



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERIA

---

CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA, PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO EN LA EMPRESA INDUSTRIA FIBRAFORTE. S.A.”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Industrial**

**Autor:**

Bach. Carlos Enrique Baldeón León

**Asesor:**

Mg. Ing. Pedro Modesto Loja Herrera

Lima – Perú  
2016

## **APROBACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

El (La) asesor(a) y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** el trabajo de suficiencia profesional desarrollado por el (la) Bachiller **Carlos Enrique Baldeón León**, denominada:

“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA, PARA  
LA REDUCCIÓN DE COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO EN LA  
EMPRESA INDUSTRIA FIBRAFORTE. S.A.”

---

Mg. Ing. Pedro Modesto Loja Herrera  
**ASESOR**

---

Ing. Aldo Guillermo Rivadeneyra Cuya  
**JURADO**  
**PRESIDENTE**

---

Ing. Hans Clive Vidal Castañeda  
**JURADO**

---

Ing. Luis Alfredo Zuñiga Fiestas  
**JURADO**

## DEDICATORIA

“A mi familia por comprender mi ausencia y valorar mi esfuerzo en todo este proceso de estudio y a la memoria de mi padre que me enseñó que sin esfuerzo y perseverancia no hay éxito.”

## **AGRADECIMIENTO**

“En primer lugar a Dios, luego a todas  
las personas que me apoyaron a lo  
largo del desarrollo de mi tesis.”

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>APROBACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL</b> .....	<b>ii</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b> .....	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>viii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>x</b>
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>11</b>
1.1. Antecedentes .....	13
1.2. Justificación.....	13
1.2.1. <i>Objetivo General</i> .....	14
1.2.2. <i>Objetivo Específicos</i> .....	14
<b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>15</b>
2.1. Tratamiento del agua.....	15
2.2. Métodos del tratamiento del agua.....	15
2.2.1. <i>Tratamientos de agua para usos industriales</i> .....	16
2.3. Ablandadores de agua por intercambio iónico.....	17
2.3.1. <i>Etapas del ablandamiento por intercambio iónico</i> .....	18
2.3.2. <i>Cuidado y mantenimiento de la resina</i> .....	20
2.3.3. <i>Beneficios de ablandadores de agua por intercambio iónico</i> .....	21
2.4. Ablandadores de agua por osmosis inversa.....	23
2.4.1. <i>Beneficios del tratamiento de agua por osmosis inversa</i> .....	24
2.5. Definición de aguas duras.....	25
2.5.1. <i>Problemática del agua dura</i> .....	26
2.6. Suavizadores de agua o agua blanda.....	28
2.6.1. <i>Definición de aguas blandas</i> .....	28
2.6.2. <i>Beneficios del agua blanda</i> .....	28
2.7. Costos de parada de producción.....	29
2.7.1. <i>Definición de costos de la parada de producción</i> .....	30
2.8. Tipos de mantenimiento.....	30
2.8.1. <i>Mantenimiento correctivo</i> .....	31
2.8.2. <i>Mantenimiento preventivo</i> .....	32
2.8.3. <i>Mantenimiento predictivo</i> .....	32
2.9. Herramientas de mejora continua:.....	32
2.9.1. Diagrama causa - efecto: .....	32
2.9.2. Herramientas de Pareto: .....	33

2.10.	Indicadores.....	34
2.11.	Definición de términos básicos .....	36
<b>CAPÍTULO 3. DESARROLLO.....</b>		<b>38</b>
3.1.	Organización .....	39
	3.1.1. Servicio de operaciones de Industrias Fibraforte S.A.:.....	40
3.2.	Detalle del problema encontrado en el área producción.....	42
	3.2.1. Funcionamiento de las maquinas extrusoras y termoformadoras.....	42
	3.2.2. Trabajos de mantenimiento.....	44
	3.2.3. Sala de bombas de agua .....	46
3.3.	Actividades realizadas .....	46
3.3.1.	Planteamiento del problema en base a la herramienta ISHIKAWA:.....	46
3.3.2.	Planteamiento del problema en base a la herramienta PARETO:.....	49
	Interpretación de la gráfica de PARETO:.....	51
	3.3.3. Planteamiento del problema en base a indicadores de costos.....	52
	3.3.3.1. Calculo de costo totales de parada de 8 horas, por mantenimiento correctivo, máquina Leader Machinery.....	52
	3.3.3.2. Cálculo de costo por mantenimiento correctivo, máquina Leader Machinery.....	56
	3.3.4. Planteamiento de la implementación.....	59
<b>CAPÍTULO 4. RESULTADOS .....</b>		<b>66</b>
<b>CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN.....</b>		<b>71</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>72</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>		<b>73</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>		<b>74</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>75</b>
	ANEXO Nº. 1. INSTALACIÓN DE LOS ABLANDADORES DE AGUA.....	75
	ANEXO Nº. 2. DISTRIBUCIÓN HIDRÁULICA DE LA PLANTA.....	76
	ANEXO Nº. 3. CONSUMO DE MATERIA PRIMA EN LA PRODUCCIÓN.....	77
	ANEXO Nº. 4. COSTOS DE PARADA DE MÁQUINA.....	78
	ANEXO Nº. 5. COSTOS TOTALES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	79
	ANEXO Nº. 6. FRECUENCIA DE FALLAS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO POR DUREZA DEL AGUA.....	80

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA nº. 2-1. DUREZA DEL AGUA EXPRESADA EN PARTES POR MILLÓN. ....	20
TABLA nº. 2-2. CAPACIDAD DE ABLANDAMIENTO DEL AGUA POR REGENERACIÓN. ....	21
TABLA nº. 3-1. CAUSAS QUE MOTIVAN AL PROBLEMA – DESARROLLO DEL PARETO. ....	49
TABLA nº. 3-2. IDENTIFICACIÓN DE LOS PROBLEMAS Y ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN MEDIANTE PARETO. ....	51
TABLA nº. 3-3. TIEMPO Y DETALLES DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE MOLINO DE BORDES. ....	52
TABLA nº. 3-4. DATOS DE COSTOS DE MANO DE OBRA DE OPERARIOS DE PRODUCCIÓN, POR MÁQUINA PARADA. ....	54
TABLA nº. 3-5. DATOS DE COSTOS DE MANO DE OBRA DE OPERARIOS DE PRODUCCIÓN POR MÁQUINA PARADA. ....	54
TABLA nº. 3-6. COSTO TOTAL POR HORA DE MÁQUINA LEADER MACHINERY DETENIDA POR MANTENIMIENTO CORRECTIVO. ....	55
TABLA nº. 3-7. CALCULO TOTAL DE COSTO POR 8 HORAS DE MÁQUINA DETENIDA POR MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE MOLINOS DE BORDES. ....	55
TABLA nº. 3-8. CÁLCULO DE COSTO POR MANTENIMIENTO CORRECTIVO, MÁQUINA LEADER MACHINERY. ....	56
TABLA nº. 3-9. IDENTIFICACIÓN DE LOS PROBLEMAS POR USO DEL AGUA NO TRATADA, MEDIANTE PARETO, EN INDUSTRIAS FIBRAFORTE S.A. ....	59
TABLA nº. 3-10. DUREZA DEL AGUA ENCONTRADA EN LOS POZOS DE AGUA DE INDUSTRIAS FIBRAFORTE. ....	59
TABLA nº. 3-11. CARACTERÍSTICAS DE LOS QUÍMICOS A UTILIZAR EN NUESTROS POZOS DE AGUA. ....	64
TABLA nº. 3-12. DOSIFICACIÓN DE LOS QUÍMICOS A LOS POZOS DE AGUA. ....	64
TABLA nº. 4-1. REDUCCIÓN DE DUREZA DEL AGUA LUEGO DE LA IMPLEMENTACIÓN. ....	66
TABLA nº. 4-2. COSTO DEL TRATAMIENTO DEL AGUA MENSUAL. ....	69
TABLA nº. 4-3. COSTO DE IMPLEMENTACIÓN DE ABLANDADORES. ....	69
TABLA nº. 4-4. RECUPERACIÓN DE INVERSIÓN EN UN MES. ....	69
TABLA nº. 4-5. CALCULO DE LA RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN, EN COMPARACIÓN CON EL COSTO TOTAL POR MANTENIMIENTO CORRECTIVO. ....	70

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA Nº. 1-1. CENTRAL DE TERMORREGULACIÓN (CTR).....	12
FIGURA Nº. 1-2. MÁQUINA LAMINADORA TERMORREGULADA POR AGUA.....	12
FIGURA Nº. 2-1. DESCALSIFICADOR DE INTERCAMBIO IÓNICO.....	17
FIGURA Nº. 2-2. ABLANDADOR DE AGUA POR INTERCAMBIO IÓNICO.....	18
FIGURA Nº. 2-3. CICLO DE ABLANDAMIENTO.....	19
FIGURA Nº. 2-4. CICLO DE REGENERACIÓN.....	20
FIGURA Nº. 2-5. RESINA CATIONICA.....	22
FIGURA Nº. 2-6. RESINAS DE INTERCAMBIO IÓNICO, CATIONICO.....	23
FIGURA Nº. 2-7. EQUIPO DE OSMOSIS INVERSA INDUSTRIAL.....	24
FIGURA Nº. 2-8. PROCESO DE ÓSMOSIS INVERSA.....	25
FIGURA Nº. 2-9. PROBLEMÁTICA DEL AGUA DURA.....	27
FIGURA Nº. 2-10. DUREZA DEL AGUA.....	29
FIGURA Nº. 2-11. REACTIVO ANALIZADOR DE DUREZA DEL AGUA.....	29
FIGURA Nº. 2-12. CÁLCULO DEL COSTE DEL DESARROLLO DEL MANTENIMIENTO.....	30
FIGURA Nº. 2-13. TIPOS DE MANTENIMIENTO.....	31
FIGURA Nº. 2-14. DIAGRAMA BASE DE ISHIKAWA O CAUSA – EFECTO.....	33
FIGURA Nº. 2-15. REGLA DEL 80-20 DE PARETO.....	33
FIGURA Nº. 2-16. DIAGRAMA DE PARETO.....	34
FIGURA Nº. 2-17. TIPOS DE INDICADORES.....	35
FIGURA Nº. 3-1. MAPA DE UBICACIÓN INDUSTRIAS FIBRAFORTE S.A.....	39
FIGURA Nº. 3-2. ORGANIGRAMA DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO – INDUSTRIAS FIBRAFORTE S.A.....	40
FIGURA Nº. 3-3. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL – INDUSTRIAS FIBRAFORTE S.A.....	41
FIGURA Nº. 3-4. CENTRAL DE TERMORREGULACIÓN DE MÁQUINA CASPLAST.....	43
FIGURA Nº. 3-5. MÁQUINA TERMOFORMADORA – ELECTROFORMING.....	44
FIGURA Nº. 3-6 ORGANIGRAMA DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO – INDUSTRIAS FIBRAFORTE S.A.....	45
FIGURA Nº. 3-7. SALA DE BOMBAS Y TORRES DE ENFRIAMIENTO – INDUSTRIAS FIBRAFORTE S.A.....	46
FIGURA Nº. 3-8. DIAGRAMA ISHIKAWA, FALTA DEL TRATAMIENTO DEL AGUA.....	47
FIGURA Nº. 3-9. DETECCIÓN DE CAUSAS QUE MOTIVARON A LAS PARADAS DE PRODUCCIÓN POR OBSTRUCCIÓN DE PIEZAS HIDRÁULICAS.....	48
FIGURA Nº. 3-10. DIAGRAMA DE PARETO – DETECCIÓN DE CAUSAS (80-20).....	50
FIGURA Nº. 3-11. COSTO POR HORA DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y MANO DE OBRA DE MÁQUINA LEADER MACHINERY....	53
FIGURA Nº. 3-12. MOLINO DE BORDES DE LA MÁQUINA LEADER MACHINERY-INDUSTRIAS FIBRAFORTE S.A.....	57
FIGURA Nº. 3-13. CHAQUETAS DE ENFRIAMIENTO MOLINOS DE BORDE OBSTRUIDAS.....	57
FIGURA Nº. 3-14. PIEZAS HIDRÁULICAS DAÑADAS Y OBSTRUIDAS, POR USO DE AGUA DURA.....	58
FIGURA Nº. 3-15. CUCHILLAS DE MOLINOS DE BORDES CON FILO DESGASTADO DEBIDO A RECALENTAMIENTO.....	58
FIGURA Nº. 3-16. COTIZACIÓN DE LOS ABLANDADORES DE AGUA POR INTERCAMBIO IÓNICO, INDUSTRIAS FIBRAFORTE S.A.....	60
FIGURA Nº. 3-17. INSTALACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE ABLANDAMIENTO DE AGUA EN INDUSTRIAS FIBRAFORTE S.A.....	61
FIGURA Nº. 3-18. ABLANDADORES DE INTERCAMBIO IÓNICO YA INSTALADOS EN LA PLANTA DE INDUSTRIAS FIBRAFORTE S.A. ...	62
FIGURA Nº. 3-19. DOSIFICACIÓN QUÍMICA A LOS POZOS DE AGUA, DIARIAMENTE.....	63
FIGURA Nº. 3-20. REACTIVO PARA PROBAR LA DUREZA DEL AGUA DIARIAMENTE.....	63
FIGURA Nº. 3-21. FICHA DE INSPECCIÓN TÉCNICA DEL TRATAMIENTO DEL AGUA POR EMPRESA EXTERNA.....	65
FIGURA Nº. 4-1. DIAGRAMA GANTT DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUA EN INDUSTRIAS FIBRAFORTE S.A. ....	67
FIGURA Nº. 4-2. REDUCCIÓN DE FRECUENCIA DE FALLAS LUEGO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL TRATAMIENTO DEL AGUA.....	68



## RESUMEN

La producción óptima de las máquinas junto al éxito de la venta de nuestros productos son el eje fundamental de nuestra empresa, por lo tanto cada interrupción en el funcionamiento de las máquinas por un mantenimiento correctivo se ve reflejado negativamente en la productividad.

En este sentido se planteó. ¿Cómo a partir de la implementación de un sistema de ablandadores de agua de intercambio iónico reduciría los costos por parada de producción en la empresa Industrias Fibraforte S.A, en el año 2015?

En la actualidad las paradas intempestivas de máquina, es decir paradas por mantenimiento correctivo se vienen reduciendo en su mínimo con diversos programas de mantenimiento como son los preventivos y predictivos. Por ende al realizar un mantenimiento preventivo en las piezas hidráulicas de nuestras máquinas, se determinó un problema constante por obstrucción de tuberías.

Al realizar un estudio de aguas con la asesoría de la empresa AcquaChem S.A.C. especialista en tratamientos de agua, nos recomendó realizar un tratamiento a nuestros pozos de agua, que trabajan con nuestras máquinas debido a la elevada dureza en el agua que nos brinda la compañía de SEDAPAL, por lo tanto nos recomendó un tratamiento a nuestros pozos con ablandadores de agua por intercambio iónico.

Planteándose esta propuesta a la jefatura de mantenimiento dándoles a conocer los beneficios que nos daría en ahorro de los costos por mantenimientos correctivos, la cual aprobó esta implementación y se procedió a la instalación y funcionamiento del mismo; con el tratamiento del agua por medio de intercambio iónico, se obtuvo disminuir las paradas intempestivas de máquina por obstrucción de las piezas hidráulicas y esto se logró debido a la reducción de la dureza del agua.

## ABSTRACT

Optimal production of the machines by the success of the sale of our products are the cornerstone of our company, therefore every interruption in the operation of machines for corrective maintenance is negatively reflected in the productivity.

In this sense he was raised. How from the implementation of a system of water softeners ion exchange would reduce costs by stopping production at the company Industrias Fibrforte S.A, in 2015?

Today unscheduled stoppages of machine, ice corrective maintenance shutdowns are being reduced to its minimum with various maintenance programs such as preventive and predictive. Therefore to perform preventive maintenance on hydraulic parts of our machines, a constant problem was determined by clogging pipes.

When performing a water study with the assistance of the company AcquaChem S.A.C. specialist in water treatment, recommended us to make a treatment to our wells, working with our machines because of the high hardness in the water that gives us the company SEDAPAL therefore recommended a treatment to our wells with tenderizers of ion exchange water.

This proposal being proposed to the maintenance department, informing them of the benefits that would give us in saving the costs for corrective maintenance, which approved this implementation and proceeded to the installation and operation of the same; With the treatment of water by means of ion exchange, it was obtained to reduce the untimely stops of machine by obstruction of the hydraulic pieces and this was obtained due to the reduction of the hardness of the water.

## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

El tratamiento del agua se viene utilizando en múltiples aplicaciones en su mayoría en la industria, como son la alimentaria, producción del vapor, refrigeración etc. En el caso de la extrusión, laminado y termo formado del plástico el agua se utiliza tanto como para enfriar como para calentar (agua temperada).

El uso de agua temperada y no tratada genera la acumulación de minerales pesados en la tubería que las obstruyen evitando el paso del agua produciendo el mal funcionamiento de las maquinas, que genera un costo en el mantenimiento correctivo y la parada de la producción.

Al respecto es necesario identificar las alternativas sobre el tratamiento del agua que nos permita seguir con nuestra producción continua, sin generar pérdidas por paradas de mantenimiento, por parada de mantenimiento correctivo con reemplazo de tuberías obstruidas por encalichamiento.

Existen varias formas de realizar el tratamiento del agua sobre todo en la manera de quitarles los minerales, lo que se busco fue elegir la mejor opción.

No existe un método en especial para nuestro requerimiento de nuestra planta de producción, que nos permita decir cuál es el más beneficioso en resultados, costos y sea de fácil operatividad que no requiera de mucha complejidad.

Sobre este tema, aún existen vacíos de información, como cuál es el método o métodos, sobre cómo se realizara su instalación, con qué frecuencia lo utilizaríamos, cada cuanto realizaremos su mantenimiento, que tipos de químicos utilizaríamos.

Lo que se busco fue lograr reducir los costos por línea de producción detenida, reducir los costos de mantenimiento correctivo para reemplazar las tuberías de agua y mantenimiento de las centrales de termorregulación por la obstrucción debido al caliche que se forma por las altas temperaturas de las aguas no tratadas, que utilizamos en todos nuestros procesos para trabajar el plástico.

Lo que se pretende es realizar el tratamiento del agua en nuestros pozos de agua que abastecen a la planta de producción y así evitar los inconvenientes ya mencionados.

De lo dicho la presente demuestra los beneficios que se obtuvo cuando se realizó la implementación de ablandadores de agua con la capacidad adecuada que puedan controlar la dureza del agua, para así poder trabajar solo con agua blanda en toda la planta, también se pretende que esta implementación sea perenne y se establezca un tratamiento diario del agua, que nos permita reducir costos por parada de producción y mantenimientos correctivos.

*Figura nº. 1-1. Central de termorregulación (CTR).*



Fuente: (Elaboración propia, 2015)

*Figura nº. 1-2. Máquina laminadora termorregulada por agua.*



Fuente: (Elaboración propia, 2015)

## 1.1. Antecedentes

Las empresas de manufacturas y procesos en línea siempre buscan ser más eficaces y eficientes, reduciendo tiempos muertos, encontrando los cuellos de botellas en sus procesos y buscando la forma de optimizar sus operaciones.

El problema se enfocó en el área de mantenimiento con respecto a la producción de nuestras planchas, en donde se están produciendo paradas de producción por mantenimiento correctivo, debido a la obstrucción de las piezas hidráulicas.

Debido a las paradas por mantenimiento correctivo de nuestras maquinarias, se están produciendo gastos por la reparación de estas fallas y asumiendo costos por pérdidas de producción. Este tipo de fallas hacia que nuestro indicador de fallas de mantenimiento correctivo por obstrucción de piezas hidráulicas se incremente, este tipo de fallas se ve reflejado en todas nuestras líneas de producción; ya que, nuestras maquinarias funcionan bajo el mismo proceso.

Entendemos que este tipo de fallas ocurre por el problema que causa trabajar con agua no tratada, por lo que se ve la forma de poder darle solución a esta problemática, por lo cual se planteó diferentes ideas y formas de reducir los mantenimientos correctivos por obstrucción de piezas hidráulicas, debido por trabajar con aguas no tratadas.

En el capítulo tres, se describe a la empresa y al departamento de mantenimiento, que es la encargada de los mantenimientos y responsable del óptimo funcionamiento de nuestras líneas de producción, luego se detalla los procesos, las causas del problema para dar el diagnóstico respectivo y llegar a la fuente del problema.

Sabiendo las causas del problema y luego de encontrar la solución más adecuada para nuestros procesos, se decide realizar la implementación tal como está detallada en el capítulo cuatro, dándolo a conocer paso por paso.

Finalmente; se presentaran las conclusiones, discusiones y recomendaciones de la implementación planteada dando a conocer el ahorro obtenido al reducir el mantenimiento correctivo debido a la dureza del agua.

## 1.2. Justificación

Mediante esta investigación ayudaremos a contribuir con los conocimientos sobre el ablandamiento del agua por medio del intercambio iónico que ayudaran a mejorar los procesos de producción continua en nuestra empresa mediante la reducción de costos por mantenimiento correctivo por trabajar con aguas no tratadas.

Daremos a conocer cómo resolver una problemática en el área de mantenimiento dando una tormenta de ideas de causas y soluciones, llegando a la solución más óptima adecuada a nuestros procesos de producción. Se da a conocer como se escogió el tratamiento de agua, teniendo en

cuenta las máquinas que manejamos la capacidad de agua que utilizamos para poder dimensionar nuestros ablandadores a implementar.

Luego se dará a conocer como luego de realizar la implementación se logra reducir los mantenimientos correctivos por trabajar con aguas no tratadas; es decir, como después de la implementación se logra reducir la dureza del agua y los costos de mantenimiento correctivo debido al agua no tratada.

### **1.2.1. Objetivo General.**

Implementar un sistema de tratamiento con ablandadores por intercambio iónico para reducir la dureza del agua, en INDUSTRIAS FIBRAFORTE S.A, teniendo en cuenta la reducción de costos por mantenimiento correctivo.

### **1.2.2. Objetivo Específicos.**

Implementar un sistema de tratamiento del agua con la adquisición de ablandadores por intercambio iónico.

Disminuir la dureza del agua en nuestros pozos de servicio, que abastecen nuestras maquinarias.

Reducir costos de paradas de mantenimiento correctivo, por obstrucción de las piezas hidráulicas de nuestras maquinarias.

## **CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO**

Para poder realizar nuestra implementación en la empresa, el cual se basa en el tratamiento del agua por intercambio iónico, se tuvo que analizar los diversos tratamientos que se emplean en la industria y sobre todo cual nos convendría más en nuestros procesos.

Aquí hablare de los diversos ablandadores de agua que hay en el mercado y el cual se empleó en nuestro proceso para reducir los mantenimientos correctivos por obstrucción de tuberías hidráulicas.

Adicionalmente hablare de los diferentes tipos de mantenimientos que se emplean en la industria y la reducción de costos de mantenimiento.

### **2.1. Tratamiento del agua.**

El término tratamiento de aguas no es nada más que el conjunto de operaciones unitarias de tipo físico, químico, físico químico o biológico la cual tiene la finalidad de eliminar o reducir la contaminación o las características no deseadas en el agua.

En conclusión la finalidad de realizar los diferentes tipos de operaciones es obtener unas aguas con las características adecuadas al uso que se las valla a dar en cualquier proceso. Esto es muy importante porque se pueden utilizar en distintos procesos y usos, en caso de que el tratamiento del agua sea inadecuado o impropio puede causar problemas o daños de gran consideración.

### **2.2. Métodos del tratamiento del agua.**

El tratamiento del agua puede dividirse en tres categorías principales:

- ) La purificación para uso doméstico.
- ) El tratamiento para aplicaciones industriales especializadas.
- ) El tratamiento de las aguas residuales para hacerlas aceptables para su vertimiento o vertido o su reutilización.

El tipo y grado de tratamiento de agua dependen fuertemente de la fuente y el uso que se pretende dar al agua. El agua para uso doméstico debe desinfectarse completamente para eliminar los microorganismos que causan enfermedades, pero puede contener niveles de apreciables de calcio y magnesio disueltos (dureza).

El agua que va usarse en calderas puede contener bacterias, pero debe ser muy blanda para prevenir la formación de incrustaciones. El agua residual que se descarga de un rio puede requerir un tratamiento menos riguroso que el agua que va ser reutilizada en una región árida.

La mayoría de los procesos físicos y químicos usados para tratar el agua involucran fenómenos similares, sin tener en cuenta su aplicación a las tres categorías principales de tratamiento de agua relacionadas anteriormente. (Estanley E., 2007, p. 205).

Por lo tanto nuestro trabajo estará basado específicamente en el tratamiento para aplicaciones industriales especializadas; ya que, es el ámbito en la que opera nuestra empresa.

### **2.2.1. Tratamientos de agua para usos industriales.**

Los tipos de descalcificadores son:

#### **Descalcificadores mecánicos.**

Los equipos de osmosis inversa funcionan haciendo pasar el agua a través de membranas semipermeables al aplicar altas presiones. El agua pura atraviesa la membrana dejando atrás las partículas minerales e impurezas. La presión está determinada por la clase de membrana que se esté utilizando.

#### **Descalcificadores químicos.**

El agua se hace recircular por un racor con zeolita (un compuesto químico de sales de sodio o potasio) Los iones de calcio y magnesio reemplazan los iones de sodio o potasio. El sodio o potasio no se adhiere a las paredes de las tuberías ni reacciona con el jabón, solucionando ambos problemas.

#### **Descalcificadores eléctricos.**

Desde hace unos años existen en el mercado unos aparatos electrónicos que aseguran tratar el agua para evitar las formaciones de calcio en las tuberías.

No está comprobada científicamente la eficiencia de estos aparatos, aunque se siguen comercializando.

#### **Descalcificadores catalíticos.**

Existen en el mercado productos que dicen suavizar el agua mediante un método que denominan catalítico. El mecanismo de acción descrito por los fabricantes es el de un efecto basado en la aleación especial de metales utilizada en los dispositivos.

Se aprovecha la turbulencia y los cambios de presión causado por el diseño especial del equipo. Aprovechando el aumento del PH generado por la aleación para inducir la precipitación del carbonato de calcio en el seno del agua.

Sin embargo, el mecanismo de acción descrito es causa de controversia, pues el proceso de acción no es claro desde el punto de vista químico.

(Hidrosoluciones, [www.hidrosoluciones.com.ar](http://www.hidrosoluciones.com.ar), 2014)



Por lo tanto los más utilizados en los procesos industriales son dos que son de distintos tipos como son los mecánicos con los equipos de osmosis inversa y los químicos con los de intercambio iónico.

### 2.3. Ablandadores de agua por intercambio iónico.

El intercambio iónico es un fenómeno que se produce al poner en contacto un sólido iónico (intercambiador) y una mezcla líquida conteniendo iones en solución (electrolito). Los intercambiadores iónicos son materiales sólidos insolubles, con cationes o aniones intercambiables en su superficie externa e interna.

Al ponerse en contacto con un sólido de estas características con una especie iónica en disolución, se produce un intercambio entre el sólido y el líquido permanente constante. El proceso es estequiométrico, debiéndose mantener la electroneutralidad del cambiador iónico, compensándose las cargas que salen con las que entran. (Rodríguez Romero & Francisco, 1995, p. 20)

*Figura nº. 2-1. Descalsificador de intercambio iónico.*



Fuente: (agua, 2013)

El ablandamiento del agua consta en eliminar los minerales que son los que hacen que el agua no sea de utilidad para usos específicos que se requieran utilizar.

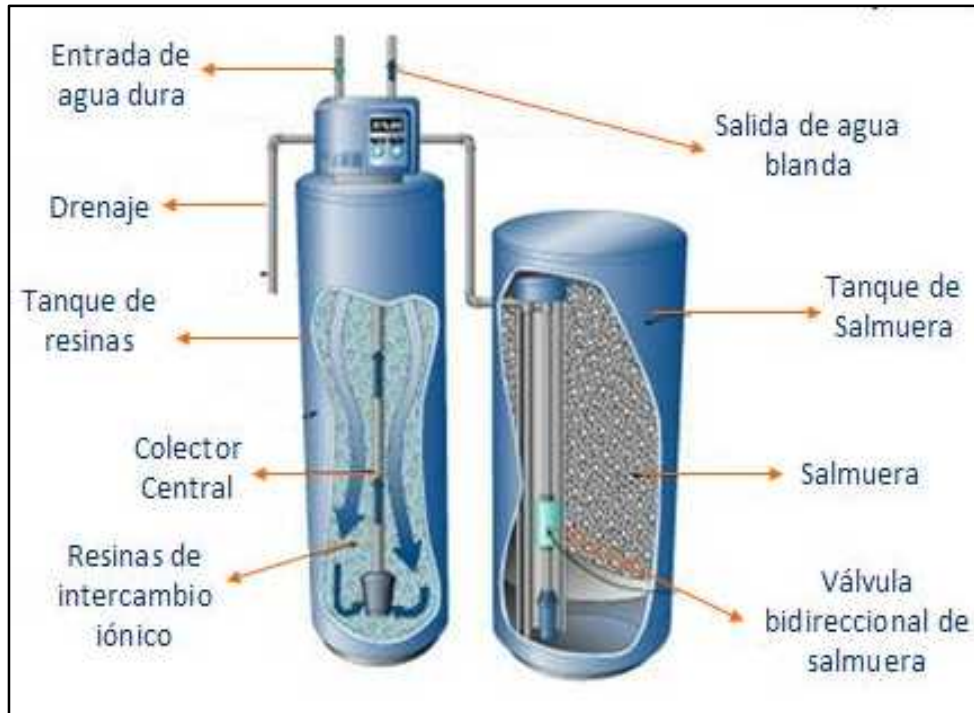
Los ablandadores de agua por intercambio iónico, son aquellos que están diseñados para eliminar iones, los cuales están cargados positivamente. Los ablandadores mayormente eliminan los iones de calcio ( $Ca^{2+}$ ) y magnesio ( $Mg^{2+}$ ). Calcio y Magnesio son a menudo referidos como minerales duros de ahí que se les denomina al agua no tratada como agua dura.

El intercambio iónico se realiza mediante un material sintético llamado resinas, que son sustancias sólidas insolubles distribuidas en granos esféricos muy pequeños de apariencia plástica.

La vida útil de estas resinas varía de 5 a 1 años con un tamaño promedio de malla 20 a 40 (0,8 a 0,4 mm). Debido al desgaste sufrido por el uso, se recomienda un reemplazo anual del 10% del

volumen total utilizado por la resina. (Hidrosoluciones, [www.hidrosoluciones.com.ar](http://www.hidrosoluciones.com.ar), 2014) (Kolb, Jhon Willian, Hill-Dorik., 1999).

Figura n°. 2-2. Ablandador de agua por intercambio iónico.



Fuente: (MicroClima)

### 2.3.1. Etapas del ablandamiento por intercambio iónico.

El intercambio iónico remueve de un agua cruda los iones indeseables transfiriéndolos a un material sólido llamado intercambiador iónico, el cual los acepta cediendo un número equivalente de iones de una especie deseable que se encuentra en la matriz del intercambiador de iones.

El intercambiador iónico tiene una capacidad limitada para intercambiar iones, llamada capacidad de intercambio; en virtud de esto, llegará finalmente a saturarse con iones indeseables. Entonces se lava con una solución regeneradora que contiene la especie deseable de iones, los que sustituyen los indeseables acumulados, dejando al material de intercambio en condición útil para volver a ser utilizada, estos pasos o etapas para hacer la regeneración de resina son los siguientes. (Neira Gutiérrez, 2006, p. 30).

- ) **Retrolavado:** Se hace pasar el agua en sentido contrario al flujo de servicio. Esta acción sirve para escarchar la resina, retirar ensuciamiento depositado en la parte superior (sólidos en suspensión tierra, etc.) retirar la resina rota y que ha perdido su capacidad de ablandamiento y remover la resina en su conjunto para homogeneizarla.

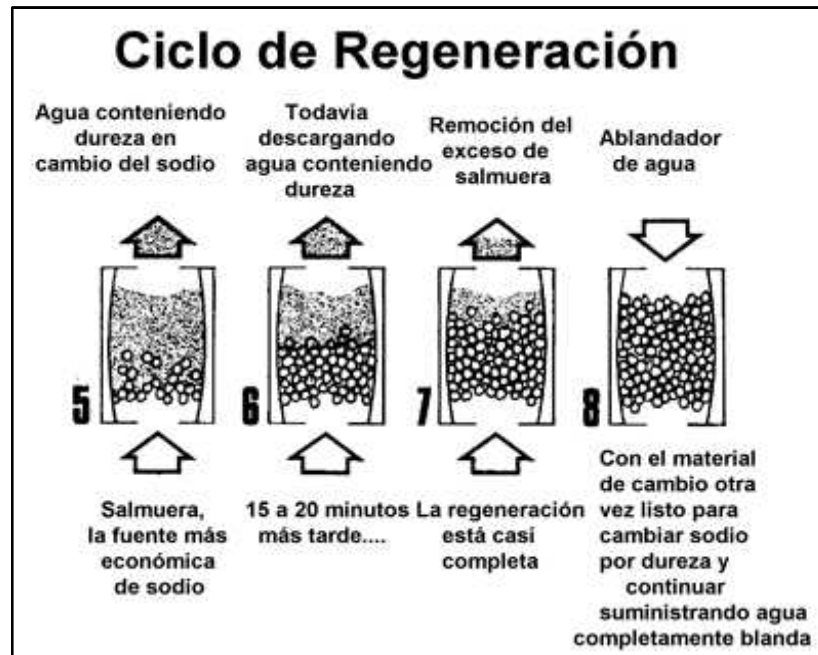
- ) **Regeneración:** Proceso por el cual se recupera la capacidad de ablandamiento de resina. Se utiliza una sustancia que elimine por iones Calcio y Magnesio capturados por la resina y que a su vez recupere su ion extraído por el ablandamiento.  
 En general se utiliza el Cloruro de Sodio (NaCl) denominado sal. Se disuelve una cierta cantidad de sal en agua en un recipiente llamado tanque de salmuera, y se hace pasar a través del ablandador en el mismo sentido que el flujo de servicio. La cantidad utilizada es de 15 libras (6,82 kg.) de sal por pie<sup>3</sup> de resina.
- ) **Enjuague:** Se hace pasar agua en sentido del flujo de servicio, para eliminar los restos de sal ubicada dentro del ablandador. Luego de eliminar la sal, se mide la dureza del agua salida. Si la dureza es menor a 10 ppm, se considera que el proceso de enjuague se ha terminado, y se pone en servicio el ablandador, hasta la siguiente regeneración.
- ) **Servicio:** Cuando se está produciendo el intercambio iónico o ablandamiento, obteniéndose el agua blanda. El sentido del flujo del agua que pasa por el equipo es de arriba hacia abajo.  
 En esta operación se controla la dureza del agua. Cuando el valor de dureza es superior a los 10 ppm o 1o alemán, se considera que la resina se agotado es decir, que la resina ha llegado a su límite máximo de intercambio, por lo tanto debe recuperarse esta capacidad para continuar produciendo agua blanda.

Figura n°. 2-3. Ciclo de ablandamiento.



Fuente: (aguas P. d.)

Figura n°. 2-4. Ciclo de regeneración.



Fuente: (aguas P. d.)

El ciclo de regeneración de un ablandador depende la demanda de agua blanda requerida y del volumen de agua blanda producida por el ablandador.

Tabla n°. 2-1. Dureza del agua expresada en partes por millón.

DUREZA (ppm CaCO <sub>3</sub> )	INTERPRETACIÓN
0 - 75	BLANDA
75 - 150	SEMIDURA
150 - 300	DURA
300	MUY DURA

Fuente: (Elaboración propia, 2015)

### 2.3.2. Cuidado y mantenimiento de la resina.

1.- Como se ha indicado, la vida útil de una resina varía de 5 a 10 años, por lo que es aconsejable reponer un 10% del volumen total de la resina anualmente, para compensar las pérdidas por ruptura y fallas en el retro lavado.

2.- La presencia de hierro en el sistema, debido a corrosión en el tanque de ablandamiento o por otra fuente, hace que la capacidad de intercambio por resina disminuya, porque el hierro se adhiere a ella, disminuyendo los puntos activos para el ablandamiento.

Esto se nota por el color rojizo que adquiere la resina, que dependiendo de su proveedor, varía de un amarillo oro brillante a oro viejo. Para retirar la resina se utilizan limpiadores químicos que

actúen por inmersión, o en línea durante el proceso de regeneración de la resina. Se aconseja una inspección cada 100 regeneraciones y una limpieza cada 200 regeneraciones.

3.-La mayor parte de los materiales de intercambio iónico empleados en el tratamiento del agua, tienen dimensiones efectivas que fluctúan entre un número de malla de 20 a 0,5 mm. Esto hace que el intercambiador funcione también como un filtro, pero la capacidad de filtrado produce atascamientos y disminución de la capacidad de intercambio.

Esta disminución en la capacidad del intercambiador iónico se debe a que la acumulación de materia ensuciante cubre la superficie de intercambio. El retiro de este ensuciamiento se logra con un buen retro lavado. Si la impureza se ha fijado en el material, se recomienda una limpieza con un agente químico.

4.-Controle el proceso de regeneración. Aunque no existe regla general, un tiempo estimado para el proceso de regeneración son las siguientes:

- ) Retro lavado de 10 a 15 minutos, o hasta que el agua salga clara.
- ) Regeneración de 30 a 40 minutos, o hasta que la salmuera se agote.
- ) Enjuague de 30 a 40 minutos, o hasta que no se sienta el agua salada y la dureza sea menor a 10 ppm (o menor a 1o Alemán).

5.-Verifique la cantidad de agua blanda obtenida por el equipo ablandador y compárelo con los valores históricos. Si el volumen de agua blanda producido por el equipo disminuye, debe verificar si existe una mayor demanda de agua blanda, si su procedimiento de regeneración es adecuado, si existen pérdidas de resina, o la resina se encuentra sucia. (química, 2012)

6.-Un cálculo rápido para verificar la capacidad de ablandamiento de agua por regeneración, si es que se registra valores históricos, es utilizando la siguiente relación:

Tabla n°. 2-2. Capacidad de ablandamiento del agua por regeneración.

FORMULA DEL VOLUMEN DE AGUA BLANDA	
$V_{AB} = (CL \times V_R) / DT$	
$V_R$	Volumen de resina (en pie <sup>3</sup> )
$CL$	Capacidad de intercambio de la resina (en gramos/pie <sup>3</sup> )
$DT$	Dureza total (en gramos/galón)
$V_{AB}$	Volumen de agua blanda (en galones)

Fuente: (Elaboración propia, 2015)

### 2.3.3. Beneficios de ablandadores de agua por intercambio iónico.

Los equipos automáticos realizan estas operaciones en forma autónoma, calibrando el periodo entre regeneraciones por tiempo o en forma volumétrica (a través de un meter incorporado). De esta manera se optimiza al máximo el consumo de sal y funcionamiento del equipo.

Los Ablandadores de Agua Automáticos se presentan de simple columna o tipo twin (doble columnas de resina). En este segundo caso, mientras una columna brinda agua ablandada, la otra se regenera.

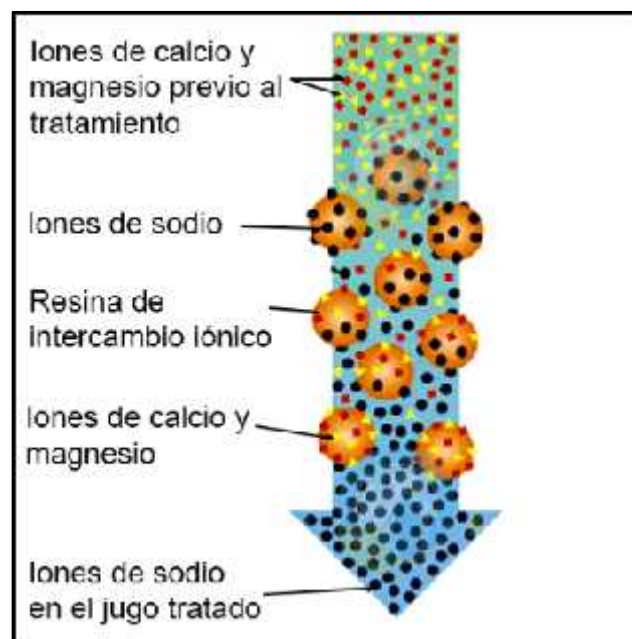
De esta manera se asegura una prestación continua las 24 horas de agua ablandada sin interrupción. La calibración entre regeneraciones de cada una de las dos columnas se hará para estos últimos equipos también en forma automática y alternativa a través de una calibración volumétrica, por intermedio del meter que contiene el cabezal twin.

Con respecto a los procesos para la remoción de dureza, se tiene que los más utilizados son los procesos de intercambio iónico y el proceso de cal-carbonato, en donde la desventaja de estos procesos es que cambian el calcio y el magnesio por otros minerales, los cuales pueden ser nocivos para la salud. (Neira Gutierréz, 2006, p. 81).

Las ventajas de este método son:

- ) En una sola operación se elimina la totalidad de la dureza (ve evita la formación de incrustaciones, comúnmente llamado sarro).
- ) Ausencia de pérdida de carga.
- ) Ausencia de contaminación.
- ) Tecnología de primer nivel: "Tratamiento Limpio".
- ) Reduce importantes costos de operación y disposición.
- ) Producción de sistemas automatizados, mediciones más controladas y confiables, espacios reducidos, flujos y calidades constantes. (Kolb, Jhon Willian, Hill-Dorik., 1999)

Figura nº. 2-5. Resina catiónica.



Fuente: (petróleo, 2014)

Figura nº. 2-6. Resinas de intercambio iónico, catiónico.



Fuente: (Soluciones)

#### 2.4. Ablandadores de agua por osmosis inversa.

La tecnología de la osmosis inversa se basa en el proceso de osmosis, que es un fenómeno natural que se produce en las células de los seres vivos, por el cual dos soluciones de distinta concentración salina puestas en contacto a través de una membrana semi-permeable tienden a igualar sus concentraciones. (Hidrosoluciones, [www.hidrosoluciones.com.ar](http://www.hidrosoluciones.com.ar), 2014)

La única solución real a la contaminación de arsénico, nitratos, nitritos, metales pesados y cualquier otro tipo de contaminante.

Con el desarrollo de la tecnología actual, se ha creado una revolucionaria solución para problemas no resueltos en el tratamiento de aguas y efluentes. Esta innovación es la osmosis inversa que ha tenido un desarrollo masivo en el campo de la desalinización de aguas, sobre todo en el campo industrial y en la potabilización de agua poblacional.

El tratamiento de aguas por osmosis inversa está convirtiéndose en algunos países en la única opción factible para obtener agua apta para consumo humano, ya que es la única tecnología probada para tratar agua de mar.

El principio de la osmosis Inversa consiste en separar un componente de otro en una solución, mediante las fuerzas ejercidas sobre una membrana semi-permeable. Su nombre proviene de

"osmosis", el fenómeno natural por el cual se proveen de agua las células vegetales y animales para mantener la vida.

El principio de funcionamiento es una membrana con un tamaño de poro muy reducido (0,0001 micrones) que deja pasar las moléculas de agua pero no las moléculas de mayor tamaño como los contaminantes, que son enviados al desagüe. Para forzar el paso del agua por estos poros tan pequeños cuenta con una bomba de alta presión. (Acquabio)

*Figura nº. 2-7. Equipo de osmosis inversa industrial.*



Fuente: (Acquabio)

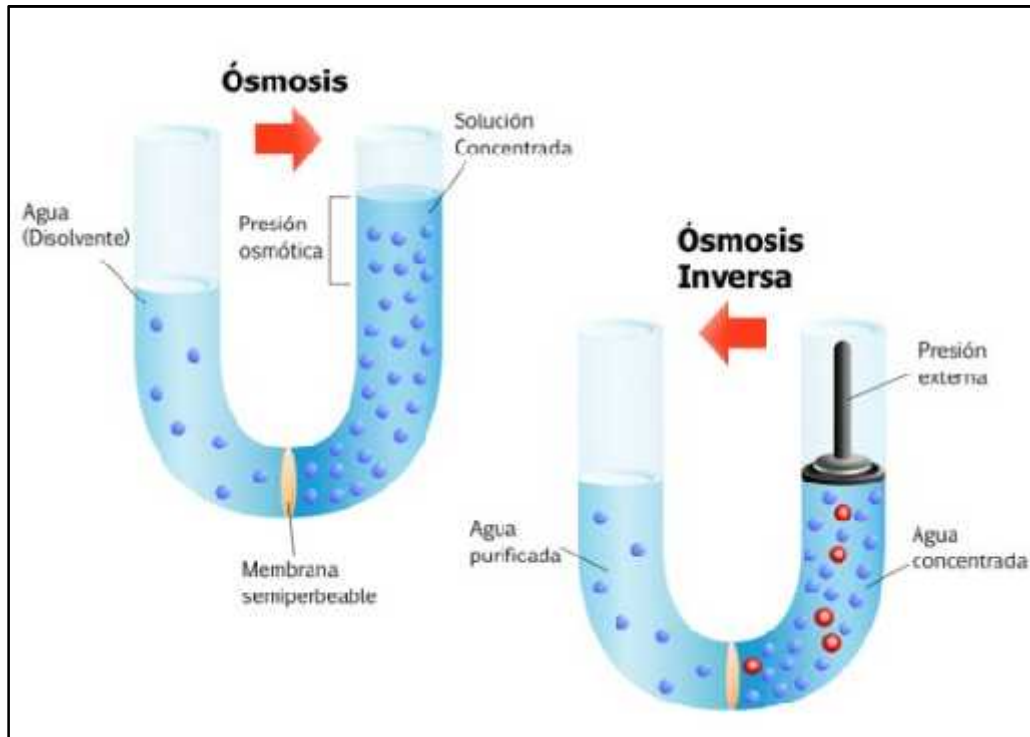
#### **2.4.1. Beneficios del tratamiento de agua por osmosis inversa.**

Aunque en ocasiones se ha querido ver la osmosis como un proceso de filtración a escala molecular, se comprende fácilmente que la osmosis inversa es un fenómeno claramente diferenciado de la filtración o micro filtración.

- ) Tecnología de primer nivel, que es el tratamiento Limpio ya que casi hace desaparecer el uso de químicos en la operación.
- ) Reduce importantes costos de operación y disposición.
- ) Producción de sistemas automatizados, mediciones más controladas y confiables, espacios reducidos, flujos y calidades constantes.
- ) Y lo más importante es adaptable y apropiada todos tipos de aplicaciones: agua residual, para proceso, pura, ultra pura, potable, sanitaria, biológica, y otros usos.



Figura nº. 2-8. Proceso de ósmosis inversa.



Fuente: (salud, 2016)

## 2.5. Definición de aguas duras.

La dureza del agua se reconoció originalmente por la capacidad que tiene el agua para precipitar el jabón, esto es, las aguas requieren de grandes cantidades de jabón para producir espuma.

Otra característica de suma importancia en la industria, reconocida posteriormente, es la producción de incrustaciones en los tubos de agua caliente, calentadores y algunas otras unidades en las que la temperatura del agua es alta.

Agua dura: Se denomina agua dura como aquella en cuya composición hacen parte importante los cationes disueltos; es por lo general agua de desecho industrial, no tratado. La dureza del agua es una prueba fisicoquímica de su calidad, que cuantifica los cationes presentes, es un análisis recurrente que determina la cantidad de iones presentes en ella empleando diferentes métodos analíticos. (Correa Maya, 2002, p. 140)

El problema de las incrustaciones no ha disminuido y es de consideración muy importante, principalmente en la industria, porque las incrustaciones pueden obstruir las tuberías a tal grado que se produzcan explosiones o que se inutilicen las unidades de los procesos industriales, resultando más económico darle a las aguas un tratamiento de ablandamiento, que sustituir tuberías, equipo, etc.

La dureza en el agua es causada principalmente por la presencia de iones de calcio y magnesio. Algunos otros cationes divalentes también contribuyen a la dureza como son, estroncio, hierro y manganeso, pero en menor grado ya que generalmente están contenidos en pequeñas cantidades.

En química, el agua calcárea o agua dura, por contraposición al agua blanda es aquella que contiene un alto nivel de minerales, en particular sales de magnesio y calcio a veces se da como límite para denominar a un agua dura una dureza superior a 120 mgCaCO<sub>3</sub> / L2

La dureza del agua se expresa normalmente como cantidad equivalente de carbonato de calcio (aunque propiamente esta sal no se encuentre en el agua) y se calcula, genéricamente, a partir de la suma de las concentraciones de calcio y magnesio existentes (miligramos) por cada litro de agua; que puede expresarse en concentración de CaCO<sub>3</sub>.

Dureza (mg/l de CaCO<sub>3</sub>) = 2,50 [Ca<sup>++</sup>] + 4,16 [Mg<sup>++</sup>]. Dónde:

[Ca<sup>++</sup>]: Concentración de ión Ca<sup>++</sup> expresado en mg/l.

[Mg<sup>++</sup>]: Concentración de ión Mg<sup>++</sup> expresado en mg/l.

La dureza del agua mide la concentración de minerales disueltos, en particular sales de calcio y de magnesio (aunque otros como el hierro, el estroncio y el manganeso también influyen en su endurecimiento, en menor medida.

Aunque se han hecho estudios que demuestran una ligera relación entre la dureza del agua y la proliferación de enfermedades cardiovasculares, lo cierto es que no existe consenso al respecto. De hecho la OMS considera que los datos actuales no son suficientes para emitir una recomendación general sobre el nivel de dureza adecuado para el agua de consumo humano. ([Ablandadores, 2015](#)).

### **2.5.1. Problemática del agua dura.**

El agua que no es tratada, es decir la que nos provee nuestro servidor contiene alta cantidad de minerales disueltos, en especial calcio y magnesio, este tipo de agua no es un riesgo para la salud pero si una molestia causa de su acumulación de minerales en las tuberías de aguay en especial cuando hay agua en temperatura elevada.

Tener un agua dura influye sobre todo en el rendimiento y el mantenimiento de los electrodomésticos de limpieza, así como en el sabor del agua.

Tener un agua descalcificada, por el contrario, reduce la cantidad de detergente necesaria, tanto en lavadoras domésticas como industriales, ya que si la dureza es excesiva se generan sales insolubles que producen espuma, haciendo que haga falta más cantidad de producto limpiador.

Por otro lado, el sabor del agua está influido por la cantidad de minerales y elementos disueltos.

Un agua dura, con mucha presencia de sales de calcio y magnesio, sabrá peor que un agua más ligera. Pero ojo, porque un agua excesivamente blanda tampoco tendrá buen sabor, lo ideal en este caso es que tenga una mineralización equilibrada para disfrutar de unas adecuadas características organolépticas, tanto para consumo directo como para cocinar. (Pancorbo, 2011, p. 240).

Un agua demasiado dura ocasionaría incrustaciones, gasto de combustible en la cocción de los alimentos, deterioro de la vida útil de los artefactos de uso doméstico. Un agua demasiado Blanda probablemente puede ocasionar enfermedades de osteoporosis, por deficiencia de calcio y la falta de magnesio enfermedades cardiovasculares. (Nunja Garcia, 2007).

Cualquier agua natural que, analicemos tiene cantidad variable de impurezas, tales como: sólidos disueltos, gases disueltos y materia suspendida; minerales disueltos: carbonato de calcio, sulfato de calcio, sulfato de magnesio, sílice, cloruro de sodio, hierro, magnesio, fluoruro y otras sustancias. (Nunja Garcia, 2007, p. 57).

*Figura nº. 2-9. Problemática del agua dura.*



Fuente: (Roquesola)

## 2.6. Suavizadores de agua o agua blanda.

Tradicionalmente, el mercado de tratamiento de aguas tenía una solución principal para el agua dura: ablandadores de agua basados en sal. Sin embargo, en los últimos años los tratamientos alternativos se han vuelto cada vez más populares, el más interesante de los cuales es el acondicionamiento de agua electrónico.

Suavizadores tradicionales trabajan por intercambio de iones, por lo que el sodio sustituye el calcio y el magnesio en el agua.

Purificación del agua Electrónica por otra parte crea un campo eléctrico alrededor de la tubería que altera los iones en el agua de manera que pierden su capacidad de producir calcificación. En la lucha contra el agua dura, ambos métodos reducirán la cal. Los acondicionadores electrónicos de agua son mucho menos costosos para comenzar, y tienen gastos de funcionamiento insignificantes.

Los suavizadores con sal cuestan mucho más y tienen el inconveniente añadido que requieren grandes cantidades de sal a comprar y añadir, el uso de agua adicional para la regeneración y luego descargan de sal en el medio ambiente causando los problemas ambientales que han causado muchas comunidades declarar ilegal el uso de suavizadores basados en sal.

Los sistemas de tratamiento electrónicos Small Wonder y Scalewatcher son alternativas aprobadas para reemplazar a los ablandadores de agua basados en sal. ([Genesis, 2015](#)).

### 2.6.1. Definición de aguas blandas.

Es aquella agua que se encuentra libre de minerales disueltos específicamente los de calcio y magnesio, para ser utilizadas en especial en los procesos industriales específicos, cómo el agua que se utiliza para las calderas, esta tiene que ser blanda debido a que la solubilidad de algunas sales como las de sodio y magnesio disminuye con la temperatura.

El no utilizar agua blanda ocasionaría que se fuera acumulando un sedimento en las tuberías de estas y produciría un efecto de bloqueo en los conductos (similar al efecto del colesterol en las arterias), lo que generaría a la larga un incremento en la presión de funcionamiento de la caldera, convirtiéndola en una bomba de tiempo.

Agua blanda es la que inmediatamente da espuma con una pastilla de jabón, sin producir grumos insolubles. ([Brian Cane, James Sellwood., 1975](#)).

### 2.6.2. Beneficios del agua blanda.

- ) En contraposición con el agua dura, las aguas blandas, o también conocidas como suaves, son aquellas que poseen mínimas cantidades de sales disueltas en el agua.
- ) Su principal ventaja es que fomenta y potencia la acción de los jabones y detergentes y otros productos químicos para la limpieza.
- ) El agua dulce se puede definir como un agua con menos de 0,5 partes por mil de sal en disolución. Suele encontrarse en ríos, lagos, glaciares, y algunas aguas subterráneas. Se

caracteriza por tener una concentración mínima de cloruro sódico, e iones de calcio y magnesio. En todo caso, son aguas de carácter potable.

- ) No produce incrustaciones calcáreas en las tuberías.
- ) No produce perdidas de presión en el agua debido a la reducción del diámetro de la tubería.
- ) No genera interrupciones prolongadas para el mantenimiento y limpieza de maquinarias, restando eficiencia a la planificación de la producción.
- ) No genera costes elevados por elevados mantenimientos.

Si en el agua no se encuentra ningún tipo de sal diluida, entonces se la conoce como agua destilada. (treatment).

Figura n°. 2-10. Dureza del agua.



Fuente: (agronomicas., 2016)

Figura n°. 2-11. Reactivo analizador de dureza del agua.



Fuente: (Analizador de dureza del agua)

## 2.7. Costos de parada de producción.

Todo activo inevitable se va deteriorando por el funcionamiento en el proceso continuo, y es por ello que se necesita realizar un cálculo del periodo de amortización (tiempo trabajado a partir del cual el activo empieza a ser rentable).

Una medida útil para el cálculo del coste del desarrollo del mantenimiento (CDM) es:

*Figura nº. 2-12. Cálculo del coste del desarrollo del mantenimiento.*

$$\text{CDM} = \frac{\text{Costos de mantenimiento}}{\text{Activos fijos mantenibles}} \times 100$$

Fuente: (Padilla Jimenez, 2013)

El costo de mantenimiento es la cantidad monetaria que se ha gastado en las operaciones realizadas, y los activos fijos son los precios actualizados de los equipos, maquinarias e instalaciones sobre los que se han efectuado los mantenimientos. (Padilla Jimenez, 2013, p. 95).

### **2.7.1. Definición de costos de la parada de producción.**

Optimizar el mantenimiento en una empresa a través de una filosofía de trabajo que permita mejorar los procesos, alargar la vida útil de los equipos, minimizar las fallas, disminuir los tiempos de reparación, aumentar la seguridad y operación de los equipos, y sobre todo, una reducción significativa de los costos de producción y mantenimiento, es la misión primordial de una gerencia moderna y de calidad.

Para tomar decisiones basadas en la estructura de costos, y teniendo presente que para un administrador una de sus principales tareas será minimizar los costos, entonces es importante conocer su componentes.

Los costos, en general, se pueden agrupar en dos categorías:

Los costos que tienen relación directa con las operaciones de mantenimiento, como ser: costos administrativos, de mano de obra, de materiales, de repuestos, de subcontratación, de almacenamiento y costos de capital.

Costos por pérdidas de producción a causa de las fallas de los equipos, por disminución de la tasa de producción y pérdidas por fallas en la calidad producto al mal funcionamiento de los equipos. Costo global del mantenimiento. (Padilla Jimenez, 2013, p. 98).

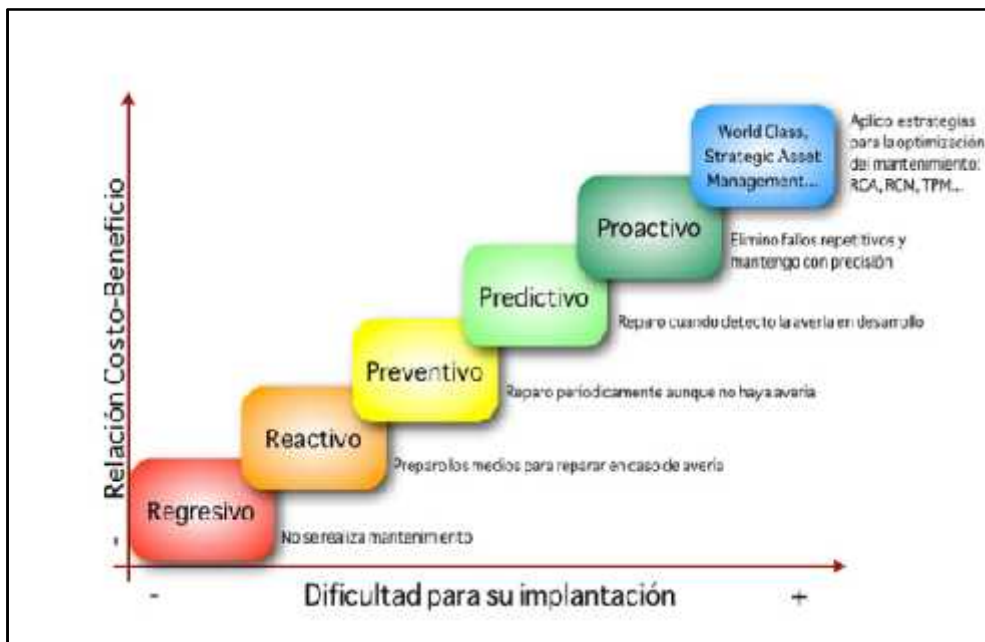
### **2.8. Tipos de mantenimiento.**

Antes de mediados del siglo pasado, el mantenimiento que se realizaba en las industrias tenía más que ver con las eventuales averías que se producían en los equipos y maquinas que con una previsión de lo que podía sucederles por el desgaste o por el mal funcionamiento de sus piezas. Lo cual se optaba por la única solución que era el reemplazo de la pieza gastada o la adquisición de un nuevo equipo.

En la actualidad la industria ha avanzado de tal manera que se manejan diversas herramientas y formatos, el más utilizado por las grandes compañías es el mantenimiento productivo total (TPM) en el que el estudio de los tiempos en la fabricación y fechas de entrega hace que se utilice lo que se necesita en el momento.

Los primeros que aplicaron el mantenimiento productivo total (TPM) fueron los japoneses en sus cadenas de producción de vehículos a motor. (Padilla Jimenez, 2013, p. 99).

Figura nº. 2-13. Tipos de mantenimiento.



Fuente: (Preditec)

### 2.8.1. Mantenimiento correctivo.

Es aquel que se aplica cuando ya ha ocurrido la falla, la cual pudo haber sido prevista o imprevista, se practica en gran cantidad de industrias, que no cuentan con un mantenimiento preventivo o predictivo.

Ocasiona trastornos de producción, que pueden ir desde ligeras pérdidas de tiempo, por reposición de equipo o cambio de tarea hasta ocasionar una parada de producción en tanto no se repare o sustituya el equipo averiado.

Se denomina mantenimiento correctivo, aquel que corrige los defectos observados en los equipamientos o instalaciones y consiste en localizar averías o defectos y corregirlos o repararlos.

Este mantenimiento que se realiza luego que ocurra una falla o avería en el equipo que por su naturaleza no pueden planificarse en el tiempo, presenta costos por reparación y repuestos no presupuestadas, pues implica el cambio de algunas piezas del equipo. (Gomez, Felix Cesareo., 1998, p. 26) .

### **2.8.2. Mantenimiento preventivo.**

Está basado en la continua revisión de las condiciones del activo (equipo, maquinaria e instalaciones), efectuando visitas y cambios periódicos en los elementos que sufren desgaste, antes de que estos provoquen un fallo.

Las actividades básicas del mantenimiento preventivo son:

- ) Revisión periódica de los activos de tres maneras distintas, con el equipo actuando, con el equipo parado o con el equipo desmontado.
- ) Sustitución periódica de los elementos que están sometidos a desgaste. (Padilla Jimenez, 2013, p. 99).

### **2.8.3. Mantenimiento predictivo.**

El mantenimiento predictivo es un tipo de mantenimiento que relaciona una variable física con el desgaste o estado de una maquinaria. El mantenimiento predictivo se basa en la medición, seguimiento y monitoreo de parámetros y condiciones operativas de un equipo o instalación. A tal efecto, se definen y gestionan valores de pre alarma y de actuación de todos aquellos parámetros que se considera necesario medir y gestionar. (Ingeniería del mantenimiento, 2009).

## **2.9. Herramientas de mejora continua:**

### **2.9.1. Diagrama causa - efecto:**

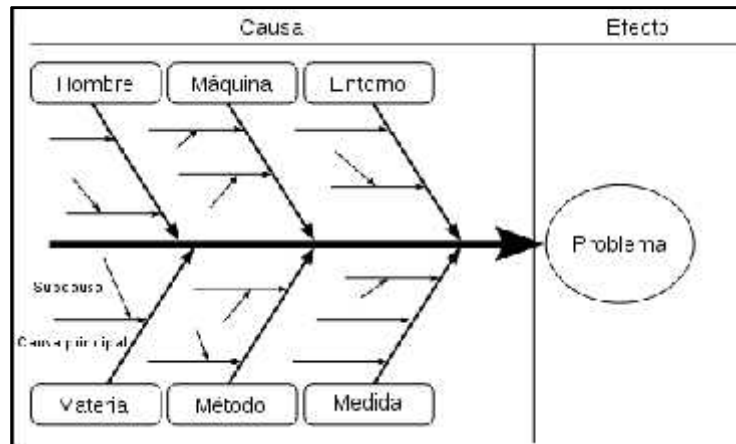
También conocida como diagrama de pescado, es una herramienta creada por el licenciado en química Kaoru Ishikawa.

Es un diagrama causa y efecto basada en una lluvia de ideas que le permite investigar las diversas causas que influyen en un efecto específico, las causas se organizan con frecuencia de seis categorías principales que son: personal, maquinarias, materiales, métodos, mediciones y medio ambiente. Luego se derivaran en sub-causas dependiendo del análisis.

En el diagrama también se puede incluir cualquier tipo de causa que se desea investigar.



Figura n°. 2-14. Diagrama base de ISHIKAWA o causa – efecto.



Fuente: (Elaboración propia, 2015)

### 2.9.2. Herramientas de Pareto:

También conocida como la regla del 80-20 y es una herramienta que ayuda tomar decisiones en función a prioridades, el diagrama se basa en el principio enunciado por Vilfredo Pareto que dice que el 80% de los problemas se pueden solucionar, si se eliminan el 20% de causas que los originan.

El diagrama de Pareto en pocas palabras dice que un 20% de los errores vitales, causan el 80% de los problemas, es decir el origen del problema siempre encuentra un 20% de causas vitales y un 80% de triviales. En otras palabras: un 20% de los errores vitales, causan el 80% de los problemas, o lo que es lo mismo: en el origen de un problema, siempre se encuentran un 20% de causas vitales y un 80% de triviales.

Figura n°. 2-15. Regla del 80-20 de PARETO.



Fuente: (Elaboración propia, 2015)

Con objeto de realizar correctamente un diagrama de Pareto hemos de realizar los siguientes pasos:

- ) Recolectar o recoger datos y clasificarlos por categorías.
- ) Ordenar las categorías de mayor a menor indicando el número de veces que se ha producido.

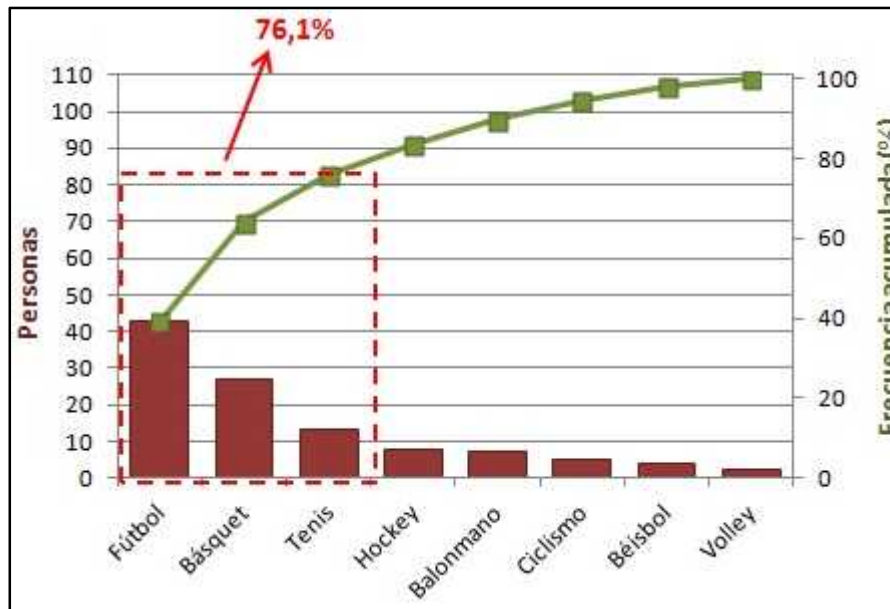
- ) Calcular los porcentajes individuales y acumulados de cada categoría, el acumulado se calcula sumando los porcentajes anteriores a la categoría seleccionada.
- ) Construcción del diagrama en función de los datos obtenidos anteriormente.

El diagrama de Pareto se han construido para proporcionar un antes y un después de la comparación de los efectos de control o medidas de mejora de la calidad.

Concretamente este tipo de diagramas, es utilizado para:

- ) Conocer cuál es el factor o factores más importantes en un problema.
- ) Determinar la causa raíz de un problema.
- ) Decidir el objetivo de mejora y los elementos que se deben mejorar

*Figura nº. 2-16. Diagrama de PARETO.*



Fuente: (Elaboración propia, 2015)

## 2.10. Indicadores.

Indicadores es una comparación entre dos o más tipos de datos que sirven para elaborar una medida cuantitativa o una observación cualitativa, al realizar esta comparación arroja un valor, una magnitud o un criterio. Los indicadores son instrumentos de medida que pueden ser usadas para describir y comprender como funciona la calidad de un sistema o una actividad en concreto.

Estos indicadores logran mostrar que una organización o un determinado proyecto están cumpliendo con sus objetivos o que está alcanzando cierto éxito. Los mismos son establecidos por el líder de la organización, quien evalúa sus resultados y su desempeño.

Los indicadores nos ayudan para poder tener un registro o un dato para sacar referencias o para comparar. Los más utilizados son:

**Indicadores de resultado**, que se sub dividen en:

- ) Indicadores de estratégicos.
- ) Indicador de impacto.
- ) Indicador de eficacia.
- ) Indicadores de cobertura.

**Indicadores de procesos**, que mide la gestión y se sub dividen en:

- ) Indicadores de eficiencia.
- ) Indicadores de calidad.
- ) Indicadores de cumplimiento.
- ) Indicadores de equidad.

*Figura nº. 2-17. Tipos de indicadores.*



Fuente: (Elaboración propia, 2015)

## 2.11. Definición de términos básicos

**AGUA BLANDA:** El agua blanda es el agua en la que se encuentran disueltas mínimas cantidades de sales. Si no se encuentra ninguna sal diluida entonces se denomina agua destilada.

**AGUA DURA:** Es aquella que contiene un alto nivel de minerales, en particular sales de magnesio y calcio.

**ANIÓN:** Un anión es un ion (átomo o molécula) con carga eléctrica negativa, que se produce como resultado de haber ganado uno o varios electrones. Un anión es opuesto al catión, el cual posee un ion de carga positiva.

**BENEFICIOS:** El beneficio económico (también denominado utilidades) es un término utilizado para designar la ganancia que se obtiene de un proceso o actividad económica.

**CATIÓN:** Un catión es un ión con carga eléctrica positiva, es decir, que ha perdido electrones. Los cationes se describen con un estado de oxidación positivo. En términos químicos, es cuando un átomo neutro pierde uno o más electrones de su dotación original, este fenómeno se conoce como ionización.

**COSTOS DE PARADA DE PRODUCCIÓN:** Son todos los costos y gastos que se realizan por toda parada intempestiva del proceso continuo de producción, que abarca por ejemplo de varios costos como son los de mano de obra, materia prima, repuestos, horas dejadas de producir etc...

**DESCALSIFICADORES:** Es un equipo utilizado para la eliminación de la dureza en el agua (calcio y magnesio) mediante el uso de resinas de intercambio iónico.

**IMPLEMENTACIÓN:** Es la instalación o aplicación de un plan un modelo científico, es la ejecución de una idea a realizar.

**INCRUSTACIONES CALCARIAS:** La corrosión es el desgaste superficial que sufren las tuberías como consecuencia de las reacciones químicas y electroquímicas entre el material de las tuberías y el agua. Está no sólo depende del tipo de aguas (duras, blandas, salinas, etc.), sino también del material del que están hechas las tuberías.

**INTERCAMBIO IÓNICO:** Es el tratamiento que se le da al agua para poder quitarle los minerales pesados que son el calcio y magnesio, esto se encarga de realizarlo la resina catiónica, después de realizar todo un proceso.

**MÉTODO:** El método científico es una serie ordenada de procedimientos de que hace uso la investigación científica para observar la extensión de nuestros conocimientos.

**PROCESO:** Un proceso industrial es el conjunto de operaciones unitarias necesarias para modificar las características de las materias primas. Dichas características pueden ser de naturaleza muy variada tales como la forma, la densidad, la resistencia, el tamaño o la estética.

**PROCESOS ESTEQUIOMETRICO:** Es el cálculo de las relaciones cuantitativas entre los reactivos y productos en el transcurso de una reacción química.<sup>1</sup> Estas relaciones se pueden deducir a partir de la teoría atómica, aunque históricamente se enunciaron sin hacer referencia a la composición de la materia, según distintas leyes y principios.

**PURIFICACIÓN:** La **purificación del agua** es el proceso de eliminar elementos nocivos o contaminantes biológicos de para que pueda ser ingerido de forma segura por las personas, además de ser utilizado para algún tipo de actividad médica, química o farmacológica.

**SISTEMAS E ABLANDADORES:** Es un conjunto de procedimiento que permiten realizar el tratamiento del agua, para nuestros diversos procesos.

**TRATAMIENTO:** Es el conjunto de operaciones unitarias de tipo físico, químico, físico-químico o biológico cuya finalidad es la eliminación o reducción de la contaminación o las características no deseables de las agua.

**ÓSMOSIS:** La ósmosis es el término físico-químico utilizado para denominar el fenómeno que se produce entre dos soluciones acuosas de diferente concentración, separadas por una membrana semi-permeable.

**INTERCAMBIO:** El intercambio iónico es un intercambio de iones entre dos electrolitos o entre una disolución de electrolitos y un complejo.

## CAPÍTULO 3. DESARROLLO

Industrias Fibraforte S.A. desde 1993 es una empresa dedicada a la producción y comercialización de productos innovadores para la construcción como son planchas de resina plástica (láminas corrugadas o techos). Estas planchas, son utilizadas en el sector construcción.

Desde entonces el objetivo fue siempre brindar al mercado de la construcción, una solución de vanguardia que contenga significativas ventajas respecto a las soluciones tradicionales de las coberturas metálicas, asbesto o fibrocemento, en cuanto a la apariencia, durabilidad, facilidad de almacenamiento, traslado e instalación, ahorro en estructuras por reducción de peso y no representar ningún peligro para la salud.

### **MISIÓN:**

Crear valores para nuestros accionistas, clientes proveedores y empleados proporcionando productos que excedan las expectativas y requerimientos establecidos por normas oficiales, con un fuerte compromiso por el cuidado del medio ambiente y la responsabilidad social.

### **VISIÓN:**

Para el año 2016, consolidar el liderazgo de nuestro portafolio con soluciones competitivas e integrales, en el mercado de materiales para la construcción de los países donde tenemos presencia.

### **HISTORIA:**

**-1993:** Industrias Fibraforte S.A. inicia sus labores a nivel nacional y lanza al mercado su plancha corrugada de Polywood (mezcla de polipropileno y harina de madera), las cuales tuvieron gran acogida; ya que, era un producto nuevo en el mercado peruano y era una alternativa moderna para la cobertura de techos.

**-1997:** Industrias Fibraforte S.A. lanza su plancha Flexiforte la cual causa gran impacto y acogida en el mercado, por ser mucho mejor que su primer producto, por su resistencia y durabilidad; ya que, es una plancha de puro polipropileno.

**-2002:** Industrias Fibraforte S.A. con la nueva adquisición de una línea de extrusión especializada en productos de policarbonato y polipropileno, lanza al mercado la plancha translúcida, las cuales son ideales para iluminar todo tipo de ambiente, sea doméstico o industrial, siendo su principal característica el ahorro de energía.

**-2008:** Con la finalidad de satisfacer la demanda de nuestros clientes y brindar un producto de calidad netamente producidos por peruanos, Industrias Fibraforte S.A. anuncia la compra de una maquina nueva y de última tecnología, que además de permitir duplicar la oferta, permitirá hacer una nueva producción de planchas opacas, con diseños variados y con mayor eficiencia, lo cual redundará en menores costos.

**-2010:** El liderazgo de Fibraforte en los últimos años, el crecimiento permanente del sector de construcción y la solidez de la economía peruana fueron los atractivos para que Elementia de México, consorcio que agrupa a empresas del sector construcción, industrial en infraestructura en dicho país y en América Latina adquiriera en julio del 2010 a Industrias Fibraforte S.A. con lo que se pasa a formar parte de uno de los grupos más importantes en los sectores indicados.

*Figura n°. 3-1. Mapa de ubicación INDUSTRIAS FIBRAFORTE S.A.*



Fuente: (google maps)

### 3.1. Organización

El área al que se basó dicha implementación; pertenece al área de mantenimiento la cual cuenta con una jefatura e mantenimiento a cargo del Ing. José Matos, con un soporte y asistencia de 3 ingenieros y el equipo de mantenimiento conformado por 12 técnicos, entre electricistas y mecánicos.

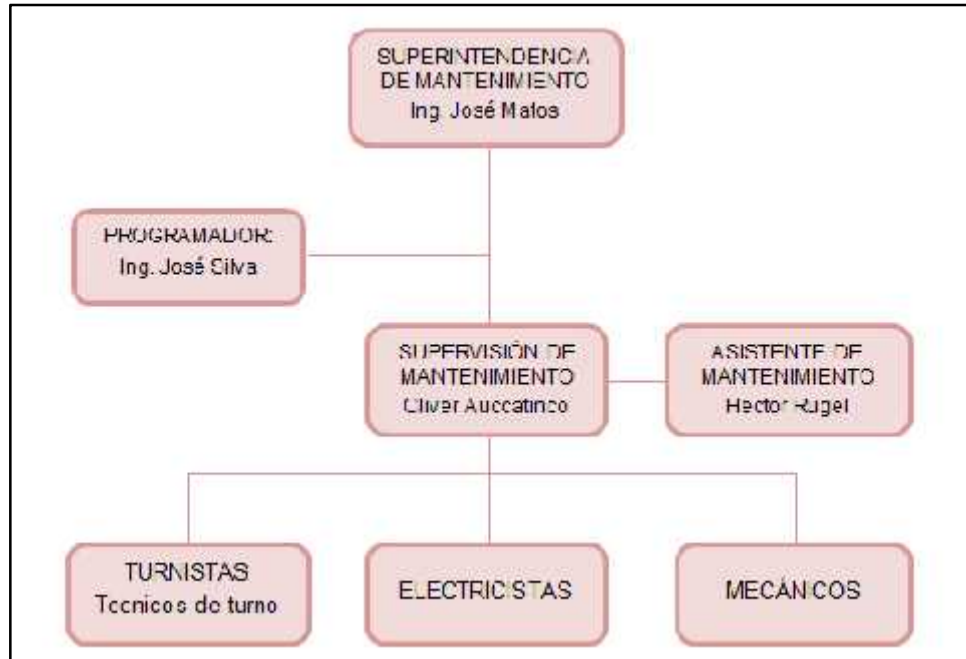
La función del área del departamento de mantenimiento se encarga de proporcionar oportuna y eficientemente, los servicios que requiera el centro en materia de mantenimiento preventivo y correctivo a las instalaciones de nuestra planta.

La mayor responsabilidad de un programa mantenimiento industrial es no solo corregir, sino la óptima operación de la planta.

La función del planeamiento de mantenimiento, es el conjunto de tareas de mantenimiento programadas y agrupadas siguiendo los patrones establecidos de horas de trabajo o desgaste de piezas.

La función del departamento de almacén de repuestos, Atender los requerimientos de diferentes unidades o dependencias en cuanto al suministro de materiales, repuestos, equipos y otros rubros de un depósito o almacén, recibéndolos, clasificándolos, codificándolos, despachándolos e inventariándolos para satisfacer las necesidades de dichas unidades.

Figura n°. 3-2. Organigrama del área de mantenimiento – Industrias Fibrforte S.A.



Fuente: (Elaboración propia, 2015)

### 3.1.1. Servicio de operaciones de Industrias Fibrforte S.A.:

Somos una empresa que produce y comercializa productos innovadores para el sector construcción con como son las planchas de polipropileno y policarbonato, brindando una nueva alternativa en techos ligeros.

Estas planchas son utilizadas en el sector doméstico, industrial e institucional, vale decir: casas, almacenes, coliseos, hangares, plantas industriales, etc.

La empresa se fundó en 1993, y desde entonces ha experimentado un fuerte crecimiento en el mercado Interno el cual se ha consolidado en los últimos años, así como sus exportaciones a Latinoamérica.

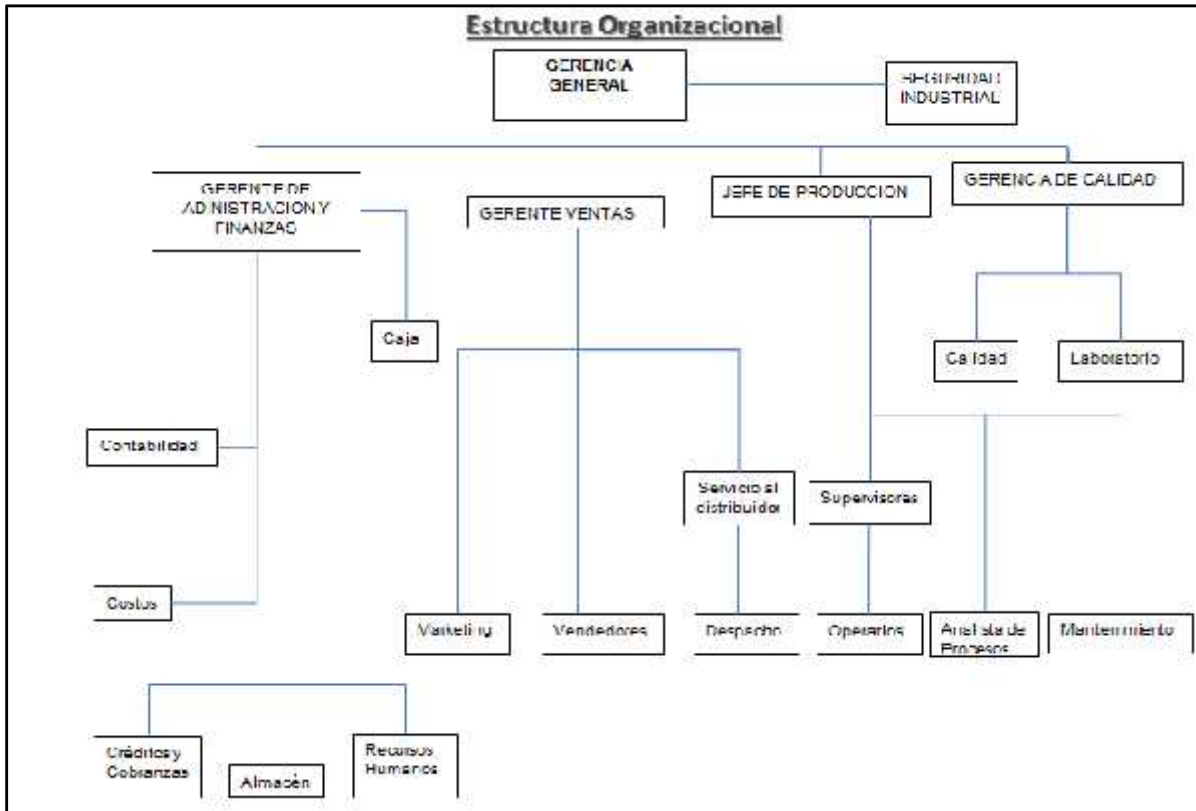
La empresa cuenta con maquinaria moderna para la extrusión y el procesado de polipropileno y policarbonato, así como para el termoformado del plástico.

También cuentan con un laboratorio moderno con maquinaria especializada para el análisis y comportamiento del plástico en su estado de materia prima como luego de su fabricación o producto terminado.

Contamos con un soporte técnico para la instalación de nuestras planchas, brindando capacitaciones a nuestros clientes.



Figura n°. 3-3. Estructura organizacional – Industrias Fibraforte S.A.



Fuente: (Elaboración propia, 2015)

Nuestra empresa brinda nuevas soluciones al sector construcción y su característica principal por lo que nuestros clientes prefieren nuestros productos son: economía, fácil traslado, techo ligero, resistente, no contiene asbesto.

Las planchas translucidas son preferidas porque economizan energía ya que dejan pasar los rayos solares en el día, dando una gran economía en el ahorro d energía eléctrica.

Y las planchas tejas son preferidas por sus grandes acabados y por ser decorativos sin perder los beneficios ya mencionadas de nuestros productos.

**Características:** Flexiforte

- ) Económica.
- ) Ligera.
- ) Fácil transporte,
- ) No tiene asbesto.
- ) Resistente.



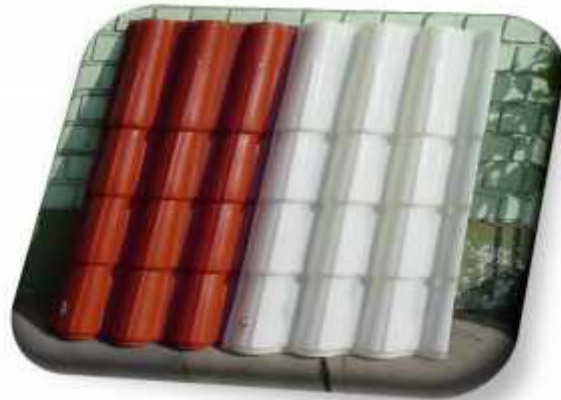
**Características:** Traslucida.

- ) Ligera.
- ) Buen acabado.
- ) Variedad de colores.
- ) Economiza energía.
- ) Muy resistente.
- ) No tiene asbesto.



**Características:** Tejas.

- ) Ligera.
- ) Buen acabado.
- ) Decorativa.
- ) Resistente.
- ) No tiene asbesto.



### 3.2. Detalle del problema encontrado en el área producción.

Para poder entender el problema al detalle; tenemos que explicar el funcionamiento de nuestras maquinas extrusoras y termoformadoras, asimismo los mantenimientos que se realizar a las máquinas, para así poder llegar a puntualizar el problema que se tenía con el agua, para luego puntualizar nuestra implementación que se realizó y como a través de ella se logró reducir los costos de mantenimiento.

#### 3.2.1. Funcionamiento de las maquinas extrusoras y termoformadoras.

Industrias Fibraforte basa su proceso de producción en sus líneas de producción como son la maquina Bausano, Casplast, Leader Machinery y sus tres termoformadoras.

Estas máquinas se encargan de trabajar la materia prima que es el polipropileno y basan su funcionamiento en etapas:

- ) Etapa de dosificación de materia prima y aditivos.
- ) Etapa de extrusión.
- ) Etapa de laminado y formado.
- ) Etapa de corte y apilado (producto terminado).

Estas son las etapas principales de del proceso de fabricación de planchas, en las cuales en dos de estas etapas se utiliza maquinaria que trabaja con aguas a temperatura; ya sea a altas temperaturas o a bajas temperaturas.

El agua es un elemento de gran importancia en nuestros procesos de extrusión.

*Figura nº. 3-4. Central de termorregulación de Máquina Casplast.*



Fuente: (Elaboración propia, 2015)

Las maquinas termoformadoras que son las que se encargan de trabajar el plástico ya laminado no son ajenas al uso de agua temperada; ya que, en su proceso los moldes que se encargan de darles el termoformado y forma de tejas, trabajan a una temperatura ya específica, que se ha determinado según la experiencia en los procesos de termoformado y según el producto que se esté fabricando.

Este proceso de regular la temperatura del agua se logra por una máquina que basa su funcionamiento en la termorregulación del agua, es decir usa agua fría de las torres e enfriamiento y eleva la temperatura por medio de sus resistencias de inmersión que posee en sus tanques.

Con esta agua temperada, es la que se hace recircular por el interior del molde de nuestros procesos de termoformado.

*Figura nº. 3-5. Máquina termoformadora – Electroforming.*



Fuente: (Elaboración propia, 2015)

### **3.2.2. Trabajos de mantenimiento.**

Los trabajos de mantenimiento de basan en dos tipos que son dos:

Trabajos de mantenimiento preventivo, los cuales se realizan semanalmente a cada línea de producción, el cual comprende mantenimiento mecánico y mantenimiento eléctrico.

El mantenimiento eléctrico se basa en ajuste limpieza e inspección de los componentes eléctricos, recalentamiento de piezas y calibración de sensores de presión y peso.

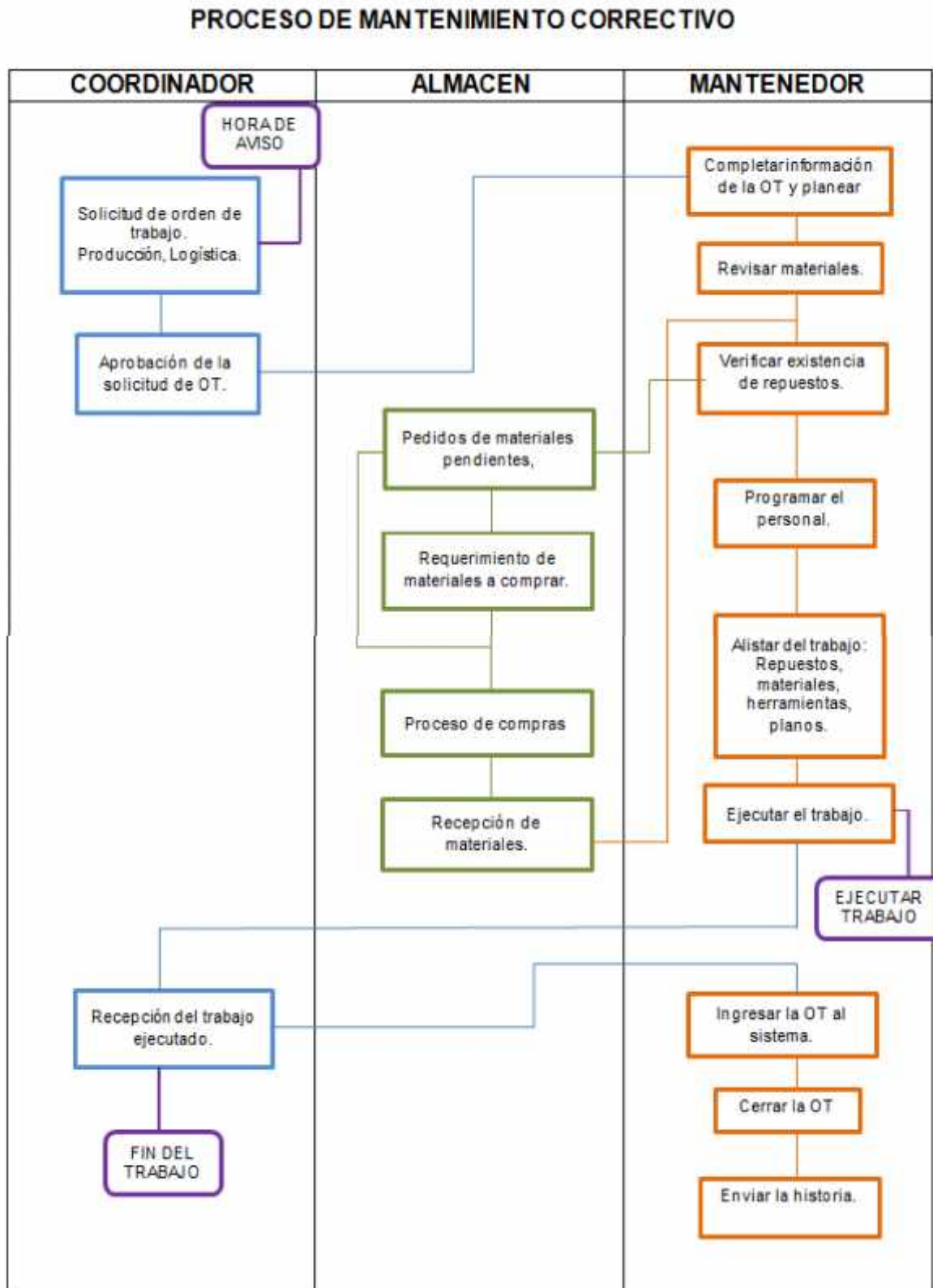
El mantenimiento mecánico se basa en ajuste, engrase de partes móviles, análisis de vibración e inspección de gaste de piezas.

Los mantenimientos correctivos son los que se pretenden erradicar por completo en nuestra planta de producción, pero se suele realizar debido que hay partes de la máquina que necesitan cambio o reemplazo por uso, fatiga u horas de trabajo. Estos mantenimientos ya se vienen realizando, pero por horas de trabajo programadas.

El proceso e mantenimiento se viene realizando de manera programada y se tiene q cumplir con todos los formatos que pide la planta, es decir cada paso que se realiza viene siendo controlado tomándose el tiempo de horas de trabajo, horas de máquinas paradas, trabajos terminados, trabajos inconclusos, falta de repuestos y todos los formatos que pide la empresa.

Es decir se tiene que cumplir con el organigrama de mantenimiento para realizar trabajos en la máquina, así es más sencillo saber cuál es nuestro punto débil o nuestro cuello de botella y lograr disminuir los tiempos de parada de producción.

Figura n°. 3-6 Organigrama de mantenimiento correctivo – Industrias Fibrforte S.A.



Fuente: (Elaboración propia, 2015)

### 3.2.3. Sala de bombas de agua

Nuestras maquinas se abastecen de nuestros pozos de agua para su funcionamiento, y estos pozos en si son abastecidos del agua de suministro que nos brinda la compañía de SEDAPAL, estos pozos a la ves son enfriados por torres de enfriamiento, las cuales se encargan de disminuir la temperatura del agua que viene a altas temperaturas luego de realizar los procesos en nuestras máquinas.

Es aquí nuestro punto débil en nuestra planta debido a que no se realizaba un tratamiento del agua en los pozos de suministro ni en las torres de enfriamiento.

*Figura nº. 3-7. Sala de bombas y torres de enfriamiento – Industrias Fibrforte S.A.*



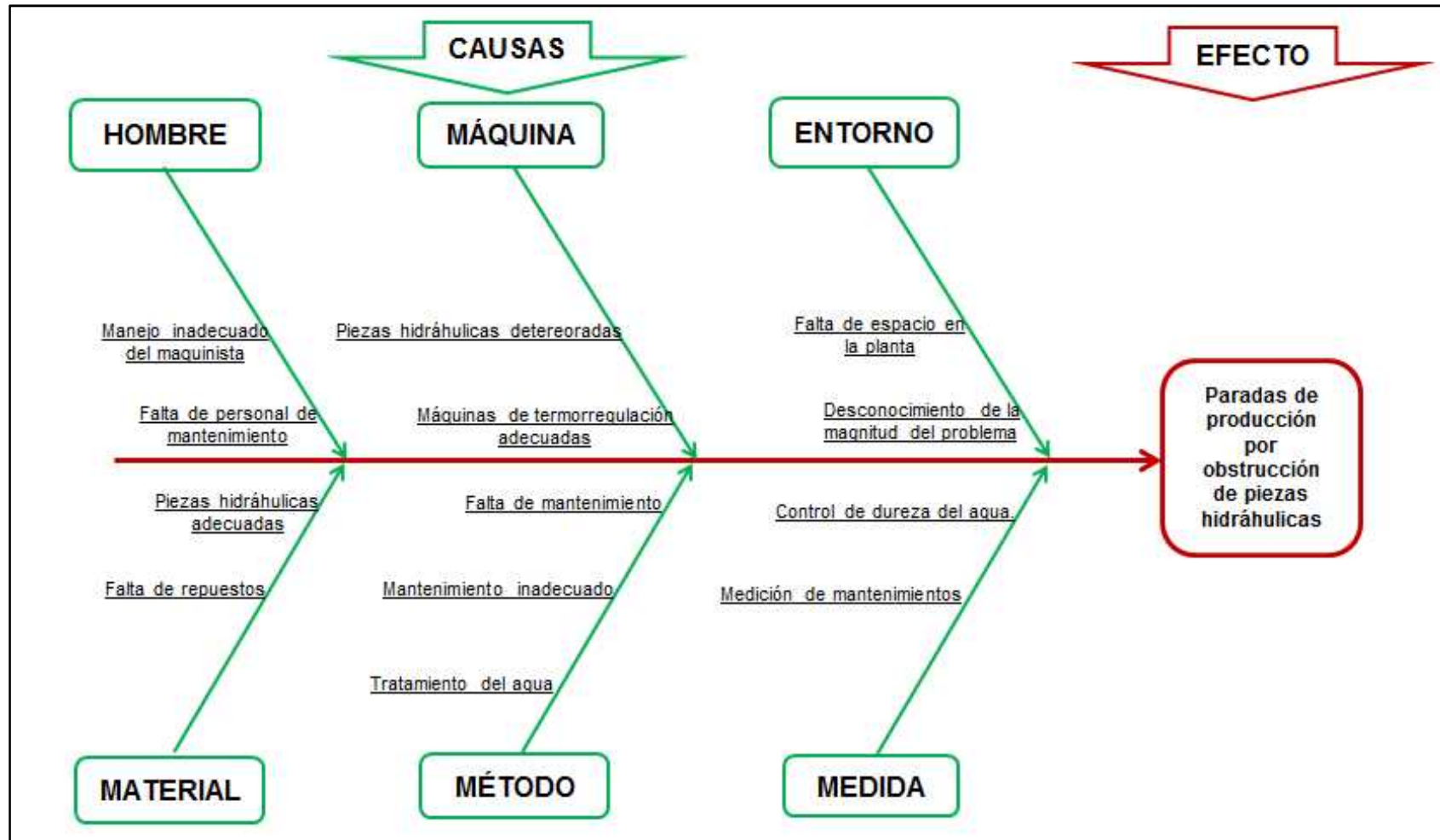
Fuente: (Elaboración propia, 2015)

## 3.3. Actividades realizadas

### 3.3.1. Planteamiento del problema en base a la herramienta ISHIKAWA:

Para poder trabajar con mayor certeza sobre las causas que motivaron al problema que fue localizado en el proceso de producción en el área de mantenimiento, se detalló los siguientes factores.

Figura n°. 3-8. Diagrama Ishikawa, Falta del tratamiento del agua.



Fuente: (Elaboración propia, 2015)

Figura nº. 3-9. Detección de causas que motivaron a las paradas de producción por obstrucción de piezas hidráulicas.

CAUSA	EFEECTO	POSIBLES SOLUCIONES
Manejo inadecuado del maquinista.	<b>PARADAS DE PRODUCCIÓN POR OBSTRUCCIÓN DE PIEZAS HIDRÁULICAS</b>	Inducción en el trabajo, manejo adecuado de máquinas extrusoras.
Falta de personal capacitado.		Capacitación en tratamientos de agua.
Piezas hidráulica adecuadas		Utilizar piezas inoxidables
Falta de repuestos.		Tener stock de los repuestos adecuados para las máquinas.
Piezas hidráulicas detereoradas.		Cambiar las piezas hidráulicas que tienen demasiadas horas de trabajo.
Máquina de termostatación adecuada.		Adquirir una central de termostatación con piezas inoxidables
Falta de mantenimiento.		Respetar las horas de mantenimiento preventivo semanales.
Mantenimiento inadecuado.		Utilizar el mantenimiento respectivo para este tipo de problemas.
Tratamiento del agua		Adquirir ablandadores de agua para realizar un tratamiento óptimo de nuestras aguas a utilizar en los procesos
Falta de espacio en la planta.		Adquisición de nueva planta con mayor área para poder adquirir maquinarias adecuadas.
Desconocimiento de la magnitud del problema.		Demstrar con cuadros de funcionamiento y costos la magnitud del problema y la solución respectiva.
Control de dureza del agua		Llevar un control periódico de la dureza del agua de nuestros pozos
Medición de mantenimientos.		Llevar un control de los mantenimientos correctivos más consecutivos para poder dar soluciones.

Fuente: (Elaboración propia, 2015)



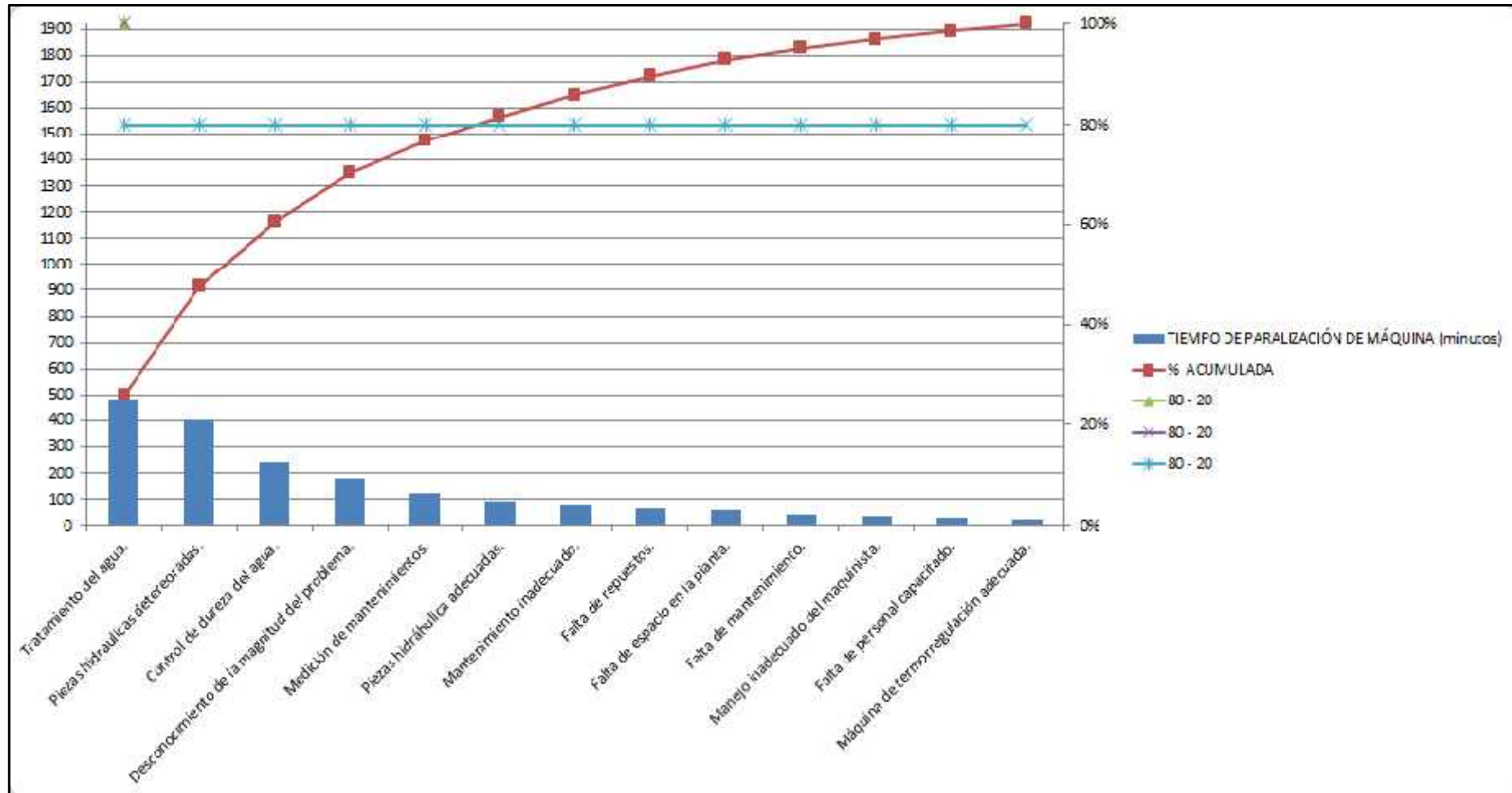
### 3.3.2. Planteamiento del problema en base a la herramienta PARETO:

Tabla nº. 3-1. Causas que motivan al problema – Desarrollo del PARETO.

CAUSAS	TIEMPO DE PARALIZACIÓN DE MÁQUINA (minutos)	% ACUMULADA	FRECUENCIA ACUMULADA	80 - 20
Tratamiento del agua.	480	26%	480	80%
Piezas hidráulicas deterioradas.	400	48%	880	80%
Control de dureza del agua	240	61%	1,120	80%
Desconocimiento de la magnitud del problema.	180	70%	1,300	80%
Medición de mantenimientos.	120	77%	1,420	80%
Piezas hidráulica adecuadas.	90	82%	1,510	80%
Mantenimiento inadecuado.	80	86%	1,590	80%
Falta de repuestos.	70	90%	1,660	80%
Falta de espacio en la planta.	60	93%	1,720	80%
Falta de mantenimiento.	40	95%	1,760	80%
Manejo inadecuado del maquinista.	35	97%	1,795	80%
Falta de personal capacitado.	30	99%	1,825	80%
Máquina de termostatación adecuada	25	100%	1,850	80%

Fuente: (Elaboración propia, 2015)

Figura n°. 3-10. Diagrama de Pareto – Detección de causas (80-20).



Fuente: (Elaboración propia, 2015)

### Interpretación de la gráfica de PARETO:

Como se ve los resultados de la gráfica, tenemos 5 problemas bajo la zona de “POCO VITALES” que son los que tenemos que priorizar y quiere decir que si le damos solución estaremos atacando el 80% de los problemas de la empresa en ese momento. Luego tenemos 8 problemas que solo nos generan el 20% de causas, son conocidos como “MUCHOS VITALES”.

En base a los resultados que la gráfica muestra se deben priorizar las 5 causas de los problemas que se muestran:

### Alternativas de solución:

*Tabla n°. 3-2. Identificación de los problemas y alternativas de solución mediante PARETO.*

PROBLEMAS	SOLUCIÓN
Tratamiento del agua	Adquirir ablandadores de agua adecuados para realizar un tratamiento óptimo de nuestras aguas a utilizar en los procesos.
Piezas hidráulicas deterioradas	Cambiar las piezas hidráulicas que tienen demasiadas horas de trabajo y estas deterioradas debido a la dureza del agua.
Control de dureza del agua.	Llevar un control periódico de la dureza del agua de nuestros pozos. Designar un personal capacitado para esta tarea.
Desconocimiento de la magnitud del problema.	Demostrar con cuadros de Pareto de Ishikawa y uno e costos de los costos de parada de mantenimiento correctivo.
Medición de mantenimientos.	Llevar un control de los mantenimientos correctivos más consecutivos para poder encontrar nuestros cuellos de botella en los mantenimientos que aplicamos a las máquinas

Fuente: (Elaboración propia, 2015)

### 3.3.3. Planteamiento del problema en base a indicadores de costos.

Para dar un dato más exacto se tomó cifras de costos reales extraídos de la base de datos de Industrias Fibraforte S.A. que nos sirvieron para analizar en el curso de Costos y Presupuesto llevado en la Universidad.

Estos datos han sido extraídos de los formatos del área de producción y gestión de mantenimiento, en la cual estamos realizando nuestro estudio, son datos reales de los costes de mano de obra y materiales a emplear, se incluye al final un costo general de la parada de producción, calculado en el primer trimestre del año 2015.

Estos datos son tomados de la producción de la plancha flexiforte 12, de la máquina Leader Machinery.

#### 3.3.3.1. Calculo de costo totales de parada de 8 horas, por mantenimiento correctivo, máquina Leader Machinery.

Así que tomaremos como ejemplo para referenciar nuestra propuesta de mejora, un mantenimiento correctivo por obstrucción de chaquetas de enfriamiento en la máquina Leader Machinery y las horas que este demando a su reparación y los costos que este causo.

En esta tabla detallaremos los tiempos en minutos desde el principio de la falla hasta su reparación, teniendo en cuenta que priorizamos la hora de parada de producción hasta la hora que comienza la máquina a producir planchas de primera, esto lo hacemos para sacar los costos de parada de producción exacto.

*Tabla n°. 3-3. Tiempo y detalles de mantenimiento correctivo de molino de bordes.*

MÁQUINA LEADER / MOLINO DE BORDES	
ACCIONES	HORAS
Falla de máquina	09:30:00 a.m.
Aviso a mantenimiento	09:45:00 a.m.
Llegada y localización de falla	10:00:00 a.m.
Desmontaje de guardas y protectores de seguridad	10:30:00 a.m.
Purga y drenaje de agua temperada	11:00:00 a.m.
Reemplazo de tuberías obstruidas o detereoradas	12:00:00 a.m.
Cambio de chuchillas de corte	12:30:00 p.m.
Reemplazo de chaquetas de enfriamiento obstruidas	04:00:00 a.m.
Montaje y pruebas en trabajos	04:30:00 a.m.
Fin de trabajo y entrega de maquina operativa	05:00:00 a.m.
Total de horas de mantenimiento y correctivo	07 horas
Arranque de máquina y puesta de marcha	05:00:00 a.m.
planchas de primera de FLEX 12 (3.05 metros x 1.05 metros)	05:30:00 a.m.
total de horas de maquina detenida 09:30 am a 05:30 pm	08 horas

Fuente: (Elaboración propia, 2015)

Figura n°. 3-11. Costo por hora de mantenimiento correctivo y mano de obra de máquina Leader Machinery.

CORRECTIVO MOLINO DE BORDES MAQUINA LEADER							
MÁQUINA: LEADER MACHINERY		Inicio	01/09/2014				
MCS: SEPTIEMBRE		Fin	01/09/2014				
		Hora de inicio	10:00 a.m.				
		Hora de término	05:00 p.m.				
		total horas	07:00 horas				
MITO CORRECTIVO: REEMPLAZO DE CHAQUETAS DAÑADAS							
N°	DESCRIPCION	RESPONSABLE	SUPERVISOR	TIEMPOS	OBSERVACION		
MOLINO DE BORDES							
1	llegada y instalación de falla	L. Nacimiento / E. Estrada	C. Aucatinco	0,5			
2	Desmontaje de guardas y protectores de seguridad.	L. Nacimiento / E. Estrada	C. Aucatinco	0,5			
3	Purga y drenaje de agua templado.	L. Nacimiento / E. Estrada	C. Aucatinco	1			
4	Reemplazo de interiores obstruidos y deteriorados	L. Nacimiento / E. Estrada	C. Aucatinco	0,5			
5	Cambio de chuchilas de corte.	L. Nacimiento / E. Estrada	C. Aucatinco	3,5			
6	Reemplazo de chaquetas de enfriamiento obstruidas.	L. Nacimiento / E. Estrada	C. Aucatinco	0,5			
7	Montaje y pruebas en trabajos.	L. Nacimiento / E. Estrada	C. Aucatinco	0,5			
				Tiempo total de horas	7		
PRECIO DE REPUESTOS A INSTALAR							
N°	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL	RESPONSABLE	SUPERVISOR	
MOLINO DE BORDES							
1	Chaquetas de enfriamiento	2	280	560	L. Nacimiento / E. Estrada	C. Aucatinco	
2	Juqca de cuchillos afilada (3 movica y 3 fija)	0	90	540	L. Nacimiento / E. Estrada	C. Aucatinco	
3	Holeria varios	13	45	585	L. Nacimiento / E. Estrada	C. Aucatinco	
4	Fajas dentadas	3	110	330	L. Nacimiento / E. Estrada	C. Aucatinco	
				2015			
costo de repuestos sacado del presupuesto anual (\$7.850, duro 8 meses)		\$7.317					
COSTO DE MANO DE OBRA A INTERVENIR EN EL CORRECTIVO							
N°	DESCRIPCION	CANTIDAD	SUELDO BASICO	SUELDO COMPLETO	TOTAL	RESPONSABLE	SUPERVISOR
MOLINO DE BORDES							
1	mecánicos de mantenimiento	2	2.030	2.330	4.667	L. Nacimiento / E. Estrada	C. Aucatinco
sueldo por hora de mecanico (2,333.3/30)8		\$7.	8,72				
sueldo total por dos mecanicos por hora		\$7.	19,44				



Fuente: (Elaboración propia, 2015)

En esta figura se aprecia el mantenimiento correctivo del molino de bordes de la máquina Leader Machinery debido a una obstrucción en las chaquetas de enfriamiento en los molinos de bordes de dicha máquina, esto origina un sobrecalentamiento en las partes móviles y fijas de las cuchillas del molino de bordes.

Esta falla de sobrecalentamiento no solo incluye cambiar de chaquetas de enfriamiento sino también cambiar las cuchillas del molino; ya que, el excesivo calentamiento desgasta el filo de las cuchillas de bordes, así como el cambio de las piezas hidráulicas (miples y válvulas).

Como se ve en la imagen este mantenimiento necesita de dos mecánicos, siete horas de mantenimiento más los costos de los repuestos a instalar y reemplazar, así se toman estas cifras para sacar un cálculo del costo en general que lleva realizar un mantenimiento correctivo de molino de bordes, por obstrucción de chaquetas e enfriamiento.

Esto es debido a la excesiva dureza del agua que empleamos en nuestros procesos.

Tabla n°. 3-4. Datos de costos de mano de obra de operarios de producción, por máquina parada.

<b>MANTENIMIENTO CORRECTIVO</b>	
<b>En el proceso interviene un operador y dos operarios</b>	
operador de máquina	1
planilla por cada operador de maquina (S/.)	1,750
operarios	2
planilla de cada trabajador (S/.)	1,050
planilla total 03 trabajadores (S/.)	3,850
hras de produccion (hrs)	589
horas del mes (hrs)	744
CIF (s/.)	310,315
Tasa tomando como base las horas de producción	527
CIF/horas del mes (S/.)	

Fuente: (Elaboración propia, 2015)

Tabla n°. 3-5. Datos de costos de mano de obra de operarios de producción por máquina parada.

<b>MANTENIMIENTO CORRECTIVO</b>	
<b>En el proceso interviene un operador y dos operarios</b>	
costo x hora de cada operario	2.59
sueldo de operario	900
(operario/mes x 14) /12	1,050
sueldo operador de maquina	1,500
(operador/mes x 14) /12	1,750
planilla total 03 trabajadores	3,850
horas del mes. 30 (dias) x 24 (horas por dia)	744
Tasa. horas de producción. CIF/h (útiles) de producción	527

Fuente: (Elaboración propia, 2015)

Tabla n°. 3-6. Costo total por hora de máquina Leader Machinery detenida por mantenimiento correctivo.

<b>MANTENIMIENTO CORRECTIVO</b>	
<b>En el proceso interviene un operador y dos operarios</b>	
Costo total de materia prima	724,069
costo de mano de obra x 744 hrs	3,850
costos indirectos de fabricación (CIF)	310,316
	<b>1,038,234</b>
<b>costo por hora (S/.)</b>	<b>1,762</b>
<b>costo por hora en dólares (t/c 2.80) (\$)</b>	<b>587</b>
costo por plancha S/	S/. 11.08
precio por plancha	S/. 28.00
<b>UTILIDAD</b>	<b>S/. 16.92</b>

Fuente: (Elaboración propia, 2015)

Con estos datos ya tenemos claro cuánto nos cuesta tener por una hora detenida la máquina Leader Machinery, en estos cuadros ya se ha calculado el costo de mano de obra, costos indirectos de fabricación, sacando como conclusión que cada hora de máquina detenida, es decir con la maquina dejando de producir, le cuesta a la empresa 1,762 soles por hora.

Este costo se basa en la mano de obra de los operarios de producción y los costos indirectos de fabricación.

Tabla n°. 3-7. Calculo total de costo por 8 horas de máquina detenida por mantenimiento correctivo de molinos de bordes.

<b>MÁQUINA LEADER / MOLINO DE BORDES</b>	
<b>Calculo del costo de máquina parada 8 horas por mantenimiento correctivo</b>	<b>precio en soles</b>
sueldo de dos mecanicos de mantenimiento x hora (S/. 19.44 x 7 horas)	S/. 136.11
costo de máquina detenida (S/. 1762 x 8 horas)	S/. 14,094.8
costo por plancha de merma a ser reutilizada (S/. 16.92 x 159 planchas en una hora)	S/. -
costo de planchas dejadas de producir (159 planchas x 8 horas) x utilidad (S/. 16.92)	S/. 21,525.3
costo de los repuestos	S/. 2,015.00
costo del repuesto por falla adelantada	S/. 316.7
<b>costo total de parada de máquina 8 horas por mantenimiento correctivo</b>	<b>S/. 38,087.83</b>

Fuente: (Elaboración propia, 2015)

En esta última tabla se ve el cálculo completo de todas nuestras tablas mostradas anteriormente, es decir el costo de los materiales a reponer e instalar en máquina, todos los costos de mano de obra (producción y mantenimiento) y el costo de las planchas dejadas de producir por tener la máquina sin producir debido al mantenimiento correctivo.

En conclusión una parada de máquina de la extrusora Leader Machinery por ocho horas debido al mantenimiento correctivo del molino de bordes nos cuesta 38,087.83 soles.

Los daños causados en la máquina son las chaquetas de enfriamiento, las piezas hidráulicas y la pérdida de filo de las cuchillas por recalentamiento, esto motiva al mantenimiento correctivo generando un gasto.

### 3.3.3.2. Cálculo de costo por mantenimiento correctivo, máquina Leader Machinery.

Aquí calcularemos el costo de mantenimiento correctivo, en base a mano de obra de mantenimiento y repuestos a colocar en la máquina por falla de obstrucción de chaquetas de enfriamiento.

En este cuadro solo mostraremos los gastos de reparación del molino de bordes y las horas que estuvo detenida la máquina por todos los daños ocasionados por el obstrucción de chaquetas de enfriamiento debido a la dureza del agua, esto ocasiona sobrecalentamiento en la cuchillas de bordes causando el desgaste de filo de las cuchillas y el cambio antes de tiempo ya determinado.

Este cálculo se ha realizado para tener una referencia y así poder comparar con el cálculo total de parada máquina por mantenimiento correctivo de 8 horas, ahí si calcularemos todos los gastos como el CIF (costo indirecto de fabricación) y mano de obra de operarios que trabajan en dicha máquina así como lo que se dejó de ganar por dejar de producir dichas planchas de primera del producto ya mencionado.

Tabla n°. 3-8. Cálculo de costo por mantenimiento correctivo, máquina Leader Machinery.

MÁQUINA LEADER / MOLINO DE BORDES	
Calculo del costo por mantenimiento correctivo	precio en soles
suelo de dos mecanicos de mantenimiento x hora (S/. 19.11 x 7 horas)	S/. 136.11
costo de los repuestos	S/. 2,015.00
costo del repuesto por falla adelantada	S/. 316.7
<b>Costo total por mantenimiento correctivo</b>	<b>S/. 2,467.78</b>

Fuente: (Elaboración propia, 2015)



*Figura n°. 3-12. Molino de bordes de la máquina Leader Machinery-Industrias Fibrforte S.A.*



Fuente: (Elaboración propia, 2015)

*Figura n°. 3-13. Chaquetas de enfriamiento molinos de borde obstruidas.*



Fuente: (Elaboración propia, 2015)

*Figura n°. 3-14. Piezas hidráulicas dañadas y obstruidas, por uso de agua dura.*



Fuente: (Elaboración propia, 2015)

*Figura n°. 3-15. Cuchillas de molinos de bordes con filo desgastado debido a recalentamiento.*



Fuente: (Elaboración propia, 2015)

### 3.3.4. Planteamiento de la implementación

Con estos indicadores ya mencionados anteriormente, se decidió plantear la solución a la jefatura de mantenimiento, para dar una solución general no solo a una línea de producción sino atacar al problema en general. Por eso se tomó la decisión de optar por dar solución a estos dos problemas de los cinco que fueron planteados en el diagrama de Pareto, es decir si damos solución a estos dos puntos estaremos resolviendo el 80% de los problemas de nuestra empresa en lo que es el uso del agua en nuestras maquinarias.

*Tabla n°. 3-9. Identificación de los problemas por uso del agua no tratada, mediante PARETO, en Industrias Fibraforte S.A.*

PROBLEMAS	SOLUCIÓN
Tratamiento del agua.	Adquirir ablandadores de agua adecuados para realizar un tratamiento óptimo de nuestras aguas a utilizar en los procesos.
Control de dureza del agua.	Llevar un control periódico de la dureza del agua de nuestros pozos. Designar un personal capacitado para esta tarea.

Fuente: (Elaboración propia, 2015)

Se decidió buscar una solución mucho más macro y para ello se decidió llevar a cabo la consultoría de una empresa especializada en el tratamiento del agua como lo fue AcquaChem S.A.C. el cual nos recomendó utilizar un tratamiento del agua en base a ablandadores por intercambio iónico.

Luego de las muestras de agua tomadas de nuestros pozos de servicio que alimentan nuestras máquinas, el resultado que dio fue de una elevada dureza.

La medida fue de 300 ppm; es decir 300 partes por millón de  $\text{CaCO}_3$  (carbonato de calcio) que se considera una sal, se encuentra en la categoría de oxosales (se trata de un compuesto ternario).

*Tabla n°. 3-10. Dureza del agua encontrada en los pozos de agua de Industrias Fibraforte.*

DUREZA (ppm $\text{CaCO}_3$ )	INTERPRETACIÓN
0 - 75	BLANDA
75 - 150	SEMIDURA
150 - 300	DURA
300	MUY DURA

300 ppm (Industrias Fibraforte S.A.)

Fuente: (Elaboración propia, 2015)

Se procedió a cotizar la compra de los ablandadores y su instalación. La automatización del proceso y llenado de pozos lo realizó el área de mantenimiento por medio de sus electricistas que fueron los que realizaron dicha automatización.

Figura n°. 3-16. Cotización de los ablandadores de agua por intercambio iónico, Industrias Fibrforte S.A.

 **UNI Interin S.A.C.**  
INGENIERIA AMBIENTAL *Experiencia y Tecnología en Tratamiento de Agua.*

P-264-13 Mayo, 13 del 2013

Señores:  
FIBRAFORTE SA  
Ricardo Beltrán N° 716, Lima  
Telef. 433 0333 / 330-4377 Anexo 184 / Cel: 998267451 / RPM: #998267451  
E-mail: [jcasafranca@elementia.com](mailto:jcasafranca@elementia.com); [sperez@elementia.com](mailto:sperez@elementia.com); [cauccalisco@elementia.com](mailto:cauccalisco@elementia.com)

At.: Johan Casafranca Ing. Samuel J. Pérez M. / Ing. José Matos  
Ref. - EQUIPO ABLANDADOR DOBLE CON VALVULA AUTOMATICA

De nuestra consideración:

Nos es grato cotizar los equipos en referencia, en atención a su gentil solicitud.

DATOS:

- Fuente: SEDAPAL Dureza total: 300 ppm

DOS EQUIPOS ABLANDADORES, con Carga de 5.0 pies<sup>3</sup> de resina Cada UNO

Especificaciones Técnicas:

- DOS ABLANDADORES SIMPLES para instalación vertical.
- Dimensiones: 19" de diámetro x 65" de altura.
- Material: Polietileno reforzado con Fibras de Vidrio. Conexiones: 1" Φ Ingreso y Salida,
- DOS Válvulas Automáticas Digitales Performa 27B/762, para Control Automático Volumétrico, de los procesos de lavado y regeneración. Presión de trabajo: 30 – 50 PSI.
- Material de Intercambio: 5.00. pies<sup>3</sup> de resina catiónica, para cada ABLANDADOR.
- Soporte de 0.85 pies<sup>3</sup> de grava de cuarzo, de cuatro tipos de granulometría en cada reactor.
- PRODUCCION: 32.0 m<sup>3</sup> de agua blanda por Cada ABLANDADOR, por cada regeneración.
- Regenerante: 35.00 Kg de sal granulada tipo industrial por cada regeneración, por Ablandador.
- DOS Tanques de SALMUERA: De PVC con dos Kits completos para el sistema de salmuera.
- Costo de producción: S/ 0.33 Soles por m<sup>3</sup> de agua Blanda.

COSTO:

A. LOS DOS ABLANDADORES, inc. Tq SAL. Accesorios, + Resina: US \$ 3,530.00 + IGV

NOTA: Para alimentación a los Ablandadores, es conveniente que sea con presión constante, de 40 PSI.

FORMA DE PAGO: 50% a la entrega, el Saldo Contado con factura a 30 días.

PLAZO DE ENTREGA: INMEDIATA ( UN DIA ), después de recibida su Orden.

GARANTIA: Los CUERPOS: TRES años. Controles Automáticos: UN AÑO.

Precio por los equipos entregado en su planta Av. Rodolfo Beltrán 716 – Lima.

Pendientes de sus órdenes y de cualquier consulta adicional, quedamos de Ustedes.

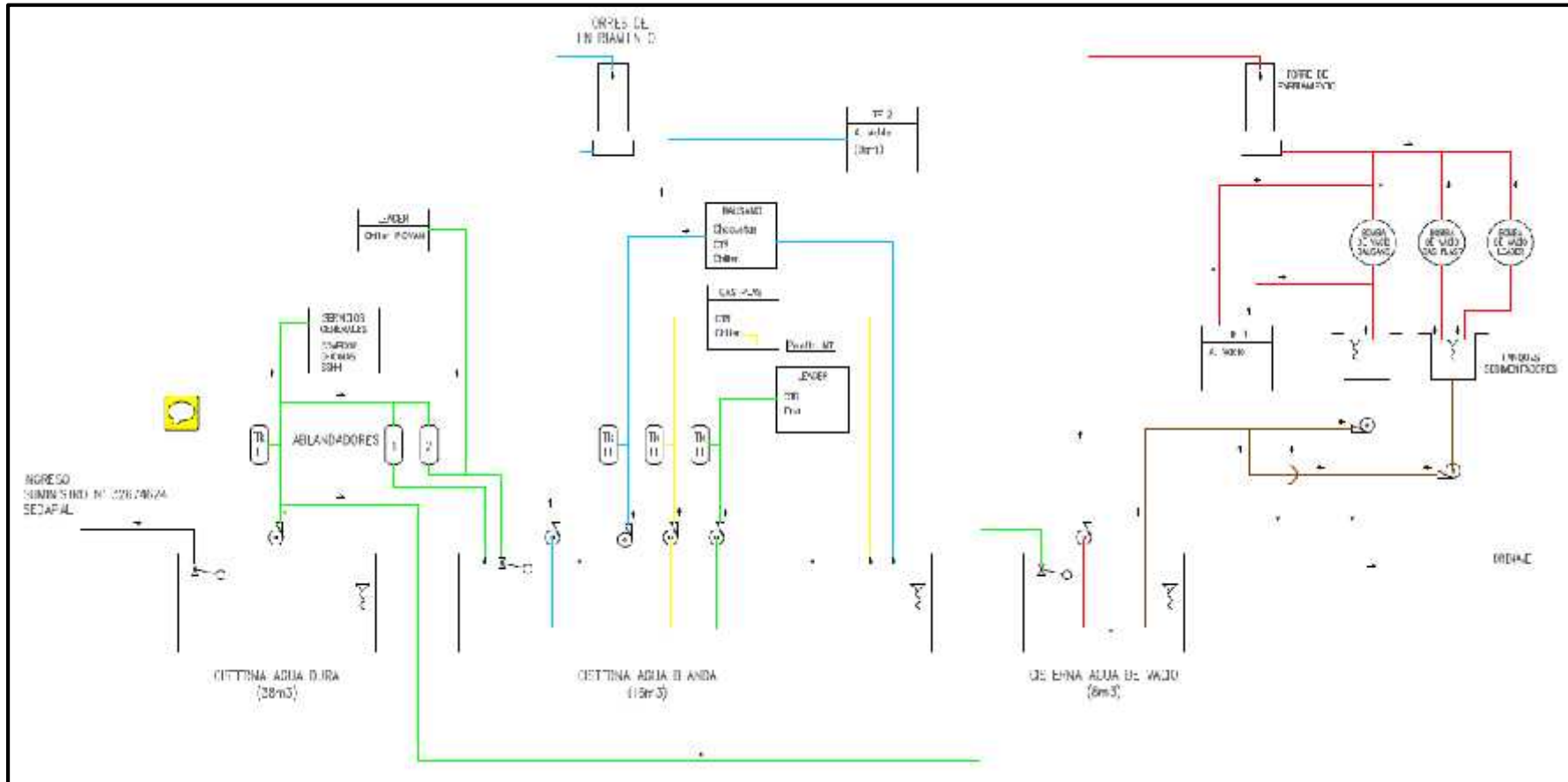
Atentamente,

Ing. Pedro A. Egúsqiza C.  
Director Gerente  
CIP: 19094

Av. Guillermo Dansay 1119 – 1 Lima - Perú  
Tlf: 511 7158393 Tlf: 715-8392 332-0119 3303864 Nxt: 835\*1955 835\*1970 RPM: # 559944 / # 559945

Fuente: (Elaboración propia, 2015)

Figura n°. 3-17. Instalación hidráulica del sistema de Ablandamiento de agua en Industrias Fibraforte S.A.



Fuente: (Elaboración propia, 2015)

En esta figura se muestra cómo quedaría la modificación en nuestra sala de bombas con la implementación de nuestros nuevos ablandadores, aquí se aprecia cómo se distribuiría a todas nuestras máquinas, así quedarían abastecidas de agua blanda en todos los procesos.

Con esto se evitaría que nuestras máquinas se contraminen con aguas no tratadas y se atacaría el problema de raíz evitando futuros mantenimientos correctivos por obstrucción de tuberías y piezas hidráulicas por aguas duras.

En la otra imagen se aprecia la cotización de AcquaChem S.A.C. la cual adjunta la toma de muestra tomada que muestra nuestra dureza de nuestros pozos que es de 300 ppm.

El precio por dos ablandadores por intercambio iónico es de \$ 3.530 el cual incluye la instalación más las capacitaciones y el asesoramiento.

Luego tomar la decisión del tratamiento de agua por ablandadores por intercambio iónico se procede a su instalación hidráulica y eléctrica el día 12/02/2015, durando la instalación 3 días, para luego poner en funcionamiento los ablandadores de agua por intercambio iónico el día 15/02/2015, desde la fecha a la actualidad viene funcionando eficientemente.

*Figura n°. 3-18. Ablandadores de intercambio iónico ya instalados en la planta de Industrias Fibraforte S.A.*



Fuente: (Elaboración propia, 2015)

Aquí se aprecia ya los ablandadores instalados y funcionando, con lo cual nuestra dureza del agua de nuestros pozos bajo considerablemente, lográndose así ver nuestra mejora en los procesos; ya que, el agua blanda no genera obstrucciones en nuestras piezas hidráulicas.

El proceso de ablandamiento trabaja en automático alternando los dos ablandadores por estar automatizados, pero para su regeneración diaria se utiliza sal industrial en grano, el cual es dosificado por un técnico de mantenimiento ya capacitado encargado de esta tarea.

Luego también por recomendación de la empresa que nos administró los ablandadores, nos recomienda dosificar diariamente químicos en nuestros pozos de agua para así poder llevar un proceso más estable del ablandamiento.

También se lleva un control de dureza del agua, que se realiza por el técnico de mantenimiento capacitado, llevando un control diario de la dureza de nuestros pozos. Este control se lleva a cabo por unos reactivos que nos muestran en qué grado de dureza se encuentra el agua.

*Figura nº. 3-19. Dosificación química a los pozos de agua, diariamente.*



Fuente: (Elaboración propia, 2015)

*Figura nº. 3-20. Reactivo para probar la dureza del agua diariamente.*



Fuente: (Elaboración propia, 2015)

Los químicos que utilizamos en nuestros pozos tienen distintas cualidades que sirven para nuestros distintos usos que le damos al agua en nuestros procesos.

Tabla n°. 3-11. Características de los químicos a utilizar en nuestros pozos de agua.

<b>CARACTERÍSTICAS DE LOS QUÍMICOS UTILIZADOS EN LAS AGUAS DE LA PLANTA DE INDUSTRIAS FIBRAFORTE S.A.</b>	
<b>Acqua C - 110</b>	Inhibidor de incrustaciones / dispersante, alarga la vida de los equipos; ya que, previene la incrustación en los sistemas.
<b>Acqua C - 703</b>	Microbicida, previene la formación de algas y bacterias en las torres de enfriamiento y demás sistemas.
<b>Acqua C - 201</b>	Inhibidor de corrosión e incrustaciones para sistemas de enfriamiento, alarga la vida útil de los sistemas de enfriamiento de los chiller, previene la incrustación y corrosión en diferentes tipos de metal.

Fuente: (Elaboración propia, 2015)

Tabla n°. 3-12. Dosificación de los químicos a los pozos de agua.

<b>DOSIFICACIÓN DE QUÍMICOS EN LOS POZOS DE AGUA DE LA PLANTA DE INDUSTRIAS FIBRAFORTE</b>			
<b>Químicos a utilizar</b>	<b>Pozo de agua blanda</b>	<b>Pozo de agua de vacío</b>	<b>Chiller de enfriamiento</b>
<b>Acqua C - 110</b>	1.4 litros diariamente.	0.9 litros diariamente.	
<b>Acqua C - 703</b>	0.75 litros diariamente.	0.5 litros diariamente.	
<b>Acqua C - 201</b>			1.2 litros, solo cada vez que se limpia el tanque.

Fuente: (Elaboración propia, 2015)



Luego de esto se lleva un control de dureza el cual lo tenemos en los rangos aceptables, por lo tanto hemos dejado de tener problemas por la dureza de la agua. Cabe recordar que se sigue cambiando piezas que se quedaron reducidas por obstrucción en el tiempo que se utilizaba agua dura en los procesos, pero ya se programan estos cambios en el área de mantenimiento.

Por último la dureza se redujo a 22 ppm, que es un grado bajo de dureza según los cuadros ya mostrados anteriormente. A la fecha tenemos asesorías cada quince días de la empresa AcquaChem S.A.C. que fue la que nos dio y asesoría en el tratamiento del agua, como se ve en la imagen ahora tenemos una dureza de 30 ppm, que es una dureza baja.

Figura n°. 3-21. Ficha de inspección técnica del tratamiento del agua por empresa externa.

AcquaChem S.A.C. Tratamiento de Agua y Petróleo		PLANTA DE FUERZA							
REPORTE DE VISITA - TECNICA							Nº 002376		
Cliente: FIBRAFORTE				Fecha: 29/08/16		Hora: 12:00m.			
Atención: ING. JOSÉ MATOS / ING. JOSÉ LUIS				Servicio al Cliente: 991539448					
Calderas <input type="checkbox"/>		Torres <input checked="" type="checkbox"/>		Chiller <input checked="" type="checkbox"/>		Osmosis <input type="checkbox"/>			
Otros <input type="checkbox"/>									
ANÁLISIS	Fuente	Limite	Agua Blanda	Limite	Agua alim 1	Limite	Parámetros Operativos	Producción de agua blanda	
Dureza Total	30		01	503			T°C (Alim)	AB 1	
Cloruros	124,25		35,5					AB 2	
S.T.D.	1608		448,9				P (bpu) (Caldera)	Consumo de agua blanda	
pH	8,7		7,5				T°C Gases (Caldera)	Medidor 1	
Fe <sup>total</sup>	-		-				Chimenea	Medidor 2	
Análisis		1. VACIO	2. AGUA BLENDA	LIMITE	CHILLER CASTPA-25		Límites Recomendados		
Dureza Total	ppmCaCo <sub>3</sub>	525	30	550	180		550		
OH - Alcalinidad	ppmCaCo <sub>3</sub>	00	00	/	/		/		
Alcalinidad	ppmCaCo <sub>3</sub>	280	310	/	/		/		
Cloruros	ppmCL <sup>-</sup>	1171,5	124,25	/	/		/		
Hierro Total	ppm Fe <sup>total</sup>	0,42	2,66	51,0	/		/		
Silice / Nitritos	pm SiO <sub>2</sub> /NO <sub>2</sub>	-	-	-	/		/		
S.T.D.	ppm	3551	1608	52000	408,7		53500		
Sulfitos / Zinc	ppm So <sub>2</sub> / ppm Zn <sup>total</sup>	-	-	/	/		/		
Polímero / Fosfato	ppm/ppm PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	-	-	/	/		/		
pH	ad	8,0	8,7	8,0-9,5	/		/		
Ciclos	ad	7,91	3,58	3-5	/		/		
Dispersión Dureza	%	-	-	-	/		/		
Dispersión Hierro	%	-	-	-	/		/		
Indice de Langellier	ad	-	-	-	/		/		
Consumido				Limite	Productos Químicos	Dosis Kg/día	Stock	Fl. Prox. Stock	
pH					ACQUA C-110	1,355/244748	20Kg		
Fe					ACQUA C-703	0,915/100779	110Kg		
STD					ACQUA C-201	0,555/100779	70Kg		

Fuente: (Elaboración propia, 2015)

## CAPÍTULO 4. RESULTADOS

Al realizar esta implementación del tratamiento del agua por intercambio iónico en la sala de bombas, que son las que abastecen nuestros pozos de agua con los que trabajan nuestras máquinas. Se lograron muchos beneficios y también se adquirieron nuevas responsabilidades para poder llevar este tratamiento del agua.

Resultado final luego de la implementación del tratamiento del agua por intercambio iónico, ya pasado 33 días de realizar el tratamiento en nuestros pozos de agua con la nueva distribución hidraulica hacia nuestras lineas de producción.

*Tabla n°. 4-1. Reducción de dureza del agua luego de la implementación.*

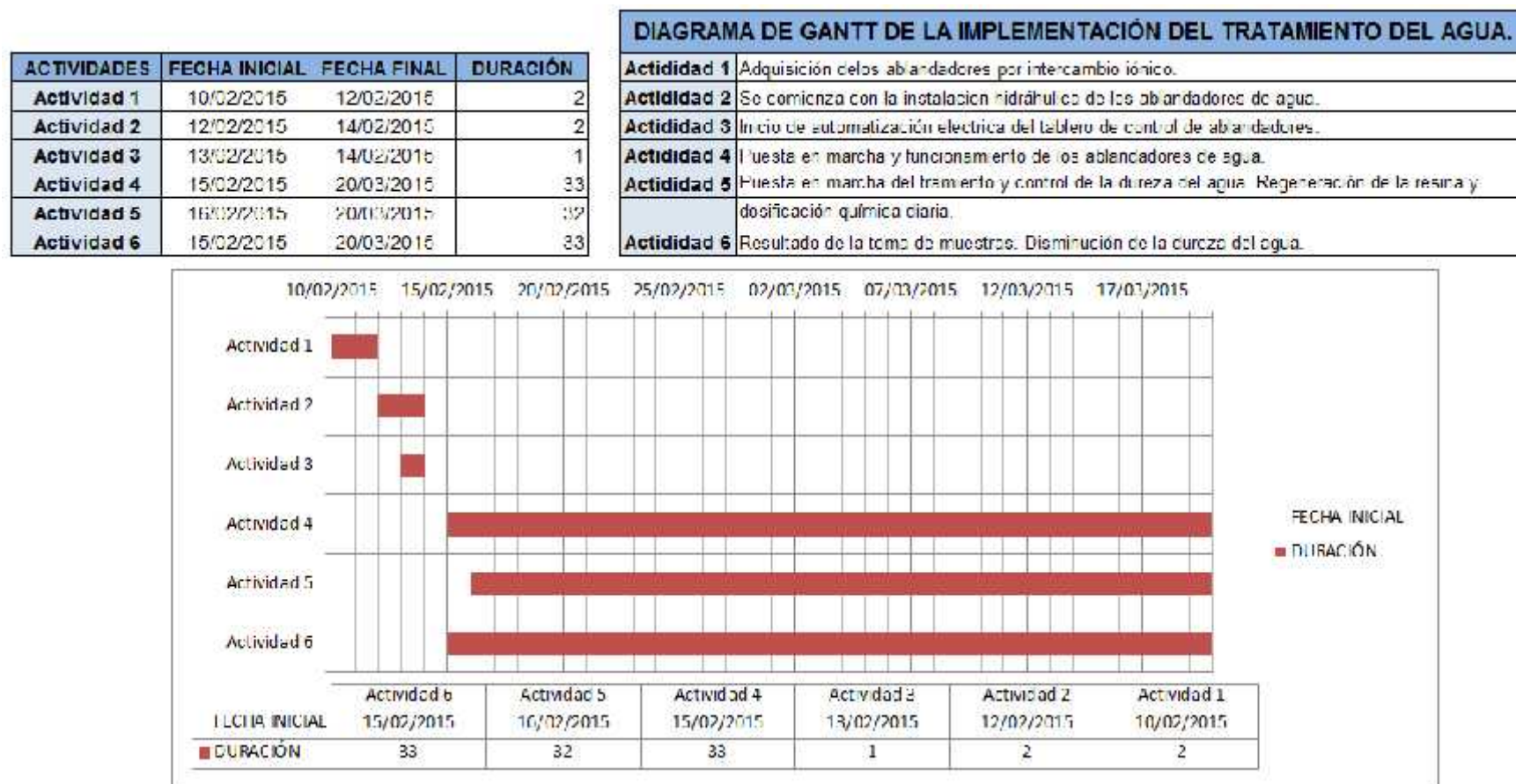
REDUCCIÓN DE LA DUREZA DEL AGUA DESPUES DE LA IMPLEMENTACIÓN	
Dureza del agua antes de la implementación 15/02/15	300 ppm
Dureza del agua luego de la implementación 20/03/15	22 ppm
Se logró pasar de dureza extrema, a un agua blanda, luego de la implementación, esto ocurrió en el transcurso de 33 días; ya que, el control de dureza se lleva a cabo diariamente.	

Fuente: (Elaboración propia, 2015)

En la imagen siguiente (**Figura n°. 4-1**) del diagrama de Gantt se observa el tiempo que transcurre desde la llegada de los ablandadores a la planta, pasando por la instalación para luego ver los resultados después de 33 días desde la puesta en marcha del tratamiento del agua por intercambio iónico.

Dando como resultado luego de 33 días reducir la dureza del agua de 300 ppm a 22 ppm, que era lo que se esperaba.

Figura nº. 4-2. Diagrama Gantt de la implementación del tratamiento de agua en Industrias Fibrforte S.A.

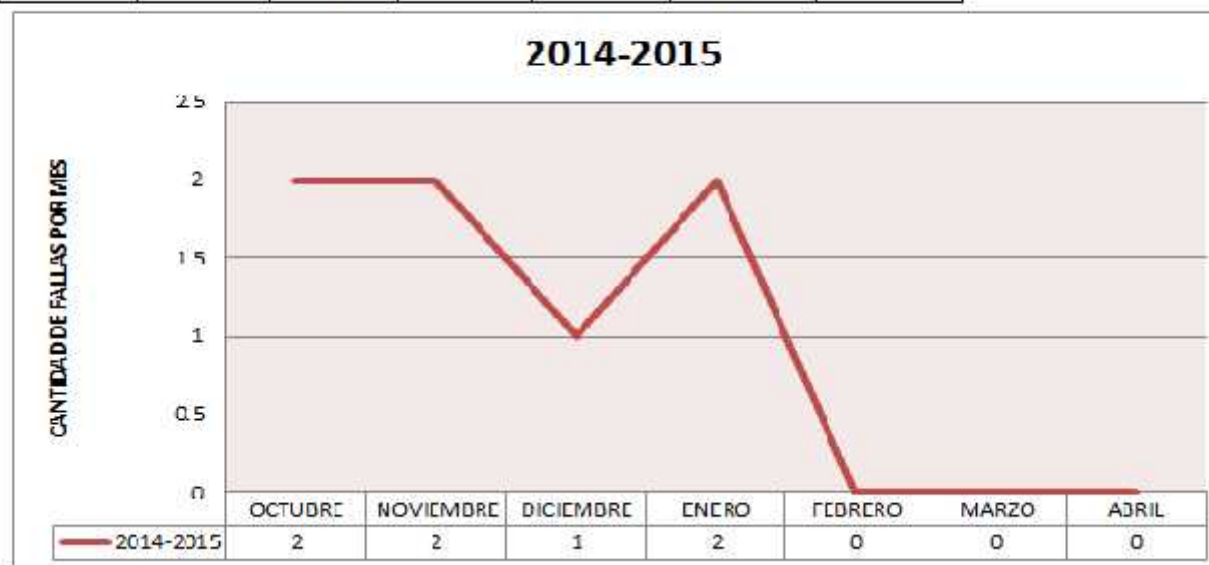


Fuente: (Elaboración propia, 2015)

Figura n°. 4-3. Reducción de frecuencia de fallas luego de la implementación del tratamiento del agua.

FALLAS DE MÁQUINA, POR FALTA DE TRATAMIENTO DE AGUA.		
ITEM	TIPOS DE FALLA	FECHA
1	FALLA EN C/T DEL CILINDRO CENTRAL, SOBRE TEMPERATURA, FALTA INTERCAMBIADOR DE CALOR.	26-10-14
2	CHAQUETAS DE ENFRIAMIENTO DEL EXTRUSOR OBSTRUIDAS.	30-10-14
3	SERPENTIN DE ENFRIAMIENTO ZONA 10 DEL EXTRUSOR OBSTRUIDA	10-11-14
4	HUILLAS GUARDADOR CON FALTA CIRCULACIÓN DE AGUA, POSIBLE OBSTRUCCIÓN.	30-11-14
5	SERPENTIN DE ENFRIAMIENTO ZONA 8 Y 7 DEL EXTRUSOR OBSTRUIDA.	18-12-14
6	CHAQUETA DE ENFRIAMIENTO DEL MOLINO DE BORDES OBSTRUIDAS.	15-01-15
7	SOBRETEMPERATURA EN LA CENTRALITA HIDRAULICA, POSIBLE OBSTRUCCIÓN DEL SERPENTIN DE ENFRIAMIENTO.	28-01-15

FRECUENCIA DE FALLAS							
PERIODO	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL
2014-2015	2	2	1	2	0	0	0



Fuente: (Elaboración propia, 2015)

Tabla nº. 4-2. Costo del tratamiento del agua mensual.

<b>COSTO DEL TRATAMIENTO DEL AGUA MENSUAL</b>	
Costo mensual de la utilización de la sal.	S/. 420
Costo de la compra de químicos a dosificar mensualmente.	S/. 430
Costo del reactivo probador de dureza.	S/. 85
Costo de mano de obra a operar los ablandadores.	No hay costo; ya que, se encarga el técnico de turno.
<b>Costo total mensual.</b>	<b>S/. 935</b>

Fuente: (Elaboración propia, 2015)

Tabla nº. 4-3. Costo de implementación de ablandadores

<b>COSTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE ABLANDADORES</b>	
Costo de la implementación de ablandadores \$ 3530.	S/. 11,331
Costo de la automatización (fablero), e instalación hidráulica.	S/. 4,980
<b>Costo total.</b>	<b>S/. 16,311</b>

Fuente: (Elaboración propia, 2015)

Calculo de la recuperación de la inversión, en comparación con el costo total de parada de máquina de 8 horas por mantenimiento correctivo.

Tabla nº. 4-4. Recuperación de inversión en un mes.

<b>RECUPERACIÓN DE INVERSIÓN EN UN MES</b>	
Costo de mantenimiento correctivo de 8 horas.	S/. 38,087.83
Costo general del tratamiento del agua.	S/. 17,246
<b>Beneficio obtenido.</b>	<b>S/. 20,841.83</b>

Fuente: (Elaboración propia, 2015)

**Calculo de la recuperación de la inversión, en comparación con el costo total por mantenimiento correctivo.**

*Tabla n°. 4-5. Calculo de la recuperación de la inversión, en comparación con el costo total por mantenimiento correctivo.*

<b>RECUPERACIÓN DE INVERSIÓN EN CINCO MESES</b>	
Costo de mantenimiento correctivo de molino de bordes (tomando en cuenta que esta falla ocurría con una frecuencia cada 15 días en esta máquina) \$/. 2,467.78 x 2	<b>\$/. 4,935.56</b>
Costo general del tratamiento del agua.	<b>\$/. 17,246</b>
<b>Conclusión</b>	<b>A partir del quinto mes se recuperaría la inversión en esta máquina (Leader Machinery)</b>

Fuente: (Elaboración propia, 2015)

Estos resultados de la disminución de fallas por mantenimiento correctivo se observarían claramente en la **figura n°. 4-4**, donde se observa la reducción de frecuencia de fallas luego de la implementación del tratamiento del agua. Estos indicadores son extraídos de las SOLMAN (solicitud de mantenimiento) que nos requiere la jefatura de producción y esto se aprecia en el **anexo n°. 1**, donde se observa la frecuencia de fallas de mantenimiento correctivo por dureza del agua.

## CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN

En base a los resultados expuestos; se puede decir que mediante lo mostrado en el capítulo tres como planteamiento de la mejora, se determinaron cinco problemas que causaban gran repercusión en las paradas de máquina por mantenimiento correctivo, se tomó la decisión de darle énfasis a dos problemáticas para así poder darles una solución, las cuales fueron:

PROBLEMAS	SOLUCIÓN
Tratamiento del agua.	Adquirir ablandadores de agua adecuados para realizar un tratamiento óptimo de nuestras aguas a utilizar en los procesos.
Control de dureza del agua.	Llevar un control periódico de la dureza del agua de nuestros pozos. Designar un personal capacitado para esta tarea.

Luego de realizar la implementación que fue tomada en base a estas dos soluciones, que eran las de adquirir un sistema de ablandadores de agua por intercambio iónico mas todo u formato de control diario de la dureza, que lleva a realizar la regeneración diaria de la salmuera más una medición constante de la dureza.

REDUCCIÓN DE LA DUREZA DEL AGUA AÑO 2015 (15 de Febrero al 20 de Marzo) fueron:

REDUCCIÓN DE LA DUREZA DEL AGUA DESPUES DE LA IMPLEMENTACIÓN	
Dureza del agua antes de la implementación 15/02/15	300 ppm
Dureza del agua luego de la implementación 20/03/15	22 ppm
Se logró pasar de dureza extrema, a un agua blanda, luego de la implementación, esto ocurrió en el transcurso de 33 días; ya que, el control de dureza se lleva a cabo diariamente.	

COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN AÑO 2015 (Febrero - Julio) fueron:

RECUPERACIÓN DE INVERSIÓN EN CINCO MESES	
Costo de mantenimiento correctivo de molino de bordes (tomando en cuenta que esta falla ocurría con una frecuencia cada 15 días en esta máquina) \$/ 2 407.78 x 2	\$/ 4,935.56
Costo general del tratamiento del agua.	\$/ 17,246
<b>Conclusión</b>	<b>A partir del quinto mes se recuperaría la inversión en esta máquina (Leader Machinery)</b>

## CONCLUSIONES

- Luego de aplicar las herramientas de control **ISHIKAWA** y **PARETO**, nos fue de gran ayuda para hallar los factores más determinantes que causaban problemas y así poco ir enfocándonos en la solución a tomar, también nos basamos en datos de mantenimiento correctivo y fallas, se calcula el tiempo de implementación con el diagrama de **GANTT**.
- Luego de la implementación y después de 33 días se logró reducir la dureza del agua, que era lo que se esperaba, se redujo de una dureza extrema es decir de 300ppm a 22ppm y se logra trabajar con un agua blanda en todos nuestros sistemas.
- Esta implementación logro reducir las paradas de máquina por mantenimiento correctivo ocasionadas por la dureza del agua, que sucedían con una frecuencia de 2 veces por mes, por lo tanto se logró eliminar los costos de mantenimiento correctivo que eran de s/. 4,935.56 mensual en esta máquina.
- Se logra recuperar la inversión de la implementación de tratamiento del agua por intercambio iónico luego de 5 meses; ya que, se realizó un buen planteamiento de esta problemática del agua, que aquejaba al área de mantenimiento y producción.



## RECOMENDACIONES

La implementación que se ha propuesto y se ha realizado en el área de mantenimiento de INDUSTRIAS FIBRAFORTE S.A. en específico en nuestros pozos de agua con las cuales abastecemos nuestras máquinas, servirá a otras áreas de la empresa a como poder dar soluciones a sus problemas en específico a como plantear dichas soluciones.

Siempre teniendo en cuenta que nuestro fuerte en la empresa es el área de producción y el área de ventas, es por eso que nuestro planteamiento de implementación se basa en el área de producción.

Nuestro plan de mejora en base a la implementación de tratamiento de aguas basado en ablandadores de agua por intercambio iónico, en base a ahorros de costos debido a las paradas intempestivas de máquina por mantenimiento correctivo en el año 2015, da a conocer como plantear una solución a un problemas constante que genera grandes pérdidas en la empresa, este planteamiento es basado en una implementación que no había y en pérdidas que no se habían tomado en cuenta.

Tener en cuenta que para esta implementación se tomó en cuenta también nuestras debilidades como la poca experiencia en tratamientos de agua, por lo que se pide la asesoría externa de una empresa con experiencia, la decisión final fue nuestra. Aquí se muestra como dimensionar un ablandador y cuál es el método más eficiente para nuestros tipos de procesos que manejamos.

Recordar que el tratamiento de agua por intercambio iónico es constante y diario, con toma de muestra, medidas y regeneraciones diariamente, el ablandador necesita una regeneración de resina según las horas de trabajo (por lo general son anuales).

Este método de tratamiento del agua por intercambio iónico, es de gran ayuda en nuestros procesos ya que se adecua a ellos; pero tener en cuenta que hay otros métodos y hay otras maneras de trabajar con aguas no tratadas que se explican en el diagrama de Pareto, (Figura nº. 0-1. Detección de causas que motivaron a las paradas de producción por obstrucción de piezas hidráulicas). Tener presente cual se adecua más al proceso a manejar.

## REFERENCIAS

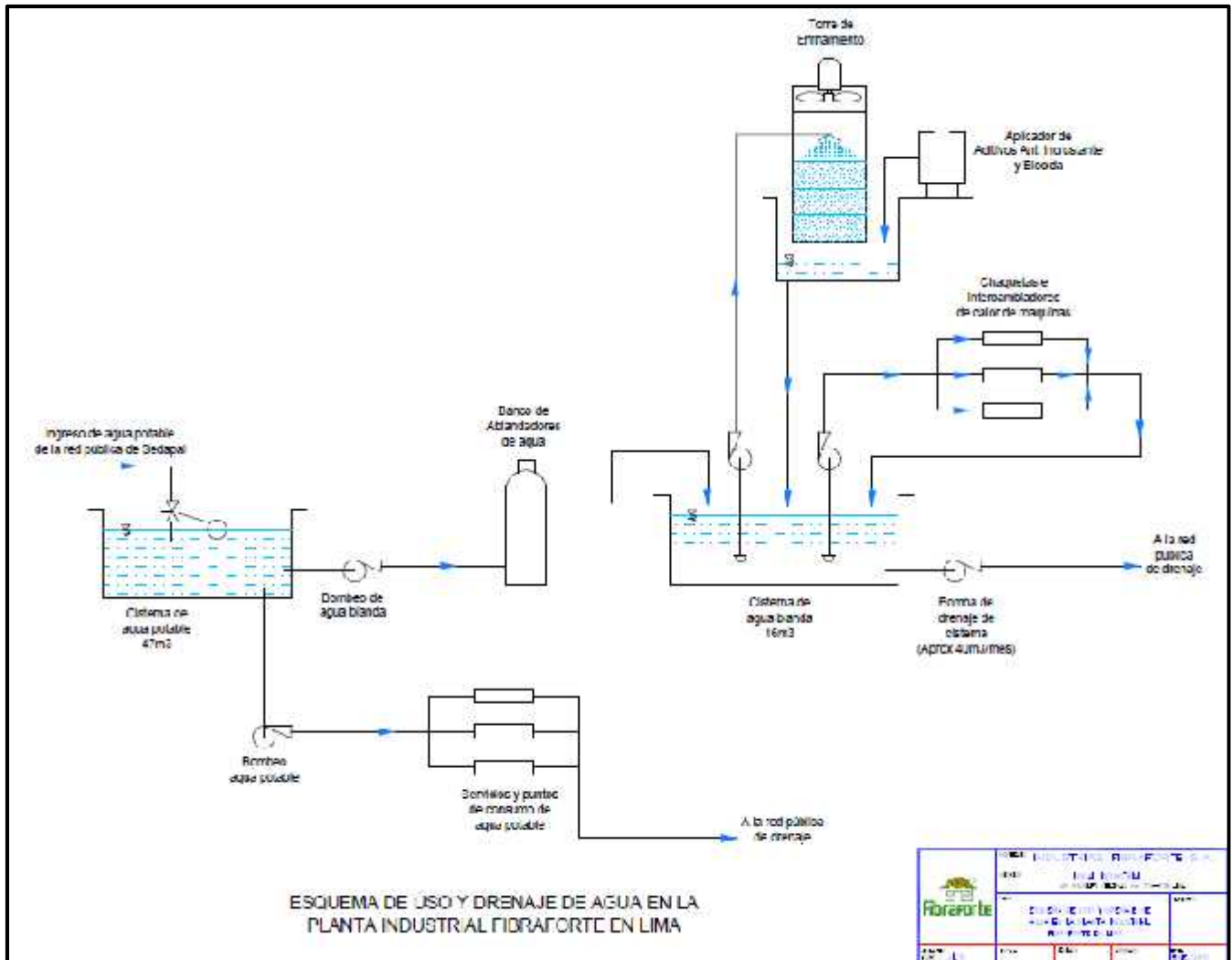
- Colman, Anthon & Laurence. *Manual de calderas*. Madrid: Mc Graw-Hill 2000.
- Flinn, R. A. & Trojan, P. K. *Materiales de ingeniería y sus aplicaciones*. Bogota: Mc Graw-Hill 2000.
- Trojan, P. K. (1995). *Control de incrustaciones y corrosión en instalaciones hidráulicas de edificios*. México: Mc Graw-Hill.
- Pancorbo, F. J. (2011), *Corrosión, degradación y envejecimiento de los materiales empleados en la edificación*. Barcelona: Marcombo. 240 p.
- Estanley E. & Manahan (2007), *Introducción a la química ambiental*. México: Reverté S.A. 205 p.
- Neira Gutiérrez, M. (2006), *Dureza en aguas de consumo Humano y uso industrial, Impactos y medidas de Mitigación*. (Tesis de Pre Grado) Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Civil. Santiago de Chile. 81 p.
- Nunja García, J. V. (2007), *Intercambio iónico ciclo sodio y blending para mejorar la calidad química del agua potable en el distrito de Huacho* (Tesis de Post Grado) Escuela de Post Grado. Universidad Nacional, José Faustino Sanchez Carrión, Huacho-Perú. 57 p.
- Kolb, J. W. & Hill-Doric. *Química para el nuevo milenio*. 8ª Ed. México: Prentice Hall 1999.
- Gómez de León, F. C. (1998). *Tecnología del mantenimiento industrial*. Murcia: Servicio de publicaciones de la universidad. 26 p.
- Rodríguez Romero, J. F. *Eliminación de metales alcalinos de polioles mediante intercambio iónico* (tesis doctorales) Cuenca: Servicio de publicaciones de la universidad de Castilla-La Mancha 1995. 20 p.
- Cane, B. & Sellwood, J. *Química elemental básica 1*. Inglaterra: Reverte 1975.
- Padilla Jimenez, B. *Montaje y reparación de los sistemas mecánicos*. Málaga: I.C. Editorial. 99p.
- Correa Maya, C. A. *Fenómenos Químicos*. Medellín-Colombia: Universidad Eafit. 2002.140 p.
- Ordoñez, M. C. *Corrosión de tuberías hidráulicas*. Santafe de Bogota-Colombia: Mc Graw-Hill S.A. 2010.
- *Ingeniería de mantenimiento* (2009). Madrid. *Mantenimiento predictivo*. Recuperado de <http://ingenieriadelmantenimiento.com/index.php/26-articulos-destacados/19-mantenimiento-predictivo>.
- *Hidrosoluciones* (2013). Buenos Aires-Argentina. *Descalcificadoras catalíticas*. Recuperado de [www.hidrosoluciones.com.ar](http://www.hidrosoluciones.com.ar).
- *Acquabio, ingeniería de aguas* (2012). Buenos Aires-Argentina. *Ablandadores de agua por osmosis inversa*. Recuperado de [www.acquabio.com/osmosis.html](http://www.acquabio.com/osmosis.html).

## ANEXOS

### Anexo nº. 2. Instalación de los ablandadores de agua.



Anexo nº. 3. Distribución hidráulica de la planta.




Anexo n°. 4. Consumo de materia prima en la producción.

CONSUMO Co de MP		CONSUMO Costo S/.		CONSUMO Costo S/.		CONSUMO Costo S/.		CONSUMO Costo S/.		CONSUMO Costo S/.		CONSUMO Costo S/.	
MP KG 10	MP KG 11	de MP	de MP	MP KG 12	MP	MP KG 13	de MP	MP KG 14	de MP	MP KG 15	de MP	de MP	de MP
Orden 10		Orden 11		Orden 12		Orden 13		Orden 14		Orden 15			
179.93	818.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16,372.60
15.71	31.50	13.63	27.40	10.07	20.24	205.12	412.30	90.03	182.58	18.64	37.47	3.010.00	
2,367.31	4,355.86	3,080.48	5,668.07	2,275.28	4,186.52	46,354.06	85,291.47	20,526.72	37,769.16	4,213.20	7,752.29	599,462.36	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	72,190.06
30.38	211.15	47.98	333.45	35.44	246.29	721.96	5,017.66	319.70	2,221.94	65.62	456.06	25,866.09	
60.12	630.71	55.86	586.02	41.26	432.34	840.51	8,818.25	372.20	3,904.94	76.40	801.51	48,140.15	
696.34	306.39	1,858.45	817.72	1,372.88	603.98	27,965.42	12,304.79	12,383.78	5,448.86	2,541.83	1,118.40	169,223.05	
18.45	94.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1,856.80
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.07
102.44	619.75	122.90	743.53	90.77	549.13	1,849.32	11,188.41	818.93	4,954.50	168.09	1,016.93	33,342.98	
0.00	0.00	834.13	8.34	616.10	6.15	12,551.65	125.53	5,558.20	55.59	1,140.84	11.41	20,907.90	
365.80	3.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6,057.38
2,891.41	6,504.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	154,043.15
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11,352.27
138.45	1.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2,292.65
64.65	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1,070.60
<b>6,930.98</b>	<b>13,578.84</b>	<b>6,013.42</b>	<b>8,184.53</b>	<b>4,441.50</b>	<b>6,045.22</b>	<b>90,488.09</b>	<b>123,158.40</b>	<b>40,070.36</b>	<b>54,537.57</b>	<b>8,224.62</b>	<b>11,194.08</b>		
											<b>costo total S/ (Kilos/ mes)</b>		<b>724,068.99</b>
											<b>peso total (kilos/mes)</b>		<b>411,135.81</b>
				flujo de maquina kilos/hora									
				peso en kilogramos de flex 12, de 3 metros								000	
				horas de produccion al mes								589	
				planchas/hora								159	

Anexo nº. 5. Costos de parada de máquina.

Datos : En el proceso intervienen 2 operarios y 1 operador de maquina			
<b>MANTENIMIENTO CORRECTIVO</b>			
operador de máquina	1		
planilla por cada operador de maquina (S/.)	1,750		
operarios	2	costo x hora de cada operario	2.59
planilla de cada trabajador (S/.)	1,050	Costo por trabajador/h. de pro.	
planilla total 03 trabajadores (S/.)	3,850		planilla total 03 trabajadores
hras de producción (hrs)	589		3,850
horas del mes (hrs)	744	suelto de operario	900
CIF (s/.)	310,315	(operario/mes x 14) /12	1,050
Tasa tomando como base las horas de producción	527	suelto operador de maquina	1,500
CIF/horas del mes (S/.)		(operador/mes x 14) /12	1,750
			horas del mes
			30 (días) x 24 (horas por día)
			744
			Tasa, horas de producción
			CIF/h (útiles) de producción
			527
Costo total de materia prima	724,069		costo por plancha S/
costo de mano de obra x 744 hrs	3,850		S/. 11.08
costos indirectos de fabricación (CIF)	310,315		precio por plancha
	1,038,234		S/. 28.00
			<b>UTILIDAD</b>
			S/. 16.92
costo por hora (S/.)	1,762		
costo por hora en dolares (t/c 2.80) (\$)	587		

Anexo nº. 6. Costos totales de mantenimiento preventivo.

MAQUINA LEADER MACHINERY	
MOLINO DE BORDES	
	
COMPARACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO CON CORRECTIVO	
Mantenimiento correctivo	
Acciones	Horas
Falla de máquina	09:30:00 a.m.
Aviso a mantenimiento	09:45:00 a.m.
Llegada y localización de falla	10:00:00 a.m.
Desmontaje de guardas y protectores de seguridad	10:30:00 a.m.
Purga y drenaje de agua temperada	11:00:00 a.m.
Reemplazo de tuberías obstruidas o deterioradas	12:00:00 a.m.
Cambio de chuchillas de corte	12:30:00 p.m.
Reemplazo de chaquetas de enfriamiento obstruidas	04:00:00 a.m.
Montaje y pruebas en trabajos	04:30:00 a.m.
Fin de trabajo y entrega de máquina operativa	05:00:00 a.m.
<b>Total de horas de mantenimiento y correctivo</b>	<b>07 horas</b>
Arancue de máquina y puesta de marcha	05:00:00 a.m.
planchas de primera de FLEX 12 (3.05 metros x 1.05 metros)	05:30:00 a.m.
<b>total de horas de máquina detenida 09:30 am a 05:30 pm</b>	<b>08 horas</b>
Calculo del costo de máquina parada por mantenimiento correctivo	
	precio en soles
sueldo de dos mecánicos de mantenimiento x hora (S/. 19.44 x 7 horas)	S/. 136.11
costo de máquina detenida (S/. 1762 x 8 horas)	S/. 14,094.8
costo por plancha de merma a ser reutilizada (S/. 16.92 x 159 planchas en una hora)	S/. -
costo de planchas dejadas de producir (159 planchas x 8 horas) x utilidad (S/. 16.92)	S/. 21,525.3
costo de los repuestos	S/. 2,015.00
costo del repuesto por falla adelantada	S/. 316.7
<b>costo total de parada de máquina correctiva de 8 horas</b>	<b>S/. 38,067.83</b>

Anexo nº. 7. Frecuencia de fallas de mantenimiento correctivo por dureza del agua.

AVISO	FECHA DE AVISO	CREADA POR	MAQUINA	PROB. DA	DESCRIPCION	FECHA DE APROBACION	FECHA EJECUCIO	RESPONSABLE
C130	20-10-14	VICTOR LOPEZ	LEADER MACHINERY	2	FUGA DE ACEITE DEL EXTRUSOR PRINCIPAL	20-10-14	21-10-14	OLIVER ALCCATINCO
C290	26-10-14	VICTOR LOPEZ	LEADER MACHINERY	1	FALLA EN CTR DEL CILINDRO CENTRAL, SOBRETENPERATURA, FALLA INTERCAMBIADOR DE CALOR	26-10-14	26-10-14	OLIVER ALCCATINCO
C310	30-10-14	VICTOR LOPEZ	LEADER MACHINERY	1	CHAQUETAS DE ENFRIAMIENTO DEL EXTRUSOR OBSTRUIDAS.	30-10-14	30-10-14	OLIVER ALCCATINCO
53000665	06-11-14	FISHER PINTO	LEADER MACHINERY	2	REPARAR ALOJAMIENTO DESGASTADO DONDE HACE PIVOTE EL SOPORTE DE CILINDRO SUPERIOR LADO DOWDA.	06-11-14	09-11-14	OLIVER ALCCATINCO
C338	10-11-14	FISHER PINTO	LEADER MACHINERY	1	SERPENTIR DE ENFRIAMIENTO ZONA 10 DEL EXTRUSOR OBSTRUIDA	10-11-14	11-11-14	OLIVER ALCCATINCO
C356	24-11-14	FISHER PINTO	LEADER MACHINERY	2	TOUCH SCREEN DE CONSOLA DE ASPIRADORES DE VP INOPERATIVA, SE TRABAJA DESDE EL VARIADOR UBICADO DENTRO DE CONSOLA	24-11-14	27-11-14	AGIUFFRA/FP
C407	30-11-14	VICTOR LOPEZ	LEADER MACHINERY	1	RODILLO GORRADOR CON POCA CIRCULACION DE AGUA POSIBLE OBSTRUCCION	30-11-14	01-12-14	OLIVER ALCCATINCO
C412	12-12-14	VICTOR LOPEZ	LEADER MACHINERY	2	NORMALIZAR CABLEADO DE CONSENSO 1ER TRAMO PROVISIONALMENTE TIENE UN CABLE EXPUESTO	12-12-14	13-12-14	OLIVER ALCCATINCO
C425	18-12-14	VICTOR LOPEZ	LEADER MACHINERY	1	SERPENTIR DE ENFRIAMIENTO ZONA 8 Y 12 DEL EXTRUSOR OBSTRUIDA.	18-12-14	19-12-14	OLIVER ALCCATINCO
53000825	28-12-14	VICTOR LOPEZ	LEADER MACHINERY	2	REFACTO INTERLOCK ON/OFF DE PP ESTA BI DOLIFADO K-TRON	28-12-14	30-12-14	FISHER PINTO
C430	15-01-15	VICTOR LOPEZ	LEADER MACHINERY	1	CHAQUETA DE ENFRIAMIENTO DEL MOLINO DE BORDES OBSTRUIDAS.	15-01-15	15-01-15	OLIVER ALCCATINCO
C434	23-01-15	VICTOR LOPEZ	LEADER MACHINERY	2	INSTALAR CILINDRO LAMINADOR LIMPIO DEL CILINDRO SUPERIOR.	23-01-15	25-01-15	OLIVER ALCCATINCO
53000937	28-01-15	VICTOR LOPEZ	LEADER MACHINERY	1	SOBRETENPERATURA EN LA CENTRALITA HIDRAULICA, POSIBLE OBSTRUCCION DEL SERPENTIR DE ENFRIAMIENTO.	28-01-15	28-01-15	OLIVER ALCCATINCO
53001017	11-02-15	VICTOR LOPEZ	LEADER MACHINERY	2	REPARAR SISTEMA DE RUEDA MARCADORA PARA QUE NO MELLE EL RODILLO DE CALANDRA	11-02-15	13-02-15	OLIVER ALCCATINCO
53001018	27-02-15	VICTOR LOPEZ	LEADER MACHINERY	2	CAUDAL DE ASPERSORES INSUFICIENTE. REVISAR	27-02-15	28-02-15	OLIVER ALCCATINCO
53001040	14-03-15	VICTOR LOPEZ	LEADER MACHINERY	2	COLOCAR SELECTOR PARA APAGADO DE CIRCULINA EN PRODUCCION DE ACERO Y ARENA	14-03-15	17-03-15	OLIVER ALCCATINCO
53001232	24-03-15	VICTOR LOPEZ	LEADER MACHINERY	2	INSTALAR VENTILADOR FALTA EN ZONA 5 DE EXTRUSOR.	24-03-15	26-03-15	OLIVER ALCCATINCO
53001233	14-04-15	VICTOR LOPEZ	LEADER MACHINERY	2	FALTA DE TEMPERATURA EN LA ZONA 25, POSIBLE RESISTENCIA ABIERTA	14-04-15	18-04-15	OLIVER ALCCATINCO