nov 2000" y "Componentes"



#### II.2.4.2 Boquillas

Las boquillas tienen la función de regular el caudal y el ángulo de salida del agua, las especificaciones de las boquillas originales son: WashJet Spray Nozzles, de acero inoxidable. La apertura de la boquilla dispersa el fluido en abanico (65°) y tiene una capacidad de salida de 13,5 l/min, para 70 bar (1015 psi).

#### II.2.4.3 Mangueras

Las mangueras son de goma con triple malla de acero para altas presiones, la apariencia es bastante rígida y pesadas, cada extensión varia entre 10 y 30 metros con un peso de 9 Kg.

#### II.2.4.4 Válvulas

Estas válvulas son de bola o cierre rápido de 1/2" de acero inoxidable para 800psi y válvula de 3/8" de 600 psi instaladas en la culminación de algunas mangueras.

# II.3 PERFIL DEL SISTEMA ACTUAL DE ALTA PRESIÓN

#### II.3.1 Pérdidas en la Red

Para evaluar la contribución de las pérdidas en tuberías del sistema actual, se presta especial atención al cálculo de las pérdidas, se tomam en cuenta los puntos más desfavorables en la línea, siendo los puntos más alejados y altos del sistema de bombeo que son los puntos 1 y 14 de la línea dos, que muestra la tabla N°1:<sup>16</sup>

Tabla Nº1. Resultados de pérdidas en los puntos más críticos

Punto	Hf (pérdidas por	Hl (pérdidas	Altura (Z)	HT (m)	Presión
Línea 2	fricción)	localizadas)			(psi)
Salida 1	6,79 m	15,73 m	2,62 m	542.2 m	770,00
Punto lejano salida 14	16,19 m	16,4 m	3,00	532,51 m	757,11

Se aprecia la mayor pérdida en el punto más alejado de la red, en la línea más lejana del cuarto de bombas (línea 2), presentando una presión de 757,11 psi, considerablemente inferior a la presión teórica de descarga de la bomba (1015 psi).

Se calcula el NPSH requerido de las bombas el cual es de 11,5m y el NPSH disponible por el sistema de 22,7 m, lo cual indica que la altura neta de succión del sistema es adecuada para el funcionamiento.

22

<sup>16</sup> Ver anexo II.8.5 "Tabla de pérdidas Noviembre 2000"



#### II.3.1.1 Eficiencia de la Bomba

La eficiencia evalúa la razón de la potencia real y la potencia teórica, la potencia teórica se obtiene de los datos suministrados por el fabricante y la real es expresada por el caudal detrabajo medido en planta, para una presión y elevación detectada en las limpiezas. La energía suministrada en la potencia real evalúa la operación de la bomba entre dos puntos más críticos, que requieren de mayor trabajo por parte de la bomba, siendo estos los puntos más alejados como lo arrojó el resultado de las pérdidas en tuberías.<sup>17</sup>

La eficiencia actual de la bomba uno (1), es de 26%,; vale destacar que los resultados se ven influenciados por la escasa presión de trabajo de las bombas observadas el día de la medición, y las irregularidades de operación presenciadas, lo cual incita a evaluar las causas de la ineficiencia y fallas del mismo.

#### II.3.2 Caudales de Trabajo

Para obtener la eficacia y suficiencia de trabajo del sistema, se analiza el caudal evaluando cifras de consumo de agua por línea. En general se desea determinar si el sistema suministra el caudal necesario para una adecuada limpieza de las líneas de envasado con presión y velocidad suficiente para las salidas de cada una de las líneas. El caudal de salida de la boquilla determina la presión en la toma y la velocidad.

# II.3.2.1 Medición Experimental

La medición de los caudales se efectúa los días de limpieza general Sábado (caso de mayor utilización del sistema). Para ello se utilizó un cronómetro y un recipientes de 5 litros cerrado, para introducir los picos y evitar el desperdicio de agua.

Se hicieron mediciones en 4 salidas de diferentes zonas de cada línea y en cada salida se midió 3 veces el caudal para obtener un promedio y calcular el caudal consumido. Estas mediciones se hicieron para la presión de operación que presentaban las bombas en ese momento, 800 psi para la bomba uno y 400 psi para la dos, presión a la que operan generalmente. La presión la bomba dos (2) no se mantiene en 800 psi, presión de arranque, constantemente está variando entre 500-400psi, para efectos de comparación

<sup>&</sup>lt;sup>17</sup> Ver anexo II.8.5.1 "Eficiencia de las Bombas"



Tabla N°2. Caudal Requerido por Líneas Suplidas por la Bomba Uno (1)

	Caudal promedio por boquillas	Puntos	Q experimental	Presión en la
Experimental	(l/min)	funcionando	(l/min)	toma (psi)
Q línea 2	16,6	10		1450
Q líneas 7 y 8	19,5	10		2175
Q línea 4	4,9	8		290
Q Total	13,66	28 salidas	382,48	

NOTA: Presión de trabajo 800 psi, Q teórico de la Bomba = 225 l/min

(

Tabla N°3. Caudal requerido por líneas suplidas por la Bomba Dos (2)

Experimental	Caudal promedio por boquillas	Puntos	Qexperimental	Presión en la	
	( l/min)	funcionando	(l/min)	toma (psi)	
Q linea 3	son el candio de 7,7 eno de las hema	11	enes mine	290	
Q línea 5	8,24	7		362.5	
Q línea 6	línea 6 6,3			290	
Q Total	7,41	28 salidas	207,57		

NOTA: Presión de trabajo 400 psi, Q teórico de la Bomba = 225 l/min

## II.3.2.2 Análisis de los Caudales experimentales de Trabajo

Se analiza el caudal requerido por el sistema actual experimentalmente de las líneas para evaluar la suficiencia de las bombas para abastecer el sistema y cubrir las necesidades de limpieza. <sup>19</sup>

Al analizar las tablas de las mediciones se obtienen dos resultados importantes:

La Bomba uno (1) debe suplir actualmente un caudal de 382,48 l/min, superior al caudal de trabajo de la bomba. De esta forma las bombas suplen un 69% del caudal requerido, lo cual indica que cuando se encuentra el sistema de limpieza trabajando al máximo, la bomba no tiene la capacidad de suplir el caudal requerido a las líneas 2, 4, 7 y 8.

La Bomba dos (2) suple a las líneas 6, 5 y 3, su caudal experimental es de 207,57 l/min, la presión de trabajo máxima observada en la salida de las bombas es de 400 psi.

<sup>19</sup> Ver anexo II.9.1"Tablas de análisis de caudal "

<sup>18</sup> Ver anexo II.9 " Tablas de caudal por bombas"



Siendo la presión teórica de salida de la bomba entre 1015 psi, en consecuencia las tomas según el caudal medido muestra presiones de 290 psi, representando caídas de 905 psi.

El caudal requerido para limpiar experimental las líneas se ve influenciado por fugas en las tomas por picos, conectores o válvulas en mal estado, ya que se observa en ciertas salidas deterioradas un caudal de salida de 3,11/min lo cual representa una presión de 200 psi en las tomas y una caida de 800 psi en el sistema, lo cual influye en la suficiencia de las bombas para abastecer el sistema, por otro lado el peor caso se obtiene en las tomas de 19,5 1/min que requerirían de 1450 psi lo cual es muy superior a lo que pueden suplir las bombas actuales, imposibilitando la autosuficiencia de las bombas para surtir tres (3) o cuatro (4) líneas como se encuentra actualmente.

# II.3.2.3 Discusión de resultados del Estudio de Caudales de Trabajo

En base a la evaluación del caudal que necesitan las líneas de limpieza y comparándolo con el caudal de diseño de las bombas se consuman varios puntos:

- Para mantener 28 salidas en promedio de alta presión con las que trabajan actualmente cada bomba, es insuficiente la capacidad de caudal de las mismas.
- Las presiones detectadas en las tomas son muy superiores o inferiores a las de diseño, esto es causado por alteraciones en las boquillas que causan fugas en estas tomas y por ende bajos caudales y presiones en otras.
- El motivo del mal funcionamiento de la bomba uno (1) y de la poca presión que se observa en las tomas se atribuye a la insuficiencia del caudal de las bomba para abastecer toda la limpieza. Esto indica los golpes observados en las tuberías y la caída del sistema de bombeo, a un ritmo de una (1) hora, los días de limpieza
- ✓ El sistema de tuberías presenta muchas fugas de agua en las salidas a lo que se atribuye
  pérdida de presión y exceso del caudal requerido
- La eficiencia a la cual están trabajando las bombas es de 26%, consecuencia de pérdidas por exceso de caudal o cargas mucho más bajas que la carga de máxima eficiencia de las bombas, trabajando a potencias bajas, como lo demuestran las detenciones de las bombas y las bajas presiones en la salida de 400-800 psi
- Se puede determinar que la causa principal del exceso de caudal necesitado por las líneas 2, 4, 7 y 8, para la limpieza, se debe a las irregularidades presentadas en las salidas

#### CAPITULO II- Situación Actual del Sistema de Alta Presión



como: falta de picos, boquillas perforadas y el mal estado de válvulas y mangueras, que altera la presión de salida de la toma y el volumen de agua

Existe ausencia de plan de operación y encargado del sistema por lo que el control es mas dificil, la falta de un plan de limpieza predeterminado, las negligencias, alteraciones y a la inadecuada operación de arranque /parada, causan colapso en el sistema

(

No obstante las consideraciones anteriores llevan a asociar directamente la indisposición del sistema con cavitación presenciada en limpiezas generales, produciendo fuertes vibraciones y ruidos excesivos por lo cual son detectadas en la medición de caudales básicamente: cargas mucho más bajas (200 psi) que la carga de máxima eficiencia de las bombas (1015 psi), capacidades (370 l/min) mucho mayores que la de las bombas (225 l/min), temperaturas del líquido mayores a las de diseño y velocidades más altas que las recomendadas por los fabricantes, ocasionadas por los bruscos cambios de sección y reducciones, causando el desmayo del sistema.

El sistema de conducción de alta presión ha sido modificado, debido a aumento en las necesidades de limpieza, presentando ramificaciones indeseadas que aumentan las pérdidas, lo cual genera en ciertas secciones de la red durante el vaciado y llenado de las tuberías la propagación de ondas elásticas a lo largo de la red, generando el desmayo del sistema.



# CAPÍTULO III-IDENTIFICACIÓN DE FALLAS DEL SISTEMA ACTUAL

#### III.1 DIAGRAMA CAUSA EFECTO

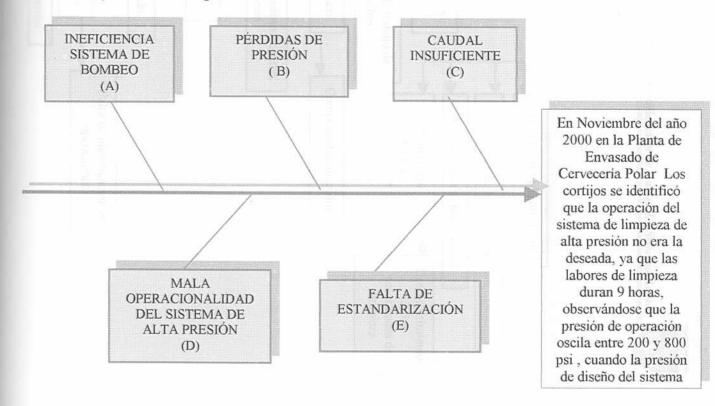
-

Para identificar los problemas e irregularidades del sistema se hizo un diagrama causa efecto. Luego de la observación del sistema y de entrevistar al personal para identificar las causas raíces o principales del mal funcionamiento se procedió a realizar un diagrama espina de pescado o causa efecto, puesto que el problema presenta múltiples causas de sus fallas, con la utilización de esta herramienta se puede conocer la causa raíz del mal funcionamiento del alta presión, dado que permite buscar las causas en varios niveles del problema principal. Las causas principales de los problemas están representadas por el nivel azul del diagrama, siendo el nivel amarillo la última causa del problema, lo cual permite tener una sensibilidad de las fallas sobre las cuales se deben tomar acciones correctivas a corto y largo lazo para mejorar el problema.

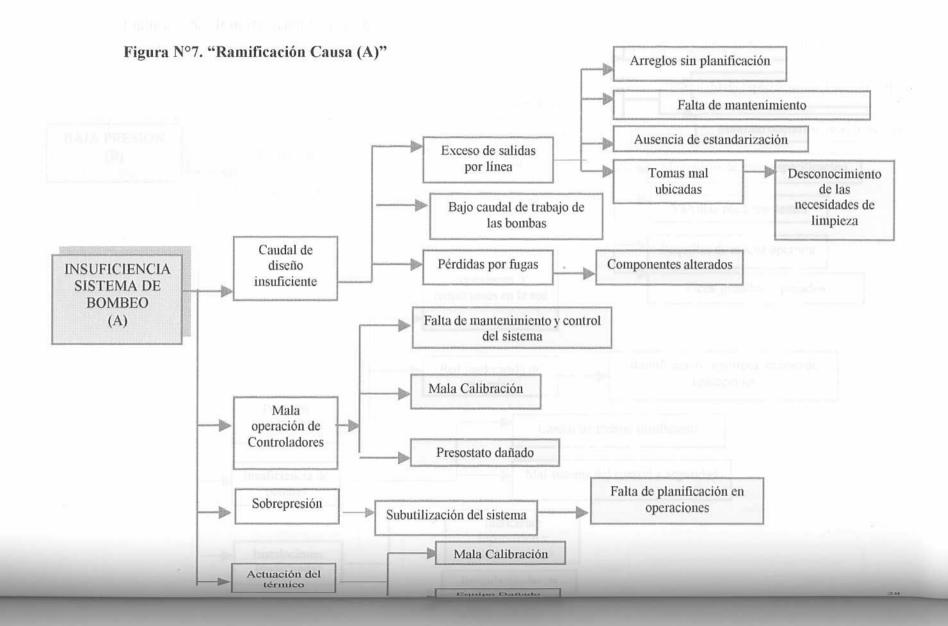
Una vez detectadas las causas principales, se analizan y se sugieren las acciones pertinentes para solucionar las fallas, que se han clasificado en A, B, C, D y E para facilitar la solución y hacerles referencia en el análisis y soluciones propuestas.

El diagrama causa efecto se muestra a continuación:

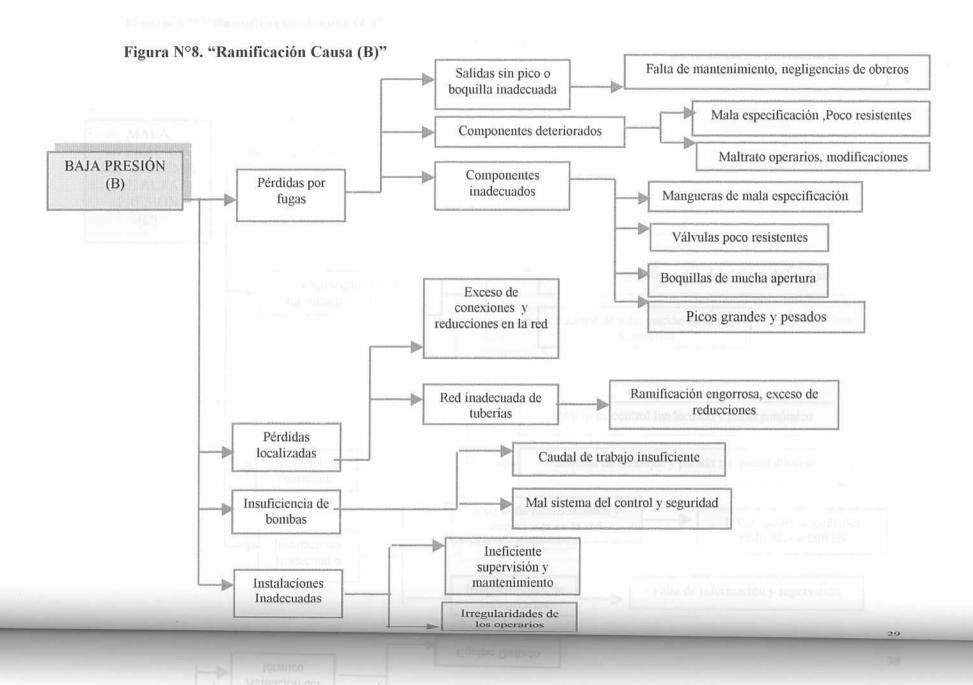
Figura Nº6. "Diagrama Causa Efecto"



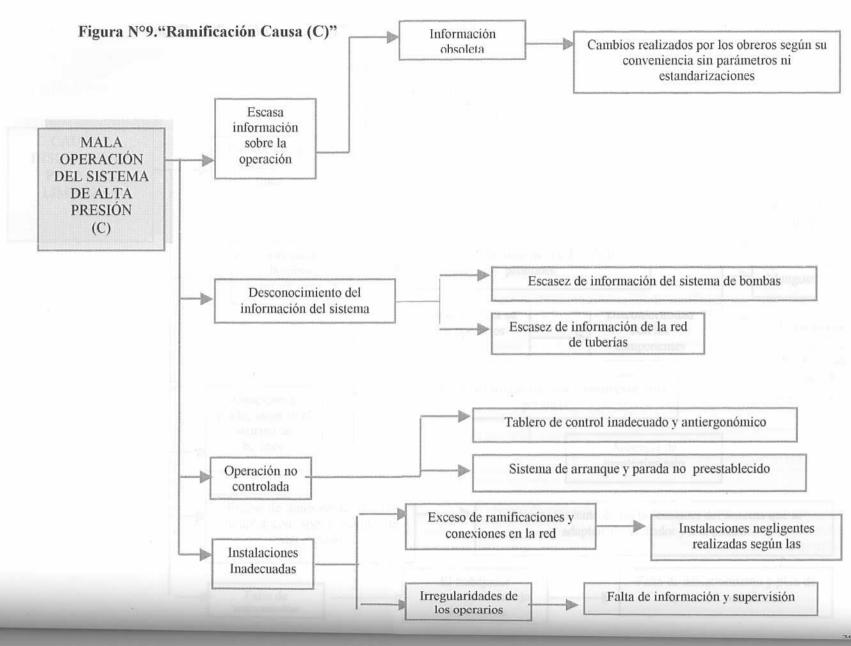














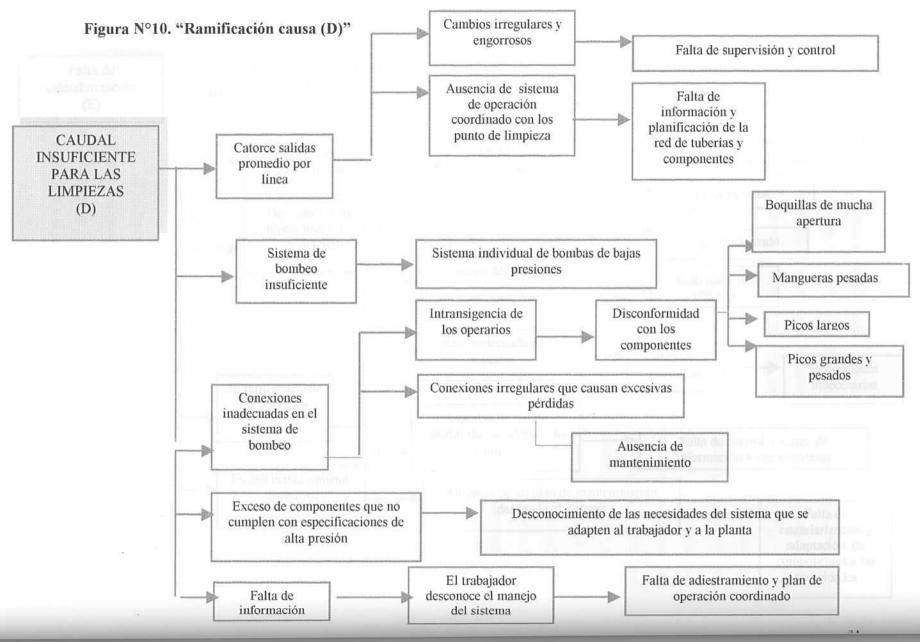
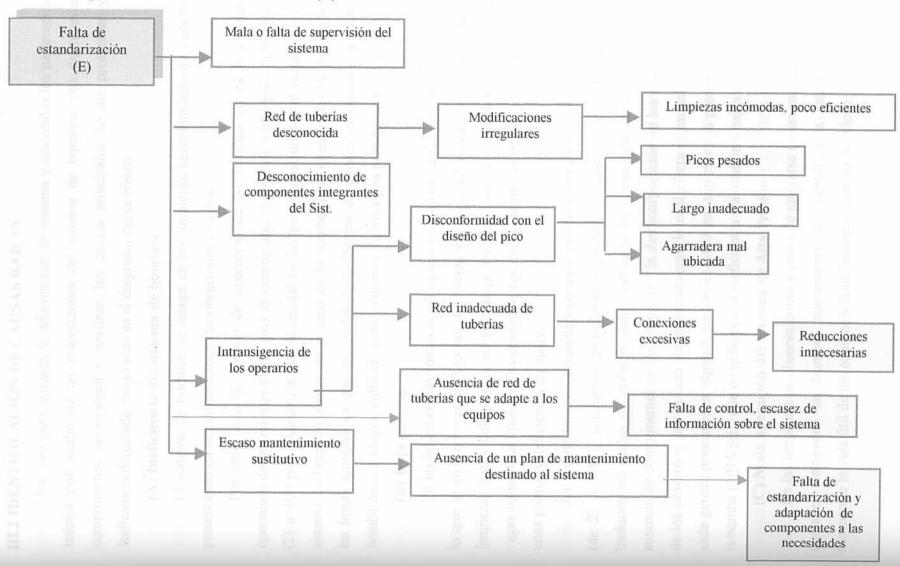




Figura Nº11. "Ramificación Causa (E)"





# III.2 IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS RAICES

Una vez caracterizada la información del sistema y analizados los parámetros de trabajo por medio de las inspecciones del sistema de bombeo, red de tuberías y componentes, se evalúan y analizan las causas principales de los problemas y la ineficiencia detectada, mostradas en el diagrama causa efecto:

### (A) Ineficiencia del sistema de bombeo

El sistema de bombeo se apaga en las limpiezas aproximadamente cada hora, presentando en ocasiones excesivas vibraciones y ruidos.

Por otro lado la presión de operación de las bombas no es la presión de operación de las mismas (1015 psi), la bomba uno (1) trabaja a 800 psi y la bomba dos (2) a 400 psi. Aunado a ello el caudal de las bombas es inferior al requerido por el sistema de limpieza actual, en el caso de la bomba uno (1) es imposible limpiar todas las líneas surtidas ya que el caudal de la bomba es inferior al caudal requerido; la bomba dos (2) logra suplir el caudal requerido pero a una presión inferior a la deseada

### (B) Baja presión

En las limpiezas las tomas de alta presión reportan caídas de 800 psi a 200 psi, a lo que se atribuye que el flujo sale sin fuerza y el agua no alcanza las zonas críticas de limpieza. Estas deficiencias se asignan a los deterioros encontrados en las tomas y vagas especificaciones en los componentes que generan fugas y excesos de caudal en unos puntos y deficiencia en otros.

La red de tuberías presenta excesivas ramificaciones y reducciones de diámetro (de 2" a 1/8"), generando considerables pérdidas localizadas y de fricción que se traducen en caídas de presión. Adicionalmente es detectado en las inspecciones la ausencia de componentes en las tomas, por la desincorporación de los mismos por parte de los obreros y por la falta de mantenimiento lo cual afecta el caudal requerido y por ende genera presiones en algunos puntos de 1450 psi superior a la presión de trabajo de la bomba (1015 psi,) que contribuye a la ineficiencia (cavitación y bajos caudales).

# (C) Mala operación del Sistema de Alta Presión

En las limpiezas se observa como a pesar de apagarse el sistema, cada hora, los operarios encienden las bombas nuevamente sin identificar la causa del colapso, mermando la vida útil de los equipos y contribuyendo con su deterioro.



Se comprobó la falta de calibración de los controladores de presión por lo que las bombas no pueden trabajar a la presión de operación deseada. Conjuntamente se detectan sonidos y golpes en las tuberías (cavitación), producto de que la presión en algún punto de la tubería alcanza valores críticos convirtiendo las condiciones del funcionamiento en precarias (bajas presiones y velocidades elevadas).

No existe plan de arranque o parada del sistema, por lo que no se tiene control sobre la operación atrasando las labores de limpieza y el sistema es inoperante.

#### (D) Caudal insuficiente

(

Los hechos como permanencia de boquillas perforadas, la ausencia de picos en las tomas, mangueras y válvulas rotas, causa que se requiera mucho más caudal para la limpieza que el caudal de diseño. Una salida con boquilla deteriorada gasta 25 l/min de agua y requiere de 2900 psi, cuando la correcta especificación es de 13,24 l/min para 1000 psi; así mismo las boquillas sobredimensionadas detectadas (2540), requieren de 75 l/min, siendo esto aproximadamente de 5 a 6 veces el caudal de diseño, lo que explica la insuficiencia de las bombas en la limpieza.

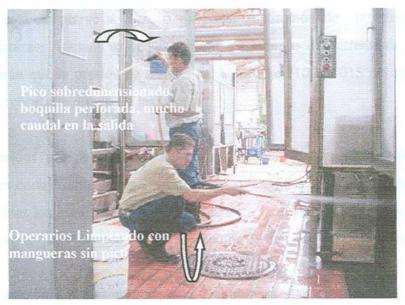
Por otro lado las líneas tienen un promedio de 12 a 14 tomas de limpieza, que el sistema de bombeo actual no puede abastecer, apagándose las bombas, presentando irregularidades, deteniendo la limpieza o arrojando caudales a bajas velocidades.

#### (E) Falta de estandarización

Una de las principales causas detectadas es la inadecuada especificación de los componentes como: boquillas de aperturas como abanico (65°), que hacen la labor de limpieza inefectiva puesto que el alcance del fluido es insuficiente para llegar a los equipos estratégicos; las mangueras son muy pesadas y dificultan la maniobra de limpieza, las válvulas no resisten las características del caudal y el maltrato, puesto que son de 600 psi y los picos son pesados; siendo estos factores causantes a menudo de incentivo a que el operario elimine algún componente de la toma. No existe un parámetro de control del buen o mal funcionamiento del sistema en las salidas de limpieza que indique si el resultado es satisfactorio o nó ( presión, caudal, velocidad). Las fotos siguientes ilustran las fallas mencionadas:



Figura N°12. "Causas de Fallas en las Limpiezas"





Todos los factores identificados como causas principales tienen como consecuencia final el que las limpiezas se demoren 9 horas y el excesivo mantenimiento correctivo, detenimiento del sistema y merma de la vida útil de las bombas.

#### III.3 SOLUCIONES PROPUESTAS PARA LAS CAUSAS RAICES

Conocidas las causas principales de las fallas del sistema se hacen una serie de sugerencias a estas:

(A) Ineficiencia del sistema de bombeo: se debe reducir el número de tomas para la limpieza en cada línea de acuerdo a la capacidad de las bombas, para lo cual se debe instalar boquillas que permitan regular el gasto de agua en la salida que corresponden a una presión que se pueda obtener en el punto más crítico con las presiones suplidas por las bombas actuales. La insuficiencia de caudal puede ser solucionada con la implantación de un arreglo de bombas que permita sumar



gastos y aprovechar las bombas actuales, puesto que entre las limitaciones del proyecto está adaptarse a ellas, o proponer sustitución de las mismas para mejoras futuras. Además se deben calibrar los equipos del sistema de bombeo, que permitan que la presión de trabajo del equipo sea 1000-1015 psi como lo es la presión teórica de diseño de las bombas.

- (B) Baja presión: principalmente se propone eliminar las irregularidades en las conexiones como fugas y presencia de picos o boquillas sobredimensionadas, así como calibrar los controladores de presión. Para la mejora se debe rediseñar una red de tuberías que minimice pérdidas, cambios de diámetro y accesorios
- (C) Mala operación del Sistema: se debe elaborar un plan de operación donde se coordinen la ubicación de las tomas con los equipos estratégicos, junto con un plan de arranque y parada controlado por un encargado o automático
- (D) Caudal insuficiente: la solución a esta causa es reducir los puntos de limpieza para lo que se debe estudiar los radios de acción de las mangueras aprovechando al máximo sus longitudes. Si el caudal requerido sigue siendo superior al suministrado por las bombas, se propone un arreglo de bombas que permita sumar caudales a energías constantes actualmente o evaluar una posible sustitución futura, para lo cual es conveniente simular la actuación del sistema para valuar la actuación de las bombas y la propuesta para sustituirlas. Buscar una boquilla cuyo caudal corresponda al que puede suplir el sistema de bombeo para obtener considerando las caídas ofrezca en las tomas presiones aceptables
- (E) Falta de Estandarización: se deben diseñar picos que se adapten a los equipos, instalar mangueras y boquillas de igual especificación, que cubran las expectativas de caudal y apertura. Estas acciones son propuestas para ser solucionadas en dos etapas, inicialmente con mantenimiento y reparaciones a corto plazo y una segunda etapa para una propuesta de rediseño del sistema basado en los resultados del mantenimiento y reparación.



## CAPÍTULO IV- MEJORAS DE LAS FALLAS atilo se utilizando son

#### IV.1 ACCIONES INMEDIATAS A CORTO PLAZO

Las acciones a efectuar a corto plazo para mejorar las fallas detectadas son<sup>20</sup>:

- Eliminar salidas, estandarizando el número de salidas por línea, 9 en promedio, de acuerdo a las dimensiones de cada línea variando entre 7 y 11 tomas, situadas en zonas estratégicas frente a los equipos necesarios y coordinar con la ubicación de los operarios y un plan de limpieza, con un estudio de radios de acción según las necesidades de cada zona y línea
- Implantar mangueras más largas que se adapten al radio de la zona a limpiar
- Calibración y verificación de los componentes controladores y de seguridad del sistema de bombeo para mejorar eficiencia del sistema de bombeo, asegurar la presión de salida deseada para conseguir las presiones aceptables en las tomas
- Reparación de los componentes deteriorados: picos, boquillas, mangueras y válvulas, sustitución de los componentes inadecuados: mangueras gruesas, picos largos y boquillas sobredimensionadas; reponer los elementos eliminados
- Diseño y elaboración de picos más livianos y cortos, que se adapten a las necesidades de los equipos y trajajadores
- Colocación de una válvula de bola entre el pico y la manguera para facilitar las limpiezas
- Instalar boquillas de menor ángulo de dispersión que se adapte a todas las zonas
- ✓ Adiestrar al personal e Informar y caracterizar todos los componentes del sistema

# IV.1.1 Radios de Acción de Mangueras

Se realizan los radios de acción en sitio y en plano para disminuir los puntos de limpieza, causa principal de ineficacia que hace insuficiente el caudal de las bombas para abastecer las tomas actuales, siendo punto clave a mejorar. Lo más importante es que no existan tomas que no sean utilizadas sin necesidad, para evitar gastos, con lo que nace la necesidad de coordinar la ubicación de la toma con el alcance de la manguera y las necesidades de la zona y equipos.

 $<sup>^{20}\,</sup>$  Ver an exo III.1 " Tabla de inspecciones y reparaciones "



Para la medición de radios de acción en sitio se utilizaron sogas gruesa de 10, 15, 20 metros que simularan el recorrido de las mangueras. Una vez efectuado este estudio se comprobó en plano las longitudes determinadas de las mangueras para llegar a los equipos donde se utiliza el sistema y minimizar las salidas. Se detecta que la longitud necesaria en las mangueras oscilan entre 15 m y 30 m, dependiendo de la zona, este alcance de las manguera permitió evaluar cuales salidas convienen para llegar a los puntos críticos y coordinar con la actuación de los obreros<sup>21</sup>.

### IV.1.2 Costos de Acciones inmediatas y Mantenimiento

Las reparaciones pertinentes llevadas a cabo en las reparaciones a corto plazo y el mantenimiento correctivo, buscando mejorar la situación actual, generan elevados costos en mantenimiento que se expresan para los primeros tres meses :

Tabla Nº4. Tabla de Costos de Mantenimiento Correctivo

Componente Reparado	Costo en 3 meses (Bs.)
Mangueras	3 450 000,00
Válvulas	972 000,00
Boquillas	1 620 000,00
Mano de obra	520 000,00
TOTAL	6 562 000,00

Los costos de mantenimiento son exabruptos, como se pudo observar en la tabla, puesto que los mecánicos constantemente sustituyen elementos deteriorados y alterados por los operarios causando no solo un gasto de material sino costo de mano de obra.<sup>22</sup>

# IV.1.3 Análisis de Resultados de los Cambios y Modificaciones Implantadas

Una vez realizadas las reparaciones y el mantenimiento sobre la marcha del proyecto, se obtienen varios beneficios que contribuyen con la mejora del sistema.

La tabla siguiente muestra los beneficios obtenidos por solventar las fallas a corto plazo, detectadas en el diagrama causa efecto, a continuación se puede apreciar la acción implantada para solucionarlas:

Tabla N°5. Beneficios de Modificaciones a Corto Plazo

<sup>22</sup> ver anexo III.3 " Tablas de costo de mantenimiento"

38

<sup>&</sup>lt;sup>21</sup> Ver anexo III.2 "Tablas de Radios de Acción"



CAUSAS ATACADAS	ACCION IMPLANTADA	MEJORA	BENEFICIO
Desconocimiento de la red y ubicación de tomas	Levantamiento de información y ejecución de planos	Mejora la información y rapidez en el mantenimiento	Conocimiento de la red y todos sus componentes
Falta de mantenimiento y reparación	Sustitución de elementos deteriorados y colocación de los inexistentes	Estandarización del sistema, gastos en mantenimiento correctivo de 6 562 000 Bs. en tres meses	Disminución en pérdidas de caudal y presión
Exceso de salidas	Estudio de radios de acción, implantando mangueras de 15 y 20 metros	Disminución a 9 salidas promedio por línea. <sup>23</sup> Disminuye el caudal requerido en la red surtida	Alcance de mangueras a todos los equipos necesarios minimizando salidas, adaptarse al caudal de las bombas
Apertura de agua indeseada	Implantación para prueba de boquillas de 25° de apertura y 13,24 l/min	Estandarización del caudal por toma 13, 24 l/min, caudal requerido bomba 1 de 383,96 l/min y bomba 2 357,48 l/min	Mayor alcance y fuerza en el fluido con menor detenimiento del sistema de bombeo
Baja Presión	Calibración de controladores y equipos de seguridad y eliminación de fugas	Aumento en las presiones de 200 a 800 psi del sistema inicial actualmente presentando entre 600 a 900 psi. Con una eficiencia en la bomba de 70% <sup>24</sup>	Más fuerza en las salidas de agua y menores caídas de las bombas
Disconformidad con los componentes	Diseño e implantación de picos	Picos livianos de 35 cm, con mango corto de acero inoxidable	Facilita las labores de limpieza y adapta el pico a todos los equipos

Finalmente evaluados los parámetros de trabajo del sistema, se detecta que a pesar de los beneficios obtenidos en esta etapa, el caudal suplido por las bomba uno (1) y dos (2) sigue siendo insuficiente para limpiar todas las líneas que ellas surten a la vez, en caso de limpiar todas las líneas surtidas por una bomba se obtendría en cada toma 8 l/min con una presión de 370 psi según las especificaciones de las boquillas, representando en el sistema pérdidas de 630 psi de presión. Además la adaptación del operario al cambio no ha sido satisfactoria por lo que todavía se incurre en alteraciones y deterioros negligentes al sistema, causado por el poco caudal que se obtiene en las tomas, incrementando el mantenimiento correctivo y la insuficiencia de caudal.

longiu

<sup>&</sup>lt;sup>23</sup> ver anexo III.3.1 "Plano de ubicación de puntos mejora a corto plazo" ver anexo III.3.2 "Mejoras en la etapa de mejora a corto plazo"



Como resultado de esta etapa no se pueden limpiar al mismo tiempo, todas las líneas suplidas por una bomba, sin embargo las limpiezas se reducen a 7 horas, puesto que la calibración de los controladores del sistema de bombeo disminuyó las detenciones del mismo, lográndose presiones mayores, operando las bombas a 1000 psi en el arranque de la jornada.

En vista de que la meta es reducir la limpieza a 5 horas y se desea mayor eficacia en el sistema, mejor caudal y por ende presión, se deja capítulo abierto para el desarrollo preliminar de un rediseño, que corrija los problemas que requieren de un plazo mayor para su solución.

#### IV.2 ACCIONES PROPUESTAS A LARGO PLAZO

Conocidos los resultados de las acciones a corto plazo se busca mejorar la situación y se proponen los cambios que atacan las causas de las fallas a ser reparadas a largo plazo. De esta forma se proponen soluciones enfocándose en dos factores importantes, red de tuberías y componentes, y sistema de bombeo como sigue<sup>25</sup>:

#### IV.2.1 Acciones en el Sistema de Bombeo

- ✓ Sustituir el sistema de bombeo<sup>26</sup>, es evidente que una bomba no logra surtir tres líneas de limpieza como lo presenta la conexión actual, por lo que se debe evaluar la posibilidad de aprovechar las bombas actuales con un arreglo en paralelo que permita sumar gastos y conectarlo a todas las redes o proponer bombas nuevas, que las limitaciones hacen imposible sustituir actualmente.
- Diseñar un plan de seguridad controlado por caudal para evitar sub utilización del sistema o sobre utilización del sistema, además permite automatizar el encendido y apagado de las bombas según las necesidades del caudal
- ✓ Diseñar un tablero de control que muestre todas las indicaciones de los componentes que regulan el sistema, arranque y parada
- Colocar un contador de horas de limpieza para realizar a las 500 horas y 1000 horas de operación el mantenimiento preventivo para evitar el deterioro irregular de las bombas

26 "El sistema se debe adaptar a las bombas presentes actualmente en el sistema como lo indican las limitaciones del proyecto"

<sup>&</sup>lt;sup>25</sup> Ver anexo III.4 "Irregularidades en el sistema"



- Instalación de filtros Y antes de la succión de las bombas con purgas para impedir el paso de sólidos y garantizar la vida útil del sistema de bombeo y boquillas
- Instalar controladores de caudal y presión que estén correctamente calibrados para la presión de salida deseada 1000 psi.

### IV.2.2 Acciones en la Red de Tuberías y Componentes

La red de tuberías debe adaptarse a las necesidades, minimizar pérdidas y contar con componentes que ofrezcan los valores necesarios de caudal y presión pero que faciliten las labores al trabajador:

- Rediseñar la red de tuberías adaptándose a la planta eliminando ramificaciones innecesarias, estandarizando los cambios de sección y reduciéndolos al mínimo
- ✓ Controlar los cambios en el sistema y supervisar las especificaciones
- Implementar componentes que se adapten a las necesidades: boquillas de 25° de apertura, mangueras hidráulicas resistentes del largo adaptado a las zonas (15 y 30 metros) y válvulas hidráulicas en las tomas
- ✓ Diseñar e Instalar un enrollador de mangueras, para facilitar el manejo de estas
- Adiestrar y concienciar al personal de la operación y asignar un encargado al sistema para controlar la operación, el arranque y la parada
- Elaborar un plan de limpieza coordinado con los puntos definitivos con las labores de los trabajadores y necesidades de limpieza para aumentar la eficacia de las limpiezas y reducir los tiempos

Estas acciones constituyen una propuesta para implementar los cambios necesarios en el sistema en búsqueda de disminuir a 5 horas la limpieza y obtener que el caudal requerido por el sistema sea suplido por las bombas para limpiar todas las líneas al mismo tiempo consiguiendo en las tomas la presión deseada (800-1000 psi), adaptación del trabajador al sistema y coordinar adecuadamente la ubicación de los puntos de limpieza con la jornada de producción y el número de operarios .



## CAPÍTULO V- REDISEÑO DEL SISTEMA DE ALTA PRESIÓN DE AGUA

### V.1 REDISEÑO DE LA RED DE TUBERÍAS Y ADUCCIÓN

El rediseño de la red de tuberías fue realizado con la intención de disminuir pérdidas en la red y de sanear las tuberías, con la finalidad de eliminar una serie de cambios de diámetros existentes en la red de cada línea y de estandarizar el sistema, donde todos los componentes tengan las especificaciones idóneas adaptadas a las necesidades de limpieza de la cervecería y a la capacidad de las bombas garantizando el funcionamiento del sistema de bombeo para reducir las labores y costos.

#### V.1.1 Bases del Rediseño

Para el diseño estructural de la red de tuberías se prestó debida atención a varios factores inherentes al proyecto entre los cuales se destacan los siguientes:

- Material de la red de tuberías
- Presión de trabajo del sistema
- Características del área y planos donde se instalará la red
- Evaluación de las condiciones de trabajo en la zona de instalación
- Pérdidas en la red de tuberías
- Necesidades de limpieza según las zonas de la línea de producción.

Para ello se detectó que el material idóneo en estos casos es el Acero Inoxidable sin costuras, calidad 304 para soportar altas presiones, esta decisión es tomada puesto que estas son las especificaciones de las tuberías utilizadas para altas presiones en Cervecería Polar, "Los diámetros, espesores y longitudes de los tubos sin costuras están normalizados"<sup>27</sup>.

## V.1.2 Propuestas de la Red de Tuberías

En búsqueda de adaptarse a las necesidades de limpieza y a las características de la planta de envasado se evaluaron dos propuestas de red de tuberías.

### Propuesta 1

La red de tuberías básicamente es aérea; sale del sistema de bombeo la tubería principal (d=2") y atraviesa la planta de envasado, conectado a ella las tuberías secundarias (d=1"), que se ramifica en el techo. De esta red secundaria se conectan las tuberías de ½" que bajan a las líneas de aproximadamente 3,5 m dependiendo de las facilidades de soporte.

42

 $<sup>^{27}\!\!&</sup>lt;\!\!$  Méndez, Manuel, Tuberías a Presión, Venezuela, 1995, Pág. 8.2 >



#### Propuesta 2.

La tubería principal (d=2") sale del cuarto de bombas soldada y atraviesa la planta a nivel del techo (desde la línea 6 hasta la línea2), sujeta a la pasarela donde se encuentra la sala de control al nivel de las llenadoras de las líneas 6, 5 y 4 y en la mallena en las líneas 3 y 2. En estas zonas baja fijada a las columnas de la planta la tubería de 1" de diámetro a ambos lados de las línea saliendo de estas la rama de ½" que distribuye la red a nivel de las vías de botellas y cajas adaptándose a las características de las vías y equipos, llegando las salidas a los puntos estratégicos. En el caso de las latas la tubería principal de conecta con la principal de 2" en la pasarela y parte una tubería de 1,1/2" hacia las latas, a nivel de techo salen tres ramificaciones de 1" de diámetro por los pasillos de estas líneas (7 y 8), en cada punto de limpieza bajan a nivel de vías tuberías de ½" de diámetro y aproximadamente 3,3m de largo. En esta propuesta se consideró la conexión de válvulas de bola en la ramificación de 2" a 1" es decir en la bajada de las líneas cuya función será cerrar el paso de flujo hacia las vías en una línea determinada para labores de mantenimiento.

### V.1.2.1 Toma de Decisión sobre la Propuesta más Viable

Evaluando ambas propuestas en la tabla siguiente se analizan las fortalezas y debilidades de cada una para la selección:

Tabla Nº6. Fortalezas y Debilidades de las Redes Propuestas

	Propuesta 1	Propuesta 2
Fortalezas	Facilidad de llegar a los puntos     estratégicos sin esquivar equipos	<ul> <li>Facilidad de instalación, soportando a las vías la red de ½" y a la pasarela de sala de control la tubería principal</li> <li>Facilita el mantenimiento, fácil y práctico acceso a la red</li> <li>Alternativa más económica</li> </ul>
Debilidades	<ul> <li>Ausencia de pasarelas y soportes para sujetar la red al techo</li> <li>Dificulta el mantenimiento cíclico que requiere el sistema</li> <li>Es una alternativa más costosa</li> </ul>	La red debe esquivar equipos y adaptarse a la forma de las vías para soportarla

Dadas las fortalezas de la propuesta dos y representando una alternativa más económica (ver capítulo VII.1.1"Estudio de Costos del Proyecto"), en esta etapa se



presentan las alternativas a la Gerencia de envasado y es aprobada la propuesta 2, por lo que el proyecto continúa con la descripción de la propuesta aceptada, para efectos de seguir con la caracterización del rediseño.

# V.2 CARACTERÍSTICAS Y DETALLE DE LA RED PROPUESTA SELECCIONADA

Se considera de suma importancia el que existan unos planos donde dataran todas las características del rediseño propuesto para facilitar labores futuras de modificaciones e identificar cada uno de los componentes propuestos <sup>28</sup>, y evaluar las variaciones de caudal presión obtenidas en cada punto.

La red de tuberías propuesta minimiza las ramificaciones y reducciones de diámetro presentando los puntos estratégicos previamente fijados con el estudio en planta de radios de acción. En el desarrollo del rediseño es pertinente identificar cada uno de los componentes que conformarán la red, dimensiones y materiales a utilizar para efectos de cálculo y mantenimiento<sup>30</sup>. La figura siguiente muestra la zona donde se soportan las redes propuestas:

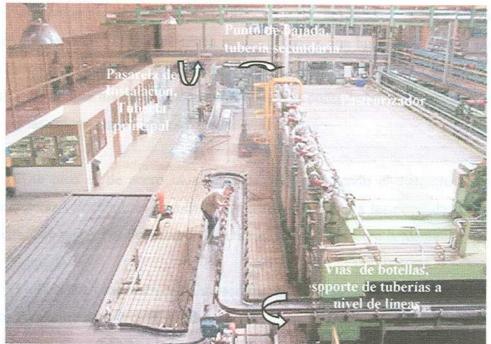


Figura Nº13. "Soporte y Ubicación de Redes Propuestas"

<sup>&</sup>lt;sup>28</sup> Ver anexo IV.1 "Red de Alta presión del rediseño"

Ver anexoIV.1.1 "Ubicación de tomas de Alta Presión del Rediseño"
 Ver anexo IV.1.2 "Tablas de Tuberías y dimensiones del rediseño"



# V.2.1 Características de los Componentes para las Tomas

La fase de investigación requirió de pruebas y cotizaciones para acercarse lo mejor posible a suplir las necesidades pero al menor costo.

De esta forma en cada salida de las red existe una toma con válvula de bola de ½" entre el tubo y la manguera, una manguera de 15 m en todas las zonas y 30 m en el pasteurizador y lavadora, resultados de los radios de acción, una válvula de bola de 3/8" para cerrar el flujo de agua en la limpieza sin regresar al punto y una pico de acero inoxidable con una boquilla, que con un caudal de 12,4 l/min garantiza 870 l/min en las tomas que se encuentra en el rango de presiones aceptadas. 31

#### Válvulas

Válvulas de bola (Swagelok de la serie 60), de acero inoxidable. La utilidad de la válvula de ½" en el punto es para cerrar esa conexión en caso de ser necesaria cualquier reparación o cambio en las mangueras que se pueda vetar esta salida sin necesidad de trancar toda la línea, tienen una durabilidad de 1 año sin reparación según pruebas realizadas en la Planta de Oriente.

### Mangueras

Mangueras termoplásticas que ofrecen mayor flexibilidad, excelente resistencia a los cortes de vidrio, la fibra sintética resiste la fatiga, son ligeras, 60% más ligera que las de goma con malla metálica, el peso de la conexión de 15 metros es 2,40 kg. Esta manguera se adapta más a las necesidades que otras consultadas de goma con mallas de acero y a las anteriormente utilizadas.

#### Pico

Este pico es de acero inoxidable de 1/8" reduciendo el diámetro en la salida para aumentar velocidad, es más liviano y corto, se adapta a las necesidades de todas las zonas, este pico es elaborado por la cuadrilla de mecánicos en la planta.

#### Boquilla

La boquilla propuesta es de menor apertura que las originales, para tener mayor alcance (Wahsljet de 1/8" MEG), de especificación 2507 cuyo ángulo de dispersión es de 25° lo cual se acordó con los operarios y es la especificación que más se adapta a las necesidades de los equipos y tener mayor alcance, tiene un caudal de salida de 13,24l/min, que entrega 1015 psi en la salida, considerando las características de las

<sup>31</sup> Ver anexo IV.1.3 " Componentes propuestos para el Rediseño"



bombas actuales se pretende alcanzar un caudal de 12,4 l/min obteniéndose 870 psi que puede ser abastecido por las bombas actuales de 1015 psi en la salida del sistema de bombeo.

#### V.3 SISTEMA DE BOMBEO PROPUESTO

Luego de conocer las necesidades del sistema de limpieza, se decide que el arreglo de bombas debe ser en paralelo para sumar caudales de las unidades instaladas (con la misma carga total), siendo esta la principal deficiencia del sistema ya que se deben utilizar las bombas actuales por ausencia de presupuesto. Conocidas las características de operación de las bombas y dado que tienen 10 años de utilización se debe evaluar la suficiencia de las bombas actuales, por lo que se pretende simular la red de tuberías del rediseño con la propuesta de un arreglo de bombas y obtener resultados más confiables. Los requerimientos del arreglo de bombas en paralelo para el rediseño son:

- 1. Instalación de 3 bombas (bombas actuales), conectadas en paralelo para garantizar el caudal requerido y alternar la actuación de las bombas según las necesidades de limpieza para asignar igual utilización a los tres equipos .
  - 2. Control vía PLC de la seguridad y operación del sistema
- 3. Garantizar una presión entre 800 y 1000 psi con un caudal de bombeo mínimo tal que permita limpiar una línea de envasado y máximo todas las líneas a la vez (2, 3, 4, 5, 6 y latas). La tubería de descarga (manifold), debe contar con un medidor de caudal para realizar el control automático del encendido de las bombas en base a las necesidades de limpieza
- 4. Procedimiento de arranque y parada para garantizar el funcionamiento, instalación de válvulas de seguridad y controladores que activen automáticamente el sistema, así como instalar válvulas check
- 5. Tablero de funcionamiento bien señalado, cumpliendo con la Ergonomía que debe tener un sistema productivo para detectar fallas y controlar el sistema
- 6. Asignar un supervisor del sistema donde las responsabilidades de operación dependan de este el cual debe conocer plenamente el sistema operativo.
- 7. El arreglo de bombas debe evitar transmisiones de vibraciones a la red de tuberías por lo que las tuberías de descarga y succión directa deben estar conectadas por



mangueras hidráulicas las bombas y el soporte de las bombas no debe estar sujeto a la tubería sino al piso ó a la pared, además las bombas se deben apoyar en amortiguadores y gomas que absorberán estas vibraciones.

- 8. El suministro de agua al arreglo de bombas proviene de PTAB (planta de tratamiento de agua blancas), por lo que en la tubería de succión (manifold) debe tener un controlador de presión (Presostato), que garantice la presión de succión de las bombas (9 bar- 130 psi) y evitar cavitación.
- 9. La descarga debe tener una válvula reguladora que impedirá aunque se cierren todos los puntos de limpieza que la presión aumente y dañe algún componente del sistema de bombeo, por lo que el manifold de descarga está conectado al alivio
- 10. La descarga debe presentar amortiguador de pulsaciones que permite la expulsión de aire cuando la tubería funciona a presión

#### V.3.1 Bombas Del Rediseño

Las bombas presentes en el rediseño del sistema son las bombas actuales del sistema inicial, bombas de 225 l/min y 1015 psi (speck p70/225), de desplazamiento positivo. Estas entregan una cantidad fija de fluido en cada revolución de la bomba por lo que la entrega o capacidad de la bomba no se ve afectada por los cambios en la presión ideal para un sistema de alta presión. Tomando en cuenta que se evaluará con una simulación la actuación de las bombas ante el sistema.<sup>32</sup>

### V.3.1.1 Arreglo de Bombas en Paralelo

Para suplir las necesidades de caudal que requiere el sistema a presión constante se decidió utilizar un arreglo de bombas en paralelo, ya que el sistema requiere de mayor caudal que el caudal de diseño de las bombas y hay que adaptarse a las bombas presentes, por la falta de presupuesto, para ello se identifican los elementos que componen el arreglo de bombas adaptado a las necesidades del alta presión de Cervecería Polar los Cortijos<sup>33</sup>. En esta etapa se hace referencia a las características del sistema mostrado en los planos del rediseño del arreglo de bombas.

#### V.3.2 Bases del Diseño de Bombas

Se hace énfasis en los siguientes aspectos para la selección del adecuado régimen de bombeo y garantizar que las bombas actuales suplen las necesidades:

-

<sup>32</sup> Ver anexo IV.2 "Bombas del Rediseño"

<sup>33</sup> Ver anexo IV.3 "Plano de arreglo de bombas"



- El caudal de bombeo debe suplir las necesidades de todas las líneas limpiando más un factor de seguridad 700 l/min
- El NPSH disponible del sistema debe ser igual o exceder el requerido por la bomba para la exitosa succión y garantiza la presión de succión de la bomba de 9 bar

#### V.3.2.1 NPSH

Se realizaron los cálculos pertinentes para permitir la entrada a la bomba un flujo parejo para evitar fenómenos de cavitación y deficiencias como las existentes el sistema actual. Basándose en los resultados el NPSH disponible de 92,11m, a sabiendas que el NPSH requerido por las bombas es 11,5 m, se comprueba que se cumple con los requerimientos de succión del líquido.

### V.3.2.2 Línea de Succión y Descarga

Detalles de la línea de succión.

Se refiere a todas las partes del sistema de flujo desde la fuente del fluido hasta la entrada de la bomba y ésta está constituida por una tubería de d=3" (manifold) a la cual están conectadas en paralelo las bombas por medio de tuberías flexibles. En este se encuentra un presostato que garantiza la presión de succión de la bomba y un térmico que evita superar la temperatura máxima tolerable por la bomba (70 °C).

#### Detalles de la línea de descarga

La línea de descarga está compuesta por una tubería (manifold) de d=2" al cual se conectan las bombas por medio de mangueras hidráulicas. Justo a la salida de la bomba se encuentran un manómetro, válvula reguladora y válvula de bola. Desde la válvula reguladora sale una bifurcación donde se encuentra la descarga d=2" y el alivio que es también de manguera hidráulica de d=1", que descarga al manifold de succión.

### V.3.3 Caudales de Trabajo y Dimensiones del Sistema

Se realizaron los cálculos de caudal requerido por las líneas para la limpieza con las salidas propuestas en el rediseño (boquillas de 13,24 l/min) y garantizar el caudal de operación en las líneas y la limpieza del número de líneas necesarias en las limpiezas generales consideradas las más críticas, con las bombas presentes. En la tabla siguiente se muestran las necesidades de caudal del rediseño:



Tabla N°7. Cálculo de requerimientos de Caudal

Linea	Puntos Operando	Boquilla	Caudal por Línea (I/min)	
2	9	2507	119,16	
3	8	2507	105,92	
4	7	2507	92,68	
5	7	2507	92,68	
6	8	2507	105,92	
7 y 8	10	2507	132,4	
TOTAL	49	Simes.	648,8	

NOTA: Caudal de salida por punto es 13,24 l/min, presión teórica 1000 psi.

En vista de los cambios de sección en la red y por consiguiente causante de pérdidas en tuberías se estima la velocidad del fluido para efectos de línea de energía, considerando en este punto que al aumentar el caudal incrementa la velocidad del fluido lo cual es considerado en los cálculos 34

#### V.3.4 Determinación de Caudales

En la determinación del caudal máximo probable se utiliza el método del número total de piezas servidas, se considera 13,24 l/min (boquilla estandarizada propuesta), el factor de gasto del punto de salida y se multiplica por el número total de salidas, este resultado indica el caudal requerido.

Según el número de líneas operando se determina las necesidades de caudal para la operación, puesto que el caudal requerido por el sistema es la principal deficiencia detectada en el sistema original. Para observar los requerimientos de limpieza de la planta se evalúa como aumenta el caudal según las líneas en operación de limpieza y conocer el caudal máximo, para comparar con el caudal de trabajo de las bombas en paralelo y justificar que el arreglo. En la gráfica siguiente se puede observar que cuando hay tres bombas en paralelo de las especificaciones de las bombas actuales es que se alcanza el caudal requerido por el rediseño (0,648 m³/seg):

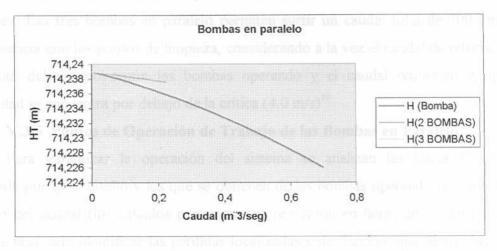
35 ver anexo IV.2 "Tablas y gráficos del rediseño"

49

<sup>34</sup> ver anexo IV.4.1 "Tablas de caudal del rediseño"



Gráfica N°2. Caudales de Bombas en Paralelo



Se puede observar como el arreglo de bombas en paralelo promete adaptarse a las necesidades de caudal máximo requeridas por la red diseñada y garantizar la energía que requiere el diseño, siendo en este caso más importante considerar que el arreglo cumpla con el caudal requerido por el sistema (648 l/min), par suplir de agua a todas las líneas simultáneamente, deficiencia principal detectada en el sistema anterior, y lograr en las salidas una presión aceptable entre 800- 1000 psi a todas las líneas para cubrir las necesidades de limpieza.

En la tabla siguiente se muestran los requerimientos de caudal del rediseño, estableciendo cuantas bombas deben operar para limpiar varias líneas, considerando además que al limpiarse una sola línea debe existir un retorno o alivio para compensar el caudal requerido por el sistema, en la tabla se evalúa la utilización de las bombas, a medida que se limpian varias líneas a la vez:

Tabla N°8. Requerimientos de limpieza alta presión

# Tomas Linea	Caudal/linea (l/min)	Caudal acumulado (l/min)	Velocidad de Salida bombas (m/s)	H (m)	Bombas Operando	Caudal retorno (l/min)	Velocidad retorno (m/s)
7	92,68	92,68	0,48	695,64	BOMBA	132,32	1,929
7	92,68	185,36	0.97	695,68	1 -1	39,64	0,579
8	105,92	291,28	1,53	695,75	BOMBA	158,72	2,32
8	105,92	397,2	2,09	695,85	2	52,8	0,7719
9	119,16	516,36	2,72	696,00	BOMBA	183,64	2,67
10	132,4	648,76	3,41	696,22	3	51,24	0,75
Máximo		700,00	3,69	696,33			

Dado que el sistema en paralelo presenta en este caso 3 bombas y deben garantizar cubrir el 100% del caudal demandado por los puntos de limpieza, se observa en el cuadro como el gasto suplido por las tres bombas en paralelo alcanza para las



necesidades de limpieza requeridas por el rediseño, incluso para limpiar todas las líneas a la vez. Las tres bombas en paralelo permiten surtir un caudal total de 700 l/min en consonancia con los puntos de limpieza, considerando a la vez el caudal de retorno en el manifold del arreglo según las bombas operando y el caudal requerido, y que la velocidad se encuentra por debajo de la crítica (4,0 m/s)<sup>36</sup>

### V.3.5 Puntos de Operación de Trabajo de las Bombas en Paralelo

Para garantizar la operación del sistema se analizan las líneas de energía requerida por el rediseño y las que se obtienen de las bombas operando en paralelo, en función del caudal (los cálculos pertinentes se realizaron en hojas de cálculo), para lo que fue necesario identificar las pérdidas localizadas y de fricción, que dieron lugar a la ecuación de la red que se muestra:<sup>37</sup>

Nota: La presión de salida de las bombas considerada es la de diseño, 1015 psi.

El cuadro siguientes muestra la altura total del sistema , según el caudal de operación:

Tabla Nº9. Cálculos Altura de Energía Sistema

Q (m³/seg)	HT Sistema (m)	H (m) (1 BOMBA)	H (m) (2 BOMBAS)	H (m) (3 BOMBAS)
0	714,0392	714,239	714,239	714,239
0,096	714,044158	714,237778	714,238411	714,238613
0,128	714,048015	714,237331	714,238205	714,238479
0,160	714,052973	714,236865	714,237994	714,238343
0,193	714,05924	714,236363	714,237771	714,238201
0,225	714,066436	714,235856	714,23755	714,238061
0,291	714,084758		714,237079	714,237765
0,397	714,123994	OUT TOWN TOWN	714,236277	714,237269
0,516	714,182446			714,236685
0,648	714,265108			714,236001
0,7	714,30282	gree la rag	Ber IIII TIIIIS	714,235721

Conocido con estos cálculos que las bombas logran suplir la energía que necesita el fluido para abastecer la red de tuberías para la limpieza, con la presión deseada y el caudal requerido, nace la necesidad de simular el funcionamiento de las bombas ante el rediseño de la red y garantizar la operación del sistema propuesto para la implantación.

37 Ver anexo IV.5 "Tablas de cálculos del sistema y curvas de Operación "

<sup>36 &</sup>lt; ACEVEDO, Acosta. Manual de hidráulica, Edit. Harla, 1975, México, pág.254>



# V.4 DESARROLLO PRELIMINAR DE UN PLAN DE OPERACIÓN Y LIMPIEZA

Con miras a lograr uno de los objetivos del proyecto es necesario diseñar un plan de operación para la reducción del tiempo de limpieza de 8 a 5 horas. Para el diseño del plan es pertinente tomar en cuenta la ubicación estratégica de los puntos en las líneas para lograr sincronización entre ubicación y operación. La reducción del tiempo consiste fundamentalmente en:

- A. Se realiza una revisión en campo de los procedimientos existentes y labores de cada puesto de trabajo (tiempo), enmarcado en los procesos de Finalización de jornada y rutina de limpieza, con la participación de 9 observadores
- B. Una vez revisados los procedimientos de finalización y limpieza se realizan reuniones para unificar la información, concluyéndose que es necesaria la reestructuración del orden seguido tradicionalmente en las limpiezas
- C. Para la reestructuración de la rutina de limpieza se efectúan los pasos y tiempo necesario del procedimiento propuesto para el rediseño, para cada equipo y zona (lista de chequeo)<sup>38</sup>

En función a la nueva estructura a seguir en las limpiezas se engrana el nuevo procedimiento de limpieza con sus tiempos respectivos en cada paso. Se concluye que es necesario ingresar 3 operarios (sobretiempos), adicionales a los 6 constantes, con la finalidad de apoyar algunos pasos a lo largo de la línea, la limpieza comienza desde los desembaladores desde el final de producción avanzando hasta la lavadora y así hasta los embaladores, de la siguiente manera según la ubicación estratégica de las tomas:

- Un operario en la lavadora por dos horas y luego se cambia al pasteurizador por sus últimas horas de sobretiempo
- ✓ Los operarios de las llenadoras deben limpiar en dos horas y al concluir pasan a la mal-llena

52

<sup>38</sup> Ver anexo IV.7 "Plan de Operación de la limpieza del Rediseño"



D. Para verificar las labores se utilizan las listas de chequeo diseñadas para orientar el trabajo en cada puesto para el rediseño<sup>49</sup>

# Ventajas del plan de operación

Se realizan las pruebas contando con un número de observadores concluyendo lo siguiente:

- La centralización de las tomas en sitios estratégicos con el adecuado largo de manguera disminuye los paseos y caminatas de los operarios
- La apertura de las boquillas y la velocidad del fluido reduce los tiempos de remoción de sucios como plásticos y permite mayor alcance ara la limpieza de los pisos
- ✓ La simultaneidad del final de producción con la limpieza permite aprovechar el tiempo de los operarios en la zona de los desembaladores y lavadoras mientras avanza la producción de forma tal que cuando esta finalice, estos operarios ya limpiaron su zona y pasan al pasteurizador, disminuyendo personal y tiempo
- Se realizan reuniones intensivas luego de las inspecciones con el personal ara explicarles el alcance que se tiene y la importancia de su participación, consiguiendo una gran participación activa del personal que ocupa cada puesto, estos hacen comentarios y muestran el contento por la mejora
- ✓ En la actualidad se tienen constituidos estos procedimientos en la práctica, con el apoyo de los check list y la sincronización entre ubicación de las tomas y el plan se logra reducir la limpieza a 5 horas en la línea dos (2), limpiezas de prueba.

# V.4.1 Propuesta de Operación

El sistema propone un sistema de seguridad y control que consiste en un dispositivo de medición de flujo, presión y temperatura con controladores de procesos automáticos. Para este es necesario la presencia de los componentes que presenta el arreglo<sup>39</sup>.El sistema puede trabajar con válvulas de solenoide accionadas eléctricamente. Las válvulas interrumpen la circulación cuando el caudal de trabajo no es el prestablecido para un rango de presiones y temperatura para lo cual se instala el presostato y el térmico.<sup>40</sup>

Se deben tener en foco a la hora de activar o desactivar el sistema:

39 Ver anexo IV.6 "Dispositivos de medición"

<sup>49</sup> ver anexo IV.7 "Plan de operación- lista de verificación"

<sup>40</sup> Ver anexo IV.6" Manual de Operación propuesto"



- La Presión en el sistema de bombeo de salida debe estar comprendido entre los 1000-1015 psi de presión de presión, preferiblemente 1015psi para garantizar presiones en las tomas más críticas de 730 psi, en el caso más desfavorable de todas las líneas limpiando siendo las pérdidas de 290 psi (20 bar)
- En las bombas hay válvulas reguladoras que se activan automáticamente evitando cambios inesperados en la presión de la red. De ser mínimo el caudal requerido por limpieza el fluido retorna por el alivio al manifold principal (tubería de succión y descarga)
- Las válvulas de bola cuya función es tener presente unos censores que indiquen si se puede poner o no el funcionamiento el sistema, este solo se podrá poner en funcionamiento cuando estas están abiertas.
- ✓ ARRANQUE, para el arranque del sistema se debe controlar que estén abiertas las válvulas de paso desde las bombas hasta las tuberías de distribución principal.
- PARADA, para detener el sistema los controladores deben de indicar que las válvulas se han cerrado desde las bombas hasta la tubería y abrir todas las válvulas de purga hasta que salga toda el agua.
- En la tubería de descarga una válvula permite el mantenimiento del sistema de bombeo sin vaciar toda la red de tuberías. Antes de esta válvula de mantenimiento hay un medidor de caudal para controlar el encendido de las bombas en base a las necesidades de limpieza.
- ✓ El tablero de control debe ser ergonómico y esto implica que deben facilitar la puesta en marcha y parada del sistema para ello debe contener dispositivos que indiquen la activación y desactivación de los controladores controlados por PLC.<sup>41</sup>

## V.4.2 Propuesta de Mantenimiento

El sistema de alta presión necesita que la reparación de sus componentes sea inmediata, específicamente la reposición de mangueras, conectores, válvulas y picos, así como incluir supervisión de la permanencia de los componentes sin alteraciones como perforaciones a boquillas y eliminación de picos, para ello es necesario que el encargado del sistema de alta presión efectúe inspecciones quincenales como se efectuaron en los últimos 6 meses para cuando se detecte una avería repararla y evitar

<sup>41</sup> Ver anexo IV.6.2"Tablero de control"

#### CAPITULO V- Rediseño del Sistema de Alta Presión de Agua



daños más graves al sistema de bombeo por golpes de ariete o exceso de caudal quemando las bombas.

Además los controladores y dispositivos de seguridad deben ser calibrados y chequeados mensualmente ya que por las vibraciones inherentes a la instalación estos tienden a desajustarse.

Asimismo el mantenimiento del sistema de bombeo se propone que se haga a las 500 y 1000 horas de operación para los cuales ya hay destinados paquetes de sustitución para mantenimiento preventivo de las piezas claves que son cedidos por las casa de bombas con lo cual se garantizaría la vida útil del arreglo de bombas y de la aducción.



## CAPÍTULO VI- RESULTADOS DEL PROYECTO

### VI.1 SIMULACIÓN DEL REDISEÑO

Para evaluar el sistema de rediseño implantado se desea conocer el comportamiento del sistema para lo que se efectúan dos simulaciones, la primera simular la capacidad del sistema de bombeo actual para suplir las necesidades de limpieza de la red y la segunda en búsqueda de proponer una mejora total del rediseño y tomando en cuenta que las bombas actuales a las que se adaptó el sistema tienen 10 años de uso por lo que podrían fallar de un momento a otro, y además se busca obtener en las tomas de limpieza 1015 psi como mínimo aceptable para 13,24 l/min y cumplir con los requerimientos de la boquillas para conseguir velocidades de máxima eficacia de las boquillas.

Para ello se utiliza como herramienta un software PIPE FLO LITE, que simula el comportamiento de la red de tuberías conectadas a las bombas, para lo cual se introducen en el programa las redes de tuberías y las condiciones de limpieza más críticas, las cuales son 5 líneas limpiando a tope al mismo tiempo, para lo que se utilizaron las combinaciones de limpieza de las líneas 7,8,2,3,4 y 7,8,2,3,5 consideradas las situaciones límite en limpiezas generales. Se simuló y se estudió el rediseño desde la línea más lejana, que presenta el punto crítico, hasta el ramal principal para ir obteniendo las pérdidas conservando la presión en las tomas y final mente llegar al ramal principal y conocer los datos de descarga de las bombas.

#### VI.1.1 Simulación del rediseño Bombas Actuales

Básicamente se introducen los parámetros de trabajo implementados en el sistema con el rediseño:

- Caudal por toma de limpieza: 13,24 l/min, según especificación de la boquilla para 70 bar
- < Caudal suplido por las bombas: 648,8 l/min, 3 bombas
- Presión de salida del sistema de bombeo: 70 Bar-1015psi, acorde con las especificaciones de la bomba



Una vez conocidos los resultados de la simulación<sup>42</sup>, se muestran los valores arrojados en las tomas más críticas de cada línea con las bombas actuales como se observa en la tabla:

Tabla Nº 11. Resultados Simulación del Rediseño

Linea	Presión Ra	ama Principal	ipal Presión Punto Crítico		Caidas de Presión (psi)	Altura total H (m)	Velocidad Máxima (m/seg)
	(bar)	(psi)	(bar)	(psi)			
4	70	1015	68,36 (2)	991	24	698,7	3,063
5	70	1015	68,09 (3)	987	28	700,2	2,859
2	68,83	998	67,95 (5)	985	13	694,5	1,982
3 con 4	68,54	994	68,16 (7)	989	5	696,7	2,348
3 con 5	68,88	999	68,39 ((6)	992	Tables 7. January	699,0	2,348
7 y 8	68.7	996	66,79 (8)	968	28	701,1	1,586
Descarga Bombas	69,38	1006,27	res, rigran	uru - Lu.	da e ame	711,9	3,063
Total					105	100 mm	

Nota: el caudal total suministrado es de 401,25 l/min y la salida en las tomas es de 13,245 l/min.

### Análisis de Resultados

Evaluando los resultados obtenidos en la simulación se observa como el caso más crítico lo representa la salida 8 en las líneas de latas (7 y 8), siendo esta la más lejana del sistema de bombeo, en la que se consigue el caudal para el cual se diseñó el sistema (13,25 l/min) con una presión de 968 psi,; si bien la especificación de Las boquillas arroja 13,25 l/min para 1015 psi de presión, se mostrará variación en la velocidad del fluido puesto que la capacidad de las bombas actuales permite alcanzar una presión inferior. Por otro lado la velocidad máxima encontrada en la red es de 3,063 m/seg siendo aceptable para una aducción ya que se considera crítico al superar los 4 m/seg.

La simulación arroja que la descarga real de las bombas actuales ante el rediseño es de 1006,27 psi , inferior a su descarga teórica (1015); en vista de las caídas de presión en la red a pesar de ser minimizadas en el rediseño son de 105 psi , no permiten alcanzar la máxima presión en las tomas pero sí el caudal , se considera cumplidas las expectativas de caudal fijadas (401,25 l/min) para las límpiezas críticas, pudiendo ser

 $<sup>^{\</sup>rm 42}$  Ver anexo V.2 " Resultados simulación del rediseño con las bombas actuales"



abastecidas por 2 bombas actuales de 225 l/min, guardando la tercera bomba como auxiliar en concordancia con las propuestas del rediseño y lograr en las tomas presiones aceptables de 968 psi en el peor caso, esto se considera satisfactorio puesto que las presiones deseadas en el sistemas son tolerables entre 800 y 1000 psi., pero se podría evaluar la presión requerida en el sistema de bombas para alcanzar este caudal en las tomas críticas, obteniendo como beneficio mayor velocidad en el fluido.

La caída total de presión encontrada en la red y la especificación de las bombas de 1015 psi aunado al pequeño descenso de presión encontrado en la descarga de las bombas, el cual puede ser atribuido a años de uso evitan que el resultado cubra las expectativas de máxima presión en las tomas 1000 psi. Siendo prioridad en los resultados del sistema obtener altas presiones en un rango admisible entre 800-1000 psi en las tomas se considera aceptable que para la dimensión de la boquilla alcanza presiones deseables y las bombas logran surtir el caudal de diseño por toma

Concluido el proyecto se está consciente que siendo la presión la limitante entre 800 y 1000 psi en las tomas, parámetros de satisfacción, las bombas actuales garantizan en la limpieza crítica que se obtenga 968 psi (66,7 bar), con lo que se logra el caudal requerido en la salida, lo cual satisface las necesidades de limpieza. De ser limitante la presión deseada en la boquilla en el rango de 1000-1015 psi las bombas actuales deberán ser sustituidas por unas de mayor presión que permitan con las caídas llegar a estas presiones con los caudales de diseño, para ello se propone simular el funcionamiento del rediseño para identificar las características de las bombas necesarias.

# VI.2 IMPLANTACIÓN DEL REDISEÑO

El día 12 de Marzo del 2001 se presentó el proyecto a la gerencia de envasado y fue aprobada la etapa de rediseño del sistema de bombeo y la red de tuberías en planta. Luego de ello fue necesario planificar la implantación y hacer los pedidos pertinentes (SAP R/3) de los componentes necesarios. El plan persiguió interrumpir lo menos posible las labores en la planta y adaptarse a la llegada de los materiales. 43

<sup>43</sup> Ver anexo IV.8 Planificación de la Implantación del rediseño"



### VI.2.1 Adiestramiento

Es necesario para que se cumpla la adecuada operación del sistema que los trabajadores estén conscientes de la operación y del daño que se le causa al mismo con alteraciones, para esto se consideró importante efectuar un adiestramiento que ponga al tanto al obrero de lo que ocurre y que el sistema puede mejorar pero con su colaboración, para esto se realizó un tríptico informativo y una presentación de adiestramiento que será pasada a los obreros por turnos 44

# VI.2.2 Mejoras Alcanzadas con el Rediseño

- Información de la Red de tuberías estandarizada, facilita la reparación y mantenimiento rutinario, así como facilidad de acceso a los puntos de limpieza.
- Al considerar el arreglo de bombas funcionando en paralelo se garantiza el caudal requerido para la limpieza de todas las líneas siendo éste de 648,8 l/min, caudal suplido por las bombas en paralelo de 700 l/min, lo cual evita el colapso del sistema, por lo que no se detienen las bombas y disminuye el tiempo de las labores de limpieza.
- Se minimizan perdidas por reducciones innecesarias en la red tratando así de garantizar la presión deseada en el sistema.
- Las salidas de limpieza muestran componentes que fueron comprobados y estudiados en sitio que garantizan la presión y caudal.
- Las válvulas y mangueras hidráulicas prometen tener períodos de sustitución anual, conjuntamente se reducirá el tiempo de limpieza ya que los puntos se encuentran ubicados estratégicamente y el sistema tiene las dimensiones adecuadas garantizando su operación continua. Las boquillas propuestas para la limpieza tienen un ángulo de salida (25°) que se adapta a las necesidades en los equipos y zonas de todas las líneas, comprobado en planta con los operarios permitiendo tener control del flujo, además a la par del adiestramiento garantiza la eficacia del sistema y la ergonomía del trabajador.

-

<sup>44</sup> Ver anexo IV.6.3" Tríptico de adiestramiento"



# VI.3 IDENTIFICACIÓN DE MEJORAS EN LAS ETAPAS DEL PROYECTO

Se comparan las características de los sistemas estudiados para conocer los resultados de la mejora a corto tiempo y rediseño, como se muestra en la tabla siguiente<sup>45</sup>:

Tabla Nº10. Comparación entre las Etapas del Proyecto

Mejora	Sistema levantado Nov. 2000	Sistema mejora a corto plazo	Rediseño	
Engorrosa, muchas reducciones en diámetro (de 2" a 1/8") y se introduce en los equipos, grandes pérdidas localizadas gra  Estado de los componentes Deteriorados, elementos rotos, alterados o desincorporados de las		Engorrosa, muchas reducciones en diámetro (de 2" a 1/8") y se introduce en los equipos, grandes pérdidas localizadas	Estandarizada, se adapta a los equipos y a las necesidades estratégicas de alcance en la planta, solo existen tres reducciones en la red (de 2" a 1" y a ½"). Menos pérdidas localizadas Componentes adaptados a la necesidades de limpieza que ofrece ergonomía, facilidad de limpieza y caudales adecuados de trabajo	
		Reparación de todos los componentes existentes e instalación de los inexistentes		
Estado de los equipos	Equipos de seguridad y control mal calibrados o dañados, no cumplen con las especificaciones de las bombas	Equipos existentes calibrados y ajustados a las necesidades actuales	Equipos nuevos, calibrados que cumplen con las especificaciones de las bombas	
# de tomas de limpieza	68	56	49	
Caudal total requerido	900,32 I/min	741,44 l/min	648,04 l/min	
Eficiencia del sistema de bombeo	26%	70%	80%	
Perdidas en la red	258 psi	230 psi	130 psi	
Horas de limpieza	9-8 hr.	7 hr.	5 hr.	
Plan de operación	Desconocido, según crea conveniente el trabajador, no normalizado	Adaptándose a la disminución de puntos por radios de acción para la ubicación estratégica	Planificado en concordancia con las tomas de la red, con lista de verificación para asegurar que se sigan los pasos	
Operarios ara la limpieza	12 operarios, 9 de las líneas y 3 relevos	12 operarios, 9 de las líneas y 3 relevos	9 operarios, según las tomas de limpieza	

<sup>45</sup> ver anexo V.1 " Ubicación de los puntos de Limpieza en la Planta" V.1.1 "Plano de Comparación"



# VI.4 SIMULACIÓN PARA DESARROLLO DE MEJORAS FUTURAS

Esta simulación tiene como objeto conseguir los requerimientos necesarios en las bombas y proponer la sustitución de las mismas, para evitar detenciones futuras de los equipos que tienen 10 años de funcionamiento y complementar así el rediseño del sistema.

De igual forma que la simulación del rediseño para evaluar las bombas actuales con el software "Pipi Flo Lite", se evalúan las limpiezas crítica y las condiciones de operación, siendo en este caso obtener en el punto crítico una presión de 72 Bar para los 13,24 l/min de la boquilla de diseño, buscando la velocidad inmejorable en el fluido. 46

En la tabla se muestran los resultados más críticos por línea arrojados en la simulación:

Tabla Nº 12. Resultados simulación del Rediseño

Linea		n Rama cipal	Presión P Crític		Caidas de Presión (psi)	Altura total H (m)	Velocidad Máxima (m/seg)
0	(har)	(psi)	(bar)	(psi)			
7 y 8	72	1044,27	70,45 (8)	1015	29	731,9	1,586
2	72,04	1044,85	71,61 (5)	1038	6	731,9	1,982
3 con 4	72,2	1047,17	71,95 (3)	1043	4	735,3	2,348
3 con 5	73,31	1063,12	71,82 (6)	1041	22	734,1	2,348
4	73,62	1067,76	71,89 (7)	1042	25	734,8	3,063
5	73,43	1065,01	71,52 (2)	1037	28	735,2	2,859
Descarga bombas	73,01	1058,9	shorter		alle to year of	748,8	3,03
Total	ionže mini	123	-		114		

Nota: el caudal total suministrado es de 397,5 l/mín y la salida en las tomas es de 13,34 l/min.

### Análisis de Resultados

a) Una vez simulado el sistema se conoce que para obtener en la toma más crítica del sistema, perteneciente a las latas, la presión de 72 bar (1044 psi) y el caudal deseao en el sistema y garantizar el caudal a todas las tomas con estas presiones se necesita una bomba que supla en la descarga 73 bar (1058,9 psi) para alcanzar 748,8 m que

61

<sup>46</sup> Ver anexo V.3" Resultados de la simulación del rediseño, Bombas nuevas"



requiere el sistema como lo arrojó la simulación para el caso más crítico que fue la limpieza de 5 líneas (2,7,8,3 y 4)<sup>47</sup>, con ello se obtienen en el resto de las tomas presiones insuperables y deseadas.

- b) Conocida la presión necesaria de las bombas (73 bar) y el caudal que requiere el sistema (648,8 l/min) se busca conseguir el equipo de bombeo que se adapte a las necesidades del rediseño de alta presión de agua para proporcionar una propuesta de sustitución de las bombas, que busca solventar soluciones futuras de fallas y paradas de las bombas actuales y conceder unos equipos que puedan proporcionar mejores resultados de presión y operación en un sistema de tuberías y conexiones nuevas que lo amerita.
- c) Para obtener buenas presiones en las boquillas acordes con el caudal requerido, tomando en cuenta las caídas de presión inherentes a las ramificaciones de la red se debe instalar en el sistema de Bombeo equipos que proporcionen tanto el caudal de diseño para suplir todos los puntos de gasto 13,24 l/min como una presión de descarga de 73,01 psi
- d) Conectando en el manifold del rediseño bombas con estas características se contribuye a aprovechar las condiciones de velocidad que ofrecen las boquillas del rediseño haciendo más efectivas las limpiezas críticas proporcionando 397 l/min de caudal con velocidades aceptables de 3,063 m/seg , permitiendo adaptar el arreglo de bombas a esta nueva propuesta
- e) Con conocimiento de las características que deben proporcionar los equipos de bombeo y estando conscientes que los valores obtenidos en las salidas para limpiar son deseables, la simulación deja capítulo abierto para indagar en cuales serían las bombas idóneas.

# VI.4.1 Propuesta de Bombas para el Rediseño

Con los resultados de la simulación se utiliza un software "Icarus IPE" (Icarus Process Evaluator) para conseguir las características y los costos de los equipos necesarios para adaptar al sistema de bombeo en paralelo del rediseño de alta presión que supla los valores de caudal y presión necesarios para conseguir óptimos resultados, según resultados de la simulación.

<sup>47</sup> Ver anexo resultados de la simulación bombas nuevas



Se introduce en el programa los requerimientos de caudal 172 GPM, los requerimientos de presión 73 bar, el número de equipos necesarios que son tres (3) para abastecer al sistema cumpliendo con el diseño del manifold de descarga y admisión, para utilizar dos equipos y dejar uno auxiliar, y el programa arroja los resultados de los equipos necesarios a nivel de ingeniería de detalle, componentes básicos necesarios y costos.

Los resultados obtenidos fueron tres (3) equipos de bombeo: "Bomba Reciprocante de Desplazamiento positivo", de 175 GPM, con un alcance de 746m, con una potencia de 40 HP y 73 bar (1060 psi), en acero inoxidable, como se observa en la tabla:

- 100 Bombas de Al Bombas de Alta PresiSn COMPONENT DATA SHEET RECIP-MOTE CODE OF ACCOUNT: 162 3 ITEMS COMPONENT DESIGN DATA: \$3304 MATERIAL 175.00 GPM CAPACITY 2173.00 FEET HEAD DRIVER POWER 40.00 HP 1800.00 RPM SPEED 2900 LBS TOTAL WEIGHT

Figura Nº 14. Resultados de equipos de bombeo simulación

Estas características las debe presentar las tres bombas y con ello se ven cumplidas las presiones en las tomas de altas presiones ansiadas incluso en el caso más crítico para 13,24 l/min en todas las líneas, además estas bombas proporcionaran mejor funcionamiento y menos detenimientos en el sistema puesto que son unos equipos nuevos que permitirán aprovechar al máximo las ventajas del rediseño. El programa Icarus permitió conocer el costo aproximado de los equipos de 66 200 000 Bs (88 500 \$) y el costo de instalación completa del manifold (tubería de descarga). Como se observa hacer esta inversión es sumamente costosa y la ausencia de presupuesto da cabida a que esta solución forme parte de las propuestas a futuro del rediseño.

- 2

<sup>&</sup>lt;sup>48</sup> Ver anexo costo de sistema de bombeo simulación



# CAPÍTULO VII-ANÁLISIS Y EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

#### VII.1 ESTUDIO DE COSTOS DEL PROYECTO

La intención del rediseño es crear una red de tuberías duradera, de poco mantenimiento correctivo y preventivo, aunque en el presente la inversión es costosa disminuirá los gastos por mantenimiento y aumentará la efectividad del sistema .Para estudiar los costos del rediseño se realizó un estudio previo de costos de ciertos componentes que integran el sistema de bombeo en paralelo y las dimensiones de la tubería en.<sup>49</sup>

# VII.1.1 Evaluación de Propuestas 1 y 2

Se llegó a la conclusión que la red de tuberías es más beneficiosa a nivel planta ya que en la instalación no se cuenta con estructuras aéreas que permitan sujetar el ramal a nivel de techo, pero se debe evaluar cual representa la alternativa más económica y garantiza el mismo servicio<sup>50</sup>. Los costos son :

PROPUESTA	COSTO (Bs)
1 (Nivel aéreo)	36 979 655,76
2 (nivel Líneas)	31 987 223,78

#### VII.1.2 Costos del Provecto Final

Luego de hacer el estudio pertinente en planta se encontraron variaciones en las dimensiones de las tuberías por lo que se recalculó el proyecto aprobado. Este cálculo de la red de tuberías fue hecho considerando el diseño de la propuesta aceptada<sup>51</sup>

Una vez analizados los costos previos se realiza el presupuesto final de la propuesta considerando la instalación de las válvulas adaptadas al sistema seleccionadas en la etapa de propuestas y mangueras de la casa Swagelok en Venezuela. Sin perder de vista que la alternativa de sustituir todos los componentes es un capítulo abierto a cumplir todos los objetivos. <sup>52</sup>

52 ver anexo VI.2.3 " Economías del rediseño"

40

<sup>&</sup>lt;sup>49</sup> Ver anexo VI.1 "Costos previos al análisis económico"

<sup>50</sup> Ver anexo VI.2 "tablas de cuadros resumen propuesta 1y 2"

<sup>&</sup>lt;sup>51</sup> Ver anexo VI.2.1 "Costo de tuberías y dimensiones"



## VII.1.3 Aprobación del Presupuesto

El presupuesto anterior es aprobado por la Gerencia de envasado para la instalación del sistema de bombeo propuesto y la red de tuberías. En estos momentos el presupuesto disponible para el saneamiento del sistema de Alta presión no permite que este se efectúe en su totalidad por lo que se empezará actualmente a implantar el arreglo de bombas y sustitución de la red de tuberías antigua por la actual y se deja como propuesta la sustitución de las mangueras y las válvulas de bola de 3/8" que representan un gran gasto por mantenimiento correctivo.

# VII.1.3.1 Presupuesto Propuesto para la instalación de las válvulas y mangueras

Percatando que el presupuesto del presente año no alcanza para la instalación de todos los componentes y en vista que el presente trabajo especial de grado tiene la intención de sugerir el rediseño total del sistema se expone el presupuesto total el cual es considerado por la gerencia como idóneo. La tabal siguiente muestra el presupuesto:

Tabla N° 13. Resumen Presupuesto Final

ELEMENTOS	COSTO
COSTO RED DE TUBERIAS PLANTA 8 PUNTOS POR LÍNEA	2 659 412,00 Bs
SISTEMA DE BOMBEO	2 119 589,00 BS
CONECTORES RED DE TUBERIAS	874 167.00 BS
SUBTOTAL	5 653 168,00 BS
COSTO DE INSTALACION Y MANO DE OBRA	5 235 100,30
TOTAL RED DE TUBERIAS Y SISTEMA DE BOMBEO	10 888 268,00 BS
COSTO VÁLVULAS DE 3/8" DE ACERO INOX. 2200 PSI (48 SALIDAS) 75 900,00 BS C/U	3 816 000,00 Bs
por mantenioriemo currectas de TOTAL	14 704 268,00 BS

Presupuesto Con Reemplazo de Todos los Componentes

TOTAL RED, SIST. BOMBEO Y VÁLVULAS	14 704 268,00 BS
OPCIÓN 2 (48 SALIDAS): 262 421,00 BS	12 596 208,00 BS
MANGUERAS THERMOPLÁSTICAS DE ½", CONECTORES, VÁLVULA 3/8"	
TOTAL	27 300 476,06 BS

Esta propuesta de sustitución de las mangueras y válvulas en todas las líneas se calculó con la intención de demostrar con el análisis siguiente que no se justifica que en un año se gaste en mantenimiento correctivo un monto muy superior de lo que costaría



hacer esta nueva inversión que además de ser más económica se adapta a las necesidades de limpieza del sistema.

# VII.2 EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL SISTEMA DE ALTA PRESIÓN

En vista de la cantidad de reparaciones realizadas en los últimos meses ha surgido la necesidad de calcular un aproximado anual del costo de reparación del sistema actual, de tal forma que se demuestre que los componentes utilizados actual mente en el diseño y sistema no son los más óptimos. Los costos de mantenimiento son estimados en un año se muestran en la tabla N°14:

Tabla Nº14. Costo total de mantenimiento

Mantenimiento Válvulas	8 748 000,00 Bs
Mantenimiento boquillas	6 480 000,00 Bs
Mantenimiento mangueras	14 400 000,00 Bs
TOTAL MANTENIMIENTO ANUAL	29 628 000, 00 Bs
Costo Mantenimiento M.O	2 496 000,00 BS
TOTAL	32 124 000,00 BS

En la tabla se muestra los componentes que muestran mayor tendencia a deteriorarse en cortos períodos de tiempo cuya reparación en el desarrollo del proyecto fue constante y dejó capítulo abierto para examinar el impacto anual del mantenimiento del sistema actual <sup>53</sup>.

#### VII.3 RENTABILIDAD DEL PROYECTO

Analizando el proyecto se puede observar como la proyección de gasto anual por mantenimiento correctivo del sistema y componentes ineficientes es más costoso que la posibilidad de invertir en un nuevo proyecto, por lo se abre un apartado para analizar la rentabilidad.

#### VII.3.1 Indicadores de Rentabilidad

Los indicadores utilizados se basan en analizar los gastos por mantenimiento del sistema encontrado en Noviembre del año 2000 versus el costo de instalación del sistema. Para ello se debe analizar flujos de caja en términos constantes , por ello se divide el costo total anual dedicado al mantenimiento como flujos de caja, además es

50

<sup>53</sup> Ver anexo VI.4 "Mantenimiento anual"



necesario no perder de vista los aspectos cualitativos que indican mejoras importantes en el sistema demostrando que es rentable el proyecto.<sup>54</sup>

## VII.3.1.1 Período de Recuperación

La intención de este indicador pasivo es calcular el tiempo que tarda un proyecto en generar utilidades que igualen a la inversión inicial. En este proyecto se asociaron los ingresos a el gasto por mantenimiento del sistema de alta presión (Nov 2000-May 2001), considerando que este dinero invertido en mantenimiento correctivo dejará de ser un gasto y será dinero disponible para invertir en un proyecto. En la tabla siguiente se muestran los valores de la inversión y en la figura el período:

Tabla N°15. Periodo de Recuperación

Costo Mantenimiento anual	Costo mantenimiento en tiempo	Inversión inicial Rediseño del
BS	constante (mensual) BS	sistema de alta presión BS
32 124 000,00 BS	2 677 000,00	26 275 031,06

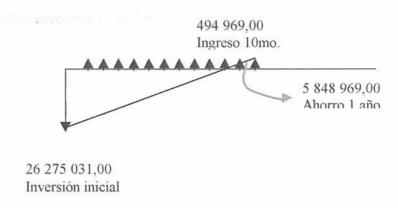


Figura N°15. "Período de recuperación"

Otro indicador que se basa en el mismo criterio que permitió demostrar la rentabilidad del proyecto es el periodo de recuperación descontado.<sup>54</sup>

#### VII.3.1.2 Valor Presente Neto

La intención de este indicador activo es que los flujos de caja (ahorro mantenimiento sistema actual) del proyecto se descuentan al período cero o al costo del

<sup>&</sup>lt;sup>54</sup> Ver anexo VI.5 "Indicadores de rentabilidad"



capital establecidos para el proyecto y se restan a los valores de la Inversión Inicial del rediseño del sistema de Alta Presión.<sup>61</sup>

En vista de que los indicadores anteriores arrojaron resultados positivos para períodos de un año se calcula el valor presente neto para este período. Con este resultado se verifica que se debe aprobar el proyecto y que es rentable, en un año se obtiene el beneficio de 929 194,44 Bs.

# VII.4 JUSTIFICACIÓN

Como se puede comparar el instalar la propuesta aceptada (propuesta 2) por la gerencia de Envasado promete ser más rentable que mantener el sistema encontrado debido a sus ineficiencias de operacionalidad y a los altos costos de mantenimiento, de esta forma se recupera la inversión en un período inferior a un año, con un valor presente neto positivo con lo cual junto con el estudio de la relación Beneficio/Costos<sup>55</sup>, se justifica la instalación de un nuevo sistema que cumplirá con las especificaciones de limpieza de Cervecería Polar los Cortijos.

<sup>55</sup> Ver anexo V.5 "Tabla de Relación Beneficio Costos"



#### CAPITULO VIII- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### VIII.1 CONCLUSIONES

En el presente trabajo especial de grado se estudió, mejoró y rediseñó el sistema de Alta Presión de Agua utilizado para la limpieza de las líneas de producción 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8, de la Planta de Envasado de Cervecería Polar Los Cortijos.

Con la información adquirida en la etapa de levantamiento, se consuma la idea de que el sistema muestra un sin número de irregularidades y deterioros, los cuales son desconocidos para este momento, puesto que no existe información sobre la red de tuberías, sistema de bombeo o componentes, presentando no solo falta de información del sistema sino también desconocimiento de su funcionamiento, lo que no se considera satisfactorio.

Dados los resultados obtenidos en el levantamiento y evaluación del sistema de limpieza original, puede concluirse que el mismo no satisface los requerimientos mínimos de operación, generando así elevados costos de operación y mantenimiento, siendo necesario entonces la elaboración de planes a corto y largo plazo que permitiesen solventar las deficiencias observadas, entre las cuales se consideraron como principales, las pérdidas de presión en la red de tuberías, el mal estado de las estaciones de trabajo y un arreglo inadecuado del sistema de bombeo que no abastece los caudales requeridos.

Una vez evaluadas las fallas principales del sistema, con la evaluación de un diagrama Causa-Efecto, se abordaron las causas raíces principales, atacando el problema básicamente con: sustitución de las mangueras, picos, válvulas y boquillas deterioradas o fuera de especificación y disminución de tomas por líneas, con ello se minimizaron las fugas de caudal y se pretendió obtener la presión deseada, lo cual no ocurrió debido a las irregularidades que presentaba el sistema de bombeo y las ramificaciones que conducen el fluido, se obtuvieron mejoras pero no las esperadas.

Con respecto a las acciones tomadas a corto plazo, puede decirse que las mismas ayudaron a minimizar temporalmente el problema, pues se observó una disminución de los tiempos de limpieza de 9 a 7 horas, así como mejoras en los valores de presión y



caudal en todo el sistema. Sin embargo, estas acciones no fueron lo suficientemente efectivas para solventar el problema estudiado, por lo que se procedió a realizar un plan de acción a largo plazo, el cual se evidencia en el rediseño del sistema.

No cubiertas las necesidades de limpieza en su totalidad, el desarrollo preliminar de un rediseño buscó mejorar las ineficiencias presentadas. Afianzándose en esta etapa las necesidades de proponer un arreglo de bombas en paralelo, con lo cual se solventó la insuficiencia de caudal, así mismo el rediseño de la red de tuberías cubre las necesidades de adaptarse a las vías con el menor número de ramificaciones y reducciones, y minimizar las pérdidas de presión , lo que arrojó mejores resultados en las limpiezas.

La etapa de rediseño arrojó resultados satisfactorios puesto que el arreglo de bombas suministra el caudal total requerido para toda la limpieza, la presión de salida en las tomas se encuentra dentro del rango aceptable entre 800 y 1000 psi a pesar de que la boquilla realmente muestra caudales inferiores al de diseño, siendo en el sistema primordial abastecer la presión deseada y abastecer el caudal necesario al resultado cumpliendo las necesidades.

La simulación del rediseño permitió comprobar que las bombas actuales descargan presiones que satisfacen los caudales para la limpieza crítica y se obtienen presiones aceptables en las tomas a pesar de no ser las optimas, pudiéndose mejorar estos resultados. Por ende de querer obtener esas presiones mayores en las salidas para esos caudales se necesitarían bombas para mayores presiones.

En la etapa de rediseño se propuso un plan de operación para las limpiezas, acorde con las reducciones de las tomas y la coordinación entre las labores de los operarios, este fue puesto en práctica en el sistema actual mejorado y se obtuvieron resultados satisfactorios, puesto que la limpieza duró 5 horas. Obtenidos estos resultados con el plan de operación , se concluye que con las mejoras de caudal y presión que propone el rediseño del sistema mostrará los efectos deseados, cumpliendo con los objetivos del trabajo especial de grado.

En vista de los resultados obtenidos luego del rediseño, puede concluirse que el mismo a pesar de satisfacer los requerimientos de la operación de limpieza, alcanzando



presiones deseadas y satisfacer el caudal requerido, se considera oportuno simular el comportamiento del rediseño implantado con un software, "Pie Flo Lite", fijando parámetros de caudal y presión deseados con los que se considera óptimo el funcionamiento del sistema, permitiendo además solventar las deficiencias que muestran los equipos con tantos años de trabajo y poder conseguir superiores resultados y menores paradas.

Dados los resultados obtenidos en la simulación, se conocen los parámetros que debe presentar en la descarga un sistema de bombeo que maximice los beneficios del rediseño, que fueron utilizados en un software "IPE" que facilitó conocer las características de las bombas a adaptar en el rediseño, siendo estas bombas de desplazamiento positivo reciprocantes de 73 bar ideales para altas presiones, que permitiesen solventar deficiencias futuras.

Finalmente, se concluye que la implantación del sistema propuesto en el rediseño, proporciona la ubicación estratégica ideal de los puntos de limpieza, así como el caudal y la presión necesarios para cubrir parcialmente las exigencias de operación, logrando así disminuir el tiempo empleado en la labor, obteniéndose como beneficios, ahorros en personal, energía, costos de agua y mantenimiento entre otros. Es importante resaltar que la implantación del sistema de automatización logrará satisfacer plenamente las exigencias operacionales, con lo que se consideran cumplidos los objetivos del presenta trabajo especial de grado.



#### VIII.2 RECOMENDACIONES

En la siguiente sección, se expresan algunas recomendaciones que se consideran prudentes seguir para garantizar la eficiencia de las limpiezas y obtener la mayor productividad del sistema de Alta Presión de Agua en Cervecería Polar Los Cortijos:

- Se recomienda automatizar el funcionamiento del sistema de rediseño para obtener óptimos resultados en las limpiezas y lograr reducirlas a 5 horas que es la meta, se debe automatizar el sistema de bombeo propuesto que se implanta actualmente según los requerimientos de limpieza en la planta ya que esto disminuiría las irregularidades cometidas en la operación del mismo y contribuiría con la disminución de las paradas en la limpieza disminuyendo tiempos y por lo tanto costos
- Es fundamental colocar un tablero de control donde se puedan conocer todos los parámetros de funcionamiento del sistema, seguridad, control, horas de operación, arranque y parada, garantizando así la continuidad en las limpieza y disminuir las irregularidades en la operación.
- Se debe verificar al momento de agregar alguna toma nueva à la red que la estación de bombeo tiene la suficiente capacidad para abastecer el sistema eficientemente por lo que se debe medir los cálculos de trabajo de las salidas de limpieza y compararlos con las capacidades de las bombas
- Realizar mantenimiento al sistema de bombas de pistones a las 500 y 1000 horas de operación para evitar reparaciones correctivas que a parte de ser más costosas incurrirán en costo de penalización por detener la limpieza
- Continuar la implantación de planes de planificación e inspecciones con su respectivo mantenimiento preventivo a los componentes: boquillas, mangueras, picos y válvulas, puesto que su deterioro representan grandes pérdidas en eficiencia y económicas. Crear un plan de revisión a los equipos controladores, medidores y de seguridad del sistema de bombeo para calibrar los equipos y tener un sistema más efectivo y eficiente
- Controlar las modificaciones a los componentes como la eliminación de picos y perforación de boquillas, esto causa insuficiencia y desgaste del sistema de bombas y con ello golpe de ariete e incluso daño a los equipos que controlan y regulan el diseño



- Evitar las modificaciones de la red de tuberías y agregar puntos de limpieza que no estén incluidos en el rediseño sin comprobar que el sistema es suficiente para aumentar la capacidad de limpieza
- Continuar con el adiestramiento implantado al personal para crear una cultura para la manipulación de los componentes y concientizarlos de que las modificaciones al sistema causan el colapso del mismo, la información es básica para disminuir los tiempos de operación
- Construir más picos de limpieza para sustituir los picos de todas las líneas por el pico diseñado de 25 cm con su respectiva boquillas 2507 para a cual está calculado el rediseño y estandarizar el sistema
- Implantar las mangueras termoplásticas que son mucho más livianas y resistentes, en la línea de prueba para sustituir las mangueras de goma con triple malla de acero, para luego ir sustituyendo en todas las líneas según los requerimientos de mantenimiento, éstas hacen más ergonómica la labor de los trabajadores para contribuir con la disminución de tiempo en las limpiezas generales y disminuye enormemente los gastos en mantenimiento
- Mejorar el sistema para etapas futuras, aprovechando las ventajas del rediseño pudiéndose alcanzar en la salida presiones superiores a las actuales y maximizar las ventajas que ofrece el caudal de diseño de la boquilla a estas presiones, con lo que se propone adaptar unas bombas de desplazamiento positivo nuevas considerándose oportuno seguir los resultados de la simulación, que considera las caídas de presión del sistema de rediseño arrojando los equipos de bomba necesarios para adaptar el sistema solo de la simulación positivo para 1060 psi en la descarga para obtener mejores resultados del sistema implantado y evitar detenciones inoportunas de las bombas actuales.
- Se debe de continuar con la instalación de enrolladores de manguera en todas las líneas para evitar que estas estén en el suelo, alargando su vida útil y facilitando las labores de los operarios y evitando la interrupción del paso por parte de las mismas. Se deben sujetar al piso o a las columnas para no interrumpir el transito

<sup>56</sup> Simulación

#### GLOSARIO

## Altura Estática de Bombeo

Es la diferencia de cotas entre las superficies libres de agua (presión atmosférica) en las estructuras de descarga y alimentación a una línea de bombeo, respectivamente

#### Altura Total de Bombeo

Corresponde a la energía por unidad de peso o altura total transferida al fluido por la bomba y es equivalente a la altura de descarga menos la altura de succión

## Amortiguador de Pulsaciones

Son cámaras de aire comprimido y tiene la función de atenuar el golpe generado en la primera fase de golpe de ariete, reduce la tendencia a sobrepresiones altas

# Arreglo de bombas en paralelo

Cuando el gasto de una bomba no es suficiente para suplir las necesidades de la red se conectan las bombas en paralelo para la misma carga total, sumándose los caudales

## Bombas de Desplazamiento Positivo

Son bombas cilindro pistón que entregan una carga constante cada revolución de la Bomba

# Caudal o gasto de Bombeo

Es el volumen de líquido que fluye a través de la bomba por unidad de tiempo

# Cavitación

Cuando la presión absoluta en un punto se reduce a valores bajos de un cierto límite, alcanzado por el punto de ebullición del agua, este líquido comienza a entrar en ebullición. Cuando el NPSH es insuficiente o excesivo origina vacío, el flujo de líquido en la bomba se interrumpe y genera golpes y fuertes sonidos

# Curva de carga del sistema

Es la curva de energía del sistema y se obtiene de combinar la curva de fricción del sistema con la altura estática. Es la relación que hay entre el caudal y la altura total en una sección de una tubería

# Curva de operación de Bombas

Es la curva del caudal vs la altura de bombeo y es suplida por la casa de bombas, las curvas de operación de las bombas presentan eficiencia.

## Curva de Operación de un Sistema

Es el análisis gráfico de un sistema , se intercepta la curva del sistema con la curva de la bomba y se determina así el punto de operación

#### Diagrama Causa Efecto

Es una técnica que busca desglosar las causas de un problema en varios niveles, hasta llegar a la causa raíz o principal del problema a la cual se debe mostrar especial atención.

# Eficiencia

Es la relación entre el incremento de energía por unidad el tiempo en las bombas y la potencia en el eje del motor.

#### Golpe de Ariete

Es el choque violento que se produce sobre las paredes de un conducto forzado, cuando el movimiento del líquido es forzado bruscamente

## Icarus Process Evaluator (IPE)

Programa de simulación que adapta equipos de bombeo a las necesidades requeridas, arrojando las características del sistema a nivel de ingeniería de detalle y costos.

## Mal-llena

Zona de la planta de envasado comprendida entre la salida de la lavadora y las llenadoras.

# Medidor de Presión (manómetro)

Son medidores que miden la presión absoluta o la presión relativa o barométrica, los manómetros miden presiones absolutas ambientales

# Medidor de Caudal (fluxómetro)

Son medidores diferenciales o medidores hidráulicos de velocidad del flujo que poseen censores que identifican velocidades o presiones que se relacionan con el caudal con calibraciones

# Pérdidas por Fricción

Son ocasionadas por el movimiento del agua en la tubería y es constante en cualquier trecho de una tubería de dimensiones constantes, de pende de la rugosidad de la tubería

## Pérdidas Localizadas

Son las pérdidas provocadas por los accesorios y piezas especiales, en tuberías largas su valor es despreciable frente a las pérdidas por fricción

## Pipe Flo Lite

Programa de simulación de red de tuberías para evaluar los parámetros de operación y las perdidas en redes abastecidas por sistemas de bombeo

#### Potencia

Es la potencia del eje de transmisión, es decir la requerida por la bomba para un determinado punto de trabajo

## Presión de Bombeo

La bomba al funcionar forma un vacío en el líquido, es una succión. La presión de bombeo es inferior a la presión de vapor del líquido a bombear, por lo que el líquido se libera por acción de la bomba que ya no succionará líquido sino vapor

# Presión de Vapor

Es la presión a la cual para una temperatura el líquido comienza a evaporarse, ebullición, evaporación en la superficie libre

# Rugosidad

De pendiendo del material de la tubería esta tiene una rugosidad que causa la fricción en la capa superficial del líquido en el conducto

# Válvula de Alivio

Son válvulas que ayudan a disipar golpes de Ariete, están dotadas de un dispositivo de apertura que se acciona cuando las presiones internas en la tubería tienden a superar cierto valor prefijado

# Válvulas Check

Son válvulas de control direccional de flujo, impide que el flujo se devuelva hacia las bombas

# Válvulas de Globo

Tienen la función de abrir o cerrar el paso del fluido , genera pérdidas localizadas considerables, puesto que cambia la dirección en 90°

# BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, Guillermo y DE ACEVEDO, J.M., "Manual de Hidráulica", Editorial Harla, México, 1976.

MENDEZ, Manuel V, "Tuberías a Presión", Publicaciones UCAB, Venezuela, 1995.

SISTEMAS HIDRONEUMÁTICOS C.A., "Manual de Procedimientos para el Cálculo y Selección de Sistemas de Bombeo", Venezuela, 1998.